

ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. REFERENCIAS LEGALES	599
1.1. LEGISLACIÓN APLICABLE	600
1.1.1. La Constitución Política de la República	600
1.1.2. Código Civil	601
1.1.3. El Código de Aguas	601
1.1.4. Ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas	601
1.1.5. Ley Orgánica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo	601
1.1.6. Ley General de Urbanismo y Construcciones	602
1.1.7. La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones	602
1.1.8. El Código Sanitario	602
1.1.9. Ley de Municipalidades	602
1.1.10. Ley General de Servicios Sanitarios y Ley Orgánica de la Superintendencia de Servicios Sanitarios	603
1.1.11. Ley de Pavimentación Comunal	603
1.1.12. Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente	603
1.1.13. Proyecto de Ley sobre Aguas Lluvias	603
1.2. NORMATIVA COMPLEMENTARIA SOBRE URBANIZACIÓN	604
1.2.1. Política Nacional de Desarrollo Urbano	604
1.2.2. Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación MINVU	604
1.2.3. Planes Reguladores	604
1.2.4. Manual de Vialidad Urbana MINVU	604
1.2.5. Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad del M.O.P.	604
1.2.6. Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado	605
1.2.7. Manual de Normas Técnicas para la Realización de las Instalaciones de Agua Potable y Alcantarillado	605
1.2.8. Normas chilenas y otras que regulen la materia	605
1.2.9. Estudios de Áreas de Riesgo por Inundación. SEREMI Metropolitana - MINVU	605

1.2.10. Plan Maestro de Alcantarillado del Gran Santiago	606
1.2.11. Diagnóstico y Priorización de Proyectos de Aguas Lluvias del Gran Santiago	606
1.2.12. Legislación y normativa en otros países	606
Anexo 2. TIPOS DE URBANIZACIÓN.....	607
a. Urbanización tradicional o damero fundacional	608
b. Urbanización en densidad	610
c. Urbanización de ciudad jardín	610
d. Nuevos barrios jardín	612
e. Poblaciones o edificación de carácter social	612
f. Urbanizaciones semirural o parcelaciones.....	613
g. Zonas industriales	613
h. Áreas institucionales.....	614
i. Áreas verdes	614
j. Bienes Nacionales de Uso Publico	615
Anexo 3. MODELOS HIDROLÓGICOS COMPUTACIONALES.....	617
Anexo 4. ANTECEDENTES HIDROGEOLÓGICOS EN CHILE	625
Anexo 5. COEFICIENTES DE RUGOSIDAD HIDRÁULICA Y UNIDADES	631
Anexo 6. GLOSARIO	635
Anexo 7. REFERENCIAS.....	647
a. Drenaje urbano de aguas lluvias	648
b. Hidrología general y urbana	648
c. Hidráulica y diseño de obras	649
d. Datos y antecedentes para el diseño	649
e. Modelos computacionales	651
f. Normas del Instituto Chileno de Normalización	652

Anexo 1

**REFERENCIAS
LEGALES**

Presentación. La normativa legal chilena no posee una regulación global y sistemática del problema urbano generado por las aguas lluvias, asignando responsabilidades específicas, lo cual no deja de ser curioso considerando que gran parte del territorio nacional se caracteriza por su clima particularmente lluvioso, especialmente en épocas invernales.

Con todo, el sistema jurídico nacional posee respuestas legales suficientes para obtener una solución competente y oportuna, al menos para los problemas de aguas-lluvias de más ordinaria ocurrencia, tales como inundaciones o anegamientos en calles y avenidas o en espacios de uso público en general.

Bajo el supuesto que el problema de las aguas-lluvias es, fundamentalmente, una cuestión de planificación urbana, su enfoque debe tener especialmente en cuenta dos cuerpos normativos que son principales en este orden de materias: la Ley General de Urbanismo y Construcciones y su reglamento, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. A propósito de estos cuerpos legales, en la medida que sea procedente, se harán las correspondientes referencias normativas a otros ordenamientos legislativos.

A continuación se presenta una recopilación breve de la legislación y normativa relacionada con el tema, indicando para cada caso los aspectos tratados en el cuerpo legal. Esta presentación corresponde a un resumen del marco legal de las aguas lluvias desarrollado en extenso en el estudio Técnicas Alternativas para Soluciones de Aguas Lluvias en Sectores Urbanos. Las personas interesadas en detalles legales sobre el tema pueden consultar el Informe Final del mencionado estudio, el cual está disponible en el Centro de Documentación del Ministerio de Vivienda y Urbanismo y en sus oficinas regionales.

1.1. LEGISLACIÓN APLICABLE

1.1.1. La Constitución Política de la República. Respecto de las aguas en general, la actual Constitución Política de 1980, señala que: *“los derechos de los particulares sobre las aguas, reconocidos o constituidos en conformidad a la Ley, otorgan a sus titulares la propiedad sobre ellos.”* En relación al tema de las aguas lluvias son de interés los aspectos relacionados con el derecho de propiedad privada, el derecho a la integridad física y síquica, el derecho a

desarrollar cualquier actividad económica y el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación y el derecho a la salud.

1.1.2. Código Civil. El Código Civil sigue siendo una importante fuente de derecho común para dilucidar algunas situaciones vinculadas con las aguas-lluvias, los anegamientos e inundaciones. En este Código se hace referencia a la Naturaleza jurídica de las aguas, la Administración y aprovechamiento de tales aguas, el Riesgo por causa de inundación o anegamiento, la Ruina de un edificio, los Depósitos o corrientes de agua, o materias húmedas y el tema de las Servidumbres.

1.1.3. El Código de Aguas. El Código de Aguas, D.F.L. N° 1.122, publicado en el D/O de 29 de Octubre de 1984, y cuyo texto actualizado corresponde al D.S. (J) N° 1.302, de 8 de Octubre de 1990, no contiene mayor regulación en cuanto a las aguas-lluvias. Las menciona para los efectos de hacer una clasificación general de las aguas señalando que estas pueden ser marítimas, terrestres y *pluviales*. Luego indica, como se ha dicho anteriormente, que estas últimas son las que proceden inmediatamente de las lluvias, las cuales serán marítimas o terrestres según donde se precipiten.

Las aguas son bienes nacionales de uso público y se otorga a los particulares el derecho de aprovechamiento de ellas, en conformidad a las disposiciones que el Código de Aguas establece (Art. 5). Entre estas disposiciones cabe destacar el derecho de aprovechamiento, las condiciones de canales y cauces artificiales los derrames, sistema de drenaje y las estadísticas pluviométricas.

1.1.4 Ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas. La Ley N° 15.840, Orgánica del Ministerio de Obras Públicas, en su texto refundido coordinado y sistematizado del D.S. MOP N°294, de 1984, publicado en el Diario Oficial de 20 de Marzo de 1985, aparece desarrollada conjuntamente con otros dos cuerpos legales. El D.F.L. N° 206, de 1960, Ley de Caminos, la cual contiene importantes disposiciones en materias de aguas lluvias, y el D.F.L. MOP N° 870, de 1974, que fija las atribuciones de los Secretarios Regionales Ministeriales de Obras Públicas. En particular son importantes las que indican disposiciones para la Dirección de Arquitectura, la Dirección de Vialidad y el Departamento de Obras Fluviales.

1.1.5. Ley Orgánica del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Corresponde a la ley 16.391, publicada en el Diario Oficial de 16.12.65. Es útil señalar que este Ministerio se transformó en Secretaría de Estado independiente y autónoma luego de segregarse del Ministerio de Obras Públicas. La referida ley

señaló cuales de las funciones de este último Ministerio se traspasarían a la cartera naciente.

1.1.6. Ley General de Urbanismo y Construcciones. Esta ley fue aprobada por D.S. (V. y U.) N° 458, de 1976, publicado en el D/O del 13 de Abril de 1976. Su Título II, "*De la Planificación Urbana*" permite situar el problema que interesa en el marco general en que corresponde. El Art. 34, situado en el párrafo 3° del título antes citado, se define y establece la estructura de planificación urbana nacional, e indica que el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversas comunas que por sus relaciones se integran en una *unidad urbana*, debe realizarse mediante un plan que se denomina Plan Intercomunal y que cuando el tamaño de población de dicha unidad sobrepasa los 500.000 habitantes, dicho plan se denominará *plan Regulador Metropolitano*. Son relevantes las disposiciones en relación al Saneamiento de poblaciones y Normas sobre diseños.

En la Ley General de Urbanismo y Construcción el tema de las aguas lluvias debe buscarse en los apartados relativos a los problemas de Saneamiento de Poblaciones, Normas de Diseño y Ejecución de Obras de Urbanización y Edificación.

1.1.7. La Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. En cuanto Reglamento de la ley General de Urbanismo y Construcciones, se regulan aquí las materias concernientes al Plan Regulador Comunal. Estos planes, para los efectos de su aprobación y aplicación deben estar conformados por una serie de documentos, entre los que figuran los "*Estudios de Factibilidad para ampliar y dotar de agua potable y alcantarillado de aguas servidas y aguas-lluvias cuando corresponda en relación con el crecimiento urbano, por extensión o densificación, proyectado, estudios que requerirán consulta previa a las entidades regionales competentes (Art. 2.1.6 - 2)*".

1.1.8. El Código Sanitario. Este código se inserta en el contexto del resto de la normativa antes citada en el ámbito de las cuestiones de salud. Es así que su Art. 1° dispone: "El Código Sanitario rige todas las cuestiones relacionadas con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes de la República, salvo aquellas sometidas a otras leyes.

1.1.9. Ley de Municipalidades. El texto refundido de la Ley Num. 18695, Orgánica Constitucional de Municipalidades, fue publicado en el Diario Oficial el 27 de agosto de 1992. Esta Ley indica que las Municipalidades son corporaciones autónomas de derecho público, con personalidad jurídica y patrimonio propio, cuya finalidad es satisfacer las necesidades de la comunidad local y asegurar su

participación en el progreso económico, social y cultural de las respectivas comunas. En la municipalidad reside la administración local de la comuna.

1.1.10. Ley General de Servicios Sanitarios y Ley Orgánica de la Superintendencia de Servicios Sanitarios. La Ley General de Servicios Sanitarios fue promulgada por Decreto D.F.L. Num 382, (M.O.P.) y publicada en el Diario Oficial el 21 de junio de 1989. Están comprendidas en las disposiciones de esta ley las relativas al régimen de explotación de los servicios públicos destinados a producir y distribuir agua potable y a recolectar y disponer aguas servidas, servicios que para efectos de la ley se denominan servicios sanitarios.

Superintendencia de Servicios Sanitarios. Adicionalmente la Ley 18.902 crea la Superintendencia de Servicios Sanitarios, como un servicio funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, sujeto a la supervigilancia del Presidente de la República a través del Ministerio de Obras Públicas.

1.1.11. Ley de Pavimentación Comunal. Corresponde a la Ley N° 8.946, publicada en el Diario Oficial el 20 de Octubre de 1949. Refundió y coordinó las disposiciones legales vigentes sobre pavimentación comunal. Ha sufrido variadas modificaciones, razón por la cual su relación o referencia normativa debe considerarse con especial cuidado en cuanto muchas de sus disposiciones han quedado superadas con la normativa concerniente a los SERVIU y por la nueva legislación de municipalidades, en especial por la ley orgánica constitucional de municipios.

1.1.12. Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Esta Ley corresponde a la Num. 19300, publicada en el Diario Oficial el 9 de marzo de 1994.

1.1.13. Proyecto de ley Sobre Aguas Lluvias. Actualmente, marzo de 1996, se tramita en el Congreso Nacional un proyecto de Ley para abordar el problema generado por las aguas lluvias en las ciudades y centros urbanos. Esta Ley modifica las preocupaciones de los Ministerios de Obras Públicas y de la Vivienda y Urbanismo en relación a las aguas lluvias

1.2. **NORMATIVA COMPLEMENTARIA SOBRE URBANIZACIÓN**

1.2.1. Política Nacional de Desarrollo Urbano. El documento que contiene la Política Nacional de Desarrollo Urbano fue aprobado por Decreto Supremo N°31, (V. y U.) de fecha 4 de marzo de 1985. Esta Política define los fundamentos, los objetivos y los medios conforme a los cuales deberá dictarse la legislación que impulse y regule el Desarrollo Urbano en Chile.

1.2.2. Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación MINVU, versión 1994. En este texto se ha buscado unificar la normativa técnica para el diseño, construcción y conservación de los pavimentos urbanos, sirviendo además como un medio de consulta de carácter general dentro del campo de su aplicación.

1.2.3. Planes Reguladores. Como normativa técnica complementaria el urbanizador, ya sea en el ámbito público o privado, debe tener especialmente presente que existen los siguientes niveles de planificación: a) Nacional, b) Regional, c) Metropolitano o Intercomunal y, d) Comunal o Local.

1.2.4. Manual de Vialidad Urbana MINVU. Volumen 3. Recomendaciones para el diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana - REDEVU . Este manual fue aprobado con carácter indicativo, por D.S.(V. y U.), N° 12, de 24.01.1984, Diario Oficial 03.03.1984, y consiste en una serie de cinco volúmenes en los cuales se desarrollan procedimientos y recomendaciones para la planificación, diseño, construcción y operación de obras pertinentes a la vialidad urbana.

1.2.5. Manual de Carreteras de la Dirección de Vialidad del M.O.P. Al igual que los manuales del MINVU antes examinados, el Manual de Carreteras constituye el compendio de normas técnicas destinadas a establecer políticas, procedimientos e instrucciones uniformes para: la planificación general, reconocimiento, trazado, diseño, presentación de planos, especificaciones de construcción, mantenimiento, planos de obras tipo, normas de tránsito y señalización para la Dirección de Vialidad. Sus disposiciones son obligatorias

para los proyectistas y profesionales de esa Dirección. Este manual fue concebido para ser publicado en 7 volúmenes cuyo contenido sería el siguiente: 1.- Información General, Administración, Planificación y Finanzas, 2.- Procedimientos de Estudio, 3.- Instrucciones de diseño, 4.- Planos de Obras Tipo, 5.- Especificaciones de Construcción, 6.- Tránsito y Señalización, 7.- Mantenimiento de caminos.

1.2.6. Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado. Este reglamento fue aprobado según decreto Num. 267 (V. y U.) el 16 de septiembre de 1980. Establece normas generales para el diseño y la puesta en servicio de las instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado en todo el territorio nacional. Define como instalaciones domiciliarias las obras necesarias para dotar un inmueble de estos servicios a partir de su punto de conexión o empalme con la red pública.

1.2.7. Manual de Normas Técnicas para la Realización de las Instalaciones de Agua Potable y Alcantarillado. Este Manual complementa el Reglamento de Instalaciones Domiciliarias en sus aspectos técnicos para la ejecución de proyectos y construcción.

1.2.8. Normas Chilenas y otras que regulen la materia. A este respecto puede señalarse que el Instituto Nacional de Normalización es el organismo encargado de oficializar las normas técnicas exigibles en Chile. En materias de aguas-lluvias propiamente tales no existen normas específicas que planteen exigencia respecto de ellas.

1.2.9. Estudios de Áreas de Riesgo por Inundación. SEREMI Metropolitana - MINVU, años 1985-1987-1989.- En este estudio se concluye que la legislación urbana vigente (no debe olvidarse que el informe es de 1987) es concordante con la legislación que el mismo estudio analiza, esto es, la Constitución Política, los Códigos Civil y de Aguas; la ley Orgánica del Ministerio de Obras Públicas, la Ley General de Urbanismo y Construcciones y el Plan Intercomunal de Santiago y su Ordenanza.

1.2.10. Plan Maestro de Alcantarillado del Gran Santiago. Su objetivo principal fue lograr la información básica relativa a la redes de agua potable y redes unitarias y separadas de aguas servidas y de aguas lluvias, pertenecientes

a la Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias, EMOS. En segundo término los fines del estudio apuntaron al establecimiento de un Plan Maestro de alcantarillado de aguas servidas y aguas lluvias que considere la satisfacción de las necesidades de estos servicios en el área urbana presente y futura del Gran Santiago, previendo como horizonte final el año 2010.

1.2.11. Diagnóstico y Priorización de Proyectos de Aguas Lluvias del Gran Santiago. Este estudio ha sido elaborado por el Ministerio de Obras Públicas a través de la Dirección de Vialidad más el aporte de la Secretaría Regional Ministerial de la Región Metropolitana. Su objetivo es establecer un programa de acción y ejecución de obras, el cual puede entenderse como la primera etapa de un plan de largo plazo destinado a resolver el problema de las aguas lluvias en la Región.

1.2.12. Legislación y normativa en otros países. Se incluyen aspectos relacionados con el tema que pueden ser relevantes para las personas interesadas en él, fundamentalmente referidas a la situación de los Estados Unidos de Norteamérica, basada en el material disponible en el manual de la ASCE- WEF, 1994, Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems y en el Denver Urban Drainage Criteria Manual, 1984. Debe considerarse que el sistema legal norteamericano es muy diferente al chileno, existiendo leyes de aplicación federal y otras estatales o locales.

Anexo 2

TIPOS DE URBANIZACIÓN

Tipos de urbanización. De acuerdo al modo en que se ocupa el territorio, trazado de calles y tipología edificatoria, se pueden distinguir varios esquemas de urbanización en las ciudades chilenas. Los tipos de urbanización y edificatorios están hoy normados por las Ordenanzas Generales de Edificación y las respectivas Ordenanzas Locales, siendo estas últimas bastante similares para las diferentes ciudades, independientemente de su localización o tamaño. En general cuanto mayor es la ciudad más tipos edificatorios y de urbanización aparecen representados en ella.

Para el tema que aquí interesa se pueden distinguir los siguientes tipos de urbanización, de acuerdo a la forma física en que se hace la ocupación del territorio: tradicional, en densidad, de ciudad jardín, nuevos barrios, poblaciones de carácter social, semirural o parcelaciones, zonas industriales, institucionales y de áreas verdes.

Sin embargo e independientemente del tipo de urbanización como forma de ocupación del territorio las ciudades o zonas urbanizadas de Chile adolecen de dos problemas fundamentales: por una parte la precariedad física de los elementos que se construyen como urbanización de los espacios públicos. En las zonas mas pobres muchas calles y veredas se encuentran sin pavimentar, y las áreas verdes de los espacios públicos carecen de cubierta vegetal, debido a la falta de recursos de los organismos públicos locales para su implementación o mantención. Por otra parte en urbanizaciones de alto estándar económico la planificación del espacio público carece de sentido respecto al tema de aguas lluvias que aquí interesa, las áreas verdes públicas se establecen como retazos de las vías de circulación, sin las dimensiones adecuadas, sin ninguna conexión entre sí o con los sistemas naturales de drenaje, sean quebradas o cursos de agua, los cuales quedan cegados o como fondos de sitios privados. También es importante considerar que, debido a la dificultad de mantener o asentar una cubierta vegetal continua, los espacios públicos o privados tienden a pavimentarse más allá de lo necesario, ocupando para ello pavimentos en general impermeables, habiéndose en los últimos años desechado los pavimentos permeables tradicionales, sean piedras huevillo, ladrillos o pastelones, colocados sobre arena.

A continuación se resumen las características principales de estos tipos de urbanización.

a. Urbanización tradicional o damero fundacional. Corresponde a la etapa fundacional de las ciudades chilenas, realizada de acuerdo a las ordenanzas de las Leyes de Indias. Consiste en un sistema de calles rectas que se cortan en dos direcciones ortogonales, formando manzanas de edificación de aproximadamente 100

metros de lado. Esta urbanización se realiza a partir de una plaza central que ocupa la superficie de toda una manzana. En las manzanas la edificación se concentra en la periferia, con las construcciones conformando la línea de la calle, hacia el interior diversos patios cada vez menos edificados dejan huertos al interior de las manzanas. En los comienzos, y hasta la construcción de los sistemas públicos de alcantarillado, existe una red de canales por el interior de las manzanas que evacúan las aguas servidas y conducen las de riego. Las calles son regulares y todas del mismo tamaño, generalmente no tienen árboles y la vegetación se concentra en los patios y huertos interiores.

Este sistema crece por extensión, alargándose las calles, aumentando las manzanas y la edificación, manteniéndose el esquema regular por un largo periodo de tiempo que va desde el siglo XVI hasta mediados del siglo XIX.

En varias ciudades cuando este damero alcanza un cierto tamaño - doce a veinte manzanas de lado- se cierra con un anillo de avenidas, o a veces sólo por uno, dos o tres de los lados. Estas avenidas, designadas también como alamedas, son mucho más anchas que las calles que forman el damero, llegando a tener de treinta a cincuenta metros de ancho, con paseos, árboles y jardines.

El sistema también crece por densificación interior, subdividiéndose los predios y las manzanas por pasajes de diferente tamaño, hasta alcanzar una gran densidad de población y edificatoria. Debido al tamaño de las manzanas los terrenos tienen cada vez menos frente siendo proporcionalmente más profundos. Todos los predios están cerrados por muros o edificación por sus cuatro costados, siendo autónomos en cuanto al escurrimiento de las aguas. Los muros de cierre en los límites de los terrenos será persistente en casi todos los tipos de urbanización de las ciudades en Chile.

En este tipo de urbanización el espacio público, calles y veredas tienden a pavimentarse completamente y, a medida que se densifica, también se van pavimentando los patios interiores de las manzanas. Con el tiempo han quedado sólo las plazas y las avenidas periféricas al damero con suelos naturales y sólo algunos centros de manzana como jardines. En esta urbanización el agua lluvia de las edificaciones escurre directamente de los techos de la periferia de las manzanas- zona más construida- hacia las calles. El agua que escurre hacia el interior de la manzana, parte de ella se infiltra si aún existen patios, y el resto también se extrae hacia la calle.

Este sistema de urbanización ocupa hoy en día los centros de las ciudades y por extensión es la forma en que se construyeron algunas expansiones urbanas anteriores a 1930.

b. Urbanización en densidad. Nuevas ordenanzas y sistemas constructivos, así como la necesidad de crear centros urbanos de negocios y rentas establecen nuevos tipos edificatorios para el damero tradicional o para las zonas centrales de diversas comunas o ciudades, que en general se traducen en las características que se analizan a continuación.

Comienza a ser común la ocupación completa de la manzana en su nivel de suelo, hasta una altura de uno, dos o tres pisos, u ocho o diez pisos en la periferia de la manzana (forma tradicional del centro de Santiago hasta los años sesenta) es decir 10 ó más metros de altura, aproximadamente. Se produce la ocupación sin limitaciones del subsuelo, ya sea para estacionamientos, o servicios diversos. Sobre esta conformación en "placa" las alturas sólo se limitan por el tamaño del solar pudiendo ser de 10, 15 ó más pisos.

Los espacios públicos están conformados por calles, avenidas y pasajes, estos últimos generalmente techados. Todo el espacio público está pavimentado, o tiende a pavimentarse, sin embargo aunque las calles y avenidas tienen árboles, los subsuelos de los espacios públicos están ocupados por gran cantidad de instalaciones subterráneas de servicios. En algunos centros urbanos junto con esta densificación se construyen sistemas tradicionales de recolección de aguas lluvias en base a redes de colectores separadas de las aguas domésticas, como ocurre en el centro de Santiago, Valparaíso, Viña del Mar, Quilpué por ejemplo. Cuando no existe un sistema de aguas lluvias estas se dirigen directamente a las calles por la vía más rápida posible.

En este tipo de urbanización, como sistema alternativo a los colectores de aguas lluvias, podría incentivarse la infiltración de las aguas lluvias provenientes de los techos en los terrenos interiores de las manzanas. En cambio el agua de las calles y terrenos públicos generalmente se encuentra en estos sectores demasiado contaminada para ser infiltrada sin un tratamiento previo. En este tipo de urbanización en general no se cuenta con el espacio necesario para obras de almacenamiento a cielo abierto. Sin embargo sí es posible la implementación de obras de almacenamiento e infiltración bajo superficies pavimentadas, del tipo zanjas de infiltración si se cuenta con cámaras de decantación.

c. Urbanización de ciudad jardín. Este tipo de urbanización aparece en Chile a comienzos de siglo (1907 avenida Pedro de Valdivia en Santiago) y se generaliza a partir de 1950. Se trata básicamente de la urbanización y densificación de los terrenos rurales periféricos de las ciudades. Las calles siguen los antiguos caminos agrícolas, y pueden ser rectas o de trazado curvo y sinuoso. En general las manzanas comienzan a ser de tamaño y forma irregular. Las calles tienen árboles, generalmente en un pequeño jardín público de uno a cinco metros de

ancho, colocado junto a la calzada, dejando la vereda en la línea de propiedad, en un principio y más tarde dejando el antejardín público junto al antejardín privado y la vereda junto a la calzada.

La gran diferencia con el sistema tradicional consiste en que la edificación es aislada, tanto entre ellas como con respecto a la línea de la calle, apareciendo el antejardín, de dimensiones variables de dos a cinco o más metros de profundidad, como entre las edificaciones vecinas. Los fondos de los sitios son variables, siendo la tendencia a tener cada vez sitios con más frente a la calle y menor profundidad hasta alcanzar una proporción más o menos cuadrada, y por lo tanto las manzanas resultan ser más alargadas en un sentido que en el otro.

Esta urbanización se ha generalizado para todas las áreas residenciales en Chile. Las Ordenanzas limitan la ocupación del suelo, la distancia a los deslindes del predio, así como las alturas y las posibilidades de parearse con los vecinos, privilegiando una edificación aislada, tanto de los vecinos como de la calle, siendo obligatorio en estos casos el dejar un antejardín de un tamaño adecuado a las ordenanzas sectoriales. Debido a la necesidad de construir aisladamente en este tipo de urbanización siempre es menor la superficie edificada que la superficie libre que queda al interior del predio, destinándose generalmente esta última a jardines.

Nuevas ordenanzas sectoriales permiten la densificación de estos sectores, limitada su construcción sólo por las rasantes y las distancias hacia los límites del predio, pudiéndose realizar edificaciones de múltiples pisos. También las ordenanzas permiten la construcción del subsuelo del predio, en algunos casos sin limitación de porcentaje de ocupación, incluyendo el antejardín. Esto, unido al increíble aumento de las necesidades de estacionamientos hacen que desaparezcan de los terrenos privados y zonas interiores de las manzanas los jardines, conservándose estos sólo en las calles y en parte de los antejardines.

Las áreas verdes públicas son plazas de tamaño aproximado a una manzana, o avenidas con bandejones de diverso tamaño.

En estos barrios se concentran la gran mayoría de las áreas verdes privadas, ya sea como clubes de golf o clubes deportivos.

En este tipo de urbanización debiera incentivarse la infiltración de las aguas lluvias de los techos y pavimentos privados en sus propios terrenos como norma general. Por otra parte, las áreas verdes públicas o privadas, podrían contener elementos de retención o infiltración, incluyendo estanques o lagunas de retención o infiltración.

d. Nuevos barrios jardín. Las características de edificación aislada, y todas aquellas que son consubstanciales a la urbanización de ciudad jardín, se mantienen como en el tipo anterior, sin embargo aparecen otras nuevas que merecen destacarse. Gran parte de las calles se constituyen como pasajes o áreas privadas de uso común, siendo generalmente calles de una sola entrada, pudiéndose cerrar al tránsito público. El perfil de las calles concentra el antejardín público junto a la línea de edificación, o no existe, así como la arborización de las mismas, confiándose la arborización sólo al predio privado.

La obligación de dejar un 7 % de áreas verdes se difumina en pequeños espacios verdes adecuados al tamaño del conjunto, conformando pequeñas y múltiples extensiones verdes sin conexión entre ellas. Al mismo tiempo estos barrios muchas veces se constituyen alrededor de una área verde importante como un club de golf privado.

Generalmente estos nuevos crecimientos se realizan en zonas con topografía más accidentada, en terrenos con más pendiente (llegándose a urbanizar zonas con pendientes cercanas al 10 %), en algunos casos en terrenos sin usos anteriores, por lo tanto sin trazados o caminos previos.

En este tipo de urbanización debe ser fundamental para un buen control de las aguas lluvias la regulación y el respeto del urbanizador de los cauces naturales existentes antes de urbanizar la zona, así como el tratamiento de las superficies no edificadas de modo que mantengan una cubierta vegetal. En estos casos ha de incentivarse la idea de que la zona urbanizada no entregue un mayor gasto de aguas lluvias que lo que la zona naturalmente entregaba previamente a urbanizarse, para lo cual se pueden implementar diversos sistemas, ya sea haciendo que las propiedades privadas no entreguen agua al sistema público, infiltrándola en sus propios jardines, como implementando sistemas de retención e infiltración en las áreas públicas. En estas nuevas urbanizaciones es también importante incentivar el uso de pavimentos porosos.

e. Poblaciones o edificación de carácter social. Durante varias décadas el Estado ha sido el gestor de grandes territorios urbanos, al igual que algunas empresas, como una forma de solucionar el gran déficit habitacional de los sectores de menores recursos económicos, ocupando para ello varios modelos tipológicos de edificación siempre dentro del esquema de ciudad jardín. Así se presentan en estos casos las siguientes situaciones:

Urbanización y loteo de grandes predios para la autoconstrucción. Durante los años cincuenta y sesenta con lotes de aproximadamente 180 m² por familia.

Conjuntos habitacionales para clases medias con edificación de mediana altura, o viviendas de uno o dos pisos. Generalmente conjuntos concebidos y construidos en una sola operación, con edificios aislados y áreas verdes entre los mismos, sistemas de calles por penetración de uso exclusivo de los habitantes del conjunto, conformando grandes manzanas sin continuidad con la ciudad adyacente. En sus comienzos estos conjuntos se construyen con edificios concebidos exclusivamente para cada uno de ellos, más tarde se implementa un tipo de edificio de cuatro pisos (los tipos llamados 1010, 1020, 1030 etc.), aislado o de dos unidades, con los que se realizan grandes poblaciones. Los espacios no edificados de estos conjuntos constituyen el espacio público.

Sistemas de subsidio habitacional, con urbanizaciones de alta densidad con edificios de tres pisos, o viviendas de un piso, o sistema de lote con servicios.

En este tipo de urbanización es importante la ejecución y mantención de áreas verdes públicas y un mayor control de las áreas abiertas no pavimentadas ojalá con una cubierta vegetal, de modo que los suelos no pierdan su capacidad infiltrante. La implementación de áreas verdes públicas de mayor tamaño que se ha impulsado en los últimos años da oportunidad para la realización en ellas de algunas obras mayores del tipo estanques o lagunas de infiltración o retención.

- f. Urbanizaciones semirural o parcelaciones.** Corresponden a la subdivisión de terrenos agrícolas en la periferia de las ciudades. En general se trata de parcelaciones como conjuntos privados con terrenos de superficies cercanas a los cinco mil metros cuadrados. El tamaño de estas parcelaciones es variable dependiendo del predio agrícola que les da origen. Las zonas construidas, así como las zonas pavimentadas son escasas.

En estos casos es fundamental la no ocupación de las quebradas o cauces naturales de escurrimiento de las aguas.

- g. Zonas industriales.** Primeramente agrupadas alrededor del trazado del ferrocarril, en conjuntos más o menos densos, con grandes zonas pavimentadas para el desplazamiento de camiones o vehículos, así como grandes zonas techadas. Hoy en día estas áreas han emigrado hacia la periferia de las ciudades, con terrenos mayores e importante incorporación de áreas verdes.

Cuando se trata de áreas especialmente contaminadas el agua que pueda infiltrarse desde los techos (generalmente grandes superficies) ha de recibir un tratamiento previo. No es aconsejable infiltrar directamente el agua de calzadas o pavimentos vehiculares debido a su probable alto grado de contaminación. En

los casos de industrias en la periferia, con grandes superficies de terreno se ha de incentivar la realización de áreas verdes en los terrenos libres, procurando que el terreno mantenga sus características infiltrantes naturales. En estas áreas verdes, si son de tamaño adecuado, se pueden realizar obras del tipo estanques o lagunas de retención o infiltración.

- h. Áreas institucionales.** Colegios, centros universitarios, hospitales, regimientos, y en los últimos tiempos centros comerciales, constituyen grandes conjuntos de áreas edificadas, con terrenos libres que pueden estar en su totalidad pavimentados.

En estos casos se ha de incentivar la realización de áreas verdes en los terrenos libres, así como la infiltración del agua menos contaminada proveniente de techos o zonas pavimentadas, mediante obras de infiltración, el uso de pavimentos porosos, e incluso estanques o lagunas de retención o infiltración si el tamaño y tipo de terreno lo permite.

- i. Áreas verdes.** Tradicionalmente las ciudades chilenas han carecido de dotación de áreas verdes públicas. La plaza del tamaño de una manzana es el área verde tradicional de las ciudades chilenas. Algunos cerros que han quedado dentro de los límites urbanos, o las riveras de los ríos y las zonas de protección de los mismos, se han llegado a implementar como parques. Algunas quebradas, zonas escarpadas o de difícil acceso pueden considerarse también como áreas verdes, aunque su régimen de propiedad no lo establezca claramente. Para algunas ciudades los planes intercomunales definen zonas destinadas a áreas verdes que sólo en los últimos años han comenzado a implementarse.

La gran mayoría de las áreas verdes al interior de los sectores urbanos son clubes privados destinados para diversos tipos de deportes, generalmente concentrados en las zonas urbanas más consolidadas. En este acápite han de considerarse asimismo los cementerios de diverso tipos que existen en las ciudades.

La realización de áreas verdes en las ciudades es un elemento importante para lograr un control de las aguas lluvias en zonas urbanas, permitiendo que el suelo mantenga sus características naturales de infiltración. La implementación de áreas verdes como protección de los cauces naturales de escurrimiento de las aguas (quebradas, esteros y ríos) puede dar la oportunidad de mantener la continuidad de los sistemas naturales de drenaje. Si la topografía lo permite, las áreas verdes constituyen el lugar adecuado para la implementación de sistemas de estanques o lagunas de infiltración o retención de las aguas lluvias, ayudando a que el sistema sea más eficiente.

j. Bienes Nacionales de Uso Público. Las calles y avenidas permiten el desplazamiento de los peatones y vehículos, para lo cual se establecen franjas pavimentadas de diverso ancho que definen el perfil transversal de las mismas.

En general los pavimentos usados, tanto para el desplazamiento de los vehículos como para los peatones son superficies pavimentadas impermeables, y cuando no lo son debido al uso de las mismas se endurecen hasta colmatarse por el efecto de la infiltración del agua.

En las zonas urbanas la superficie de la calzada está generalmente limitada por soleras, o soleras zarpa, que forman una cuneta 10 ó 15 cm. más baja que el resto de la superficie de la calle. Como la calzada se realiza con una pendiente desde el centro hacia los lados, la cuneta es la zona por donde escurren las aguas. La superficie de la calzada es impermeable. La pendiente de las calles hace que el agua escurra por ellas hacia terrenos cada vez más bajos.

La superficie de las veredas es también generalmente impermeable, y su perfil transversal tiene la pendiente necesaria de modo que el agua superficial escurra hacia la calzada.

Salvo casos excepcionales, como los centros de las ciudades, zonas comerciales, definidas aquí como urbanización en damero tradicional, o urbanización en densidad, las Ordenanzas establecen como límites de las calles o avenidas una franja antejardín, no construída, de propiedad privada.

De acuerdo al tipo de perfil se distinguen los siguientes tipos de calles:

Pasajes peatonales, generalmente definidos como privados, de diversos anchos en las urbanizaciones del damero tradicional, totalmente pavimentados, cuyas aguas escurren hacia la calle.

Pasajes peatonales vehiculares. De propiedad pública o privada. La Norma establece que no pueden tener más de 100 metros de largo si tienen un solo acceso o salida, y son de al menos seis metros de ancho. Pueden o no estar pavimentados, ya sea con calzadas o veredas.

Calles de urbanización tradicional. Formadas por calzadas pavimentadas limitadas por soleras, con un ancho mínimo de siete metros, veredas para peatones a ambos lados también pavimentadas, de uno a cinco metros de ancho. La calle completa está limitada por edificación. Si existen arboles estos están plantados en tazas o alcorques.

Calles con bandejones laterales no pavimentados. Estos bandejones pueden ser de diverso ancho, desde 50 cm. a cinco o más metros. De acuerdo a su ubicación en el perfil de la calle estos bandejones pueden estar entre la edificación y las veredas, sumándose a los antejardines si los hay, o entre las veredas y la calzada.

Calles o avenidas con vías de circulación separada. Según el tamaño del bandejón de separación, desde algo menor de un metro hasta veinte o más metros, la superficie no pavimentada que separa las vías puede ser una mediana de escasa importancia o un parque de especial relevancia, convirtiéndose en avenidas parque de cierta importancia. Estas avenidas pueden tener, además de sus vías principales, vías laterales o carreteras también separadas por bandejones.

La realización de áreas verdes, o el control de los terrenos naturales de modo que los terrenos libres de pavimentos mantengan su capacidad infiltrante, así como el incentivo a pavimentar lo menos posible y que los pavimentos sean porosos y no impermeables, cuando las condiciones de uso lo permiten, como por ejemplo en pasajes o zonas de estacionamiento, pueden ayudar a mantener un control sobre los problemas derivados de las aguas lluvias. El diseño de avenidas y calles de modo que las zonas de protección como bandejones centrales o laterales sean capaces de recibir las aguas de las calzadas, ya sea para infiltrarla o retenerla. En zonas comerciales o de uso peatonal más intenso podrán ser de utilidad las zanjas de infiltración bajo veredas.

Anexo 3

MODELOS HIDROLÓGICOS COMPUTACIONALES

Modelos hidrológicos computacionales. Existe actualmente en el mercado una gran cantidad de modelos hidrológicos computacionales que pueden ser usados para el análisis de sistemas de drenaje urbano, incluyendo no sólo los aspectos cuantitativos sino también los efectos de la calidad del agua. El desarrollo de este tipo de modelos es una actividad de mucho dinamismo, lo que hace que continuamente aparezcan nuevas opciones y que se actualicen versiones anteriores. Se han seleccionado algunos modelos para una presentación general, teniendo en cuenta fundamentalmente su disponibilidad para ser adquiridos por terceras personas, su facilidad de operación frente a situaciones prácticas y que exista una amplia experiencia en su empleo.

En este análisis se entiende por modelo un programa computacional que representa el comportamiento de la escorrentía urbana en base a algoritmos, mediante el cual se pueda analizar aspectos hidrológicos, hidráulicos, de calidad o de economía relacionados con el tema del drenaje urbano.

Estos modelos se emplean en situaciones concretas para contestar dos tipos de preguntas: a) ¿Cómo funciona el sistema en las condiciones actuales?, es decir establecer las causa de los problemas que pueden existir verificando las consecuencias. b) ¿Cómo se puede modificar el sistema actual para mejorar su operación y disminuir los problemas? Esto significa estimar el efecto de obras y acciones sobre las variables que ocasionan las dificultades.

En general para el drenaje urbano existen dos tipo de modelos: a) De operación temporal continua, es decir que representan de manera ininterrumpida periodos de tiempo relativamente largos, reproduciendo lo que ocurre durante las tormentas y entre ellas. Estos modelos se orientan al manejo de recursos. Son relativamente complejos y requieren una gran cantidad de información. b) Existen otros modelos orientados a los eventos de interés, por ejemplo las tormentas o las crecidas. Reproducen condiciones parciales y requieren menos información, pero pueden ser más que suficiente para los fines del estudio.

En general se recomienda que para adquirir uno de estos modelos se realice una evaluación que considere como aspectos básicos los siguientes: a) La existencia de documentación para terceros sobre el modelo, su empleo y los algoritmos que usa, b) La existencia de una institución o empresa de soporte para solucionar posibles inconvenientes que se presenten durante el empleo en etapas de producción y c) La disponibilidad de ejemplos concretos de uso exitoso en variadas circunstancias.

DR3M-QUAL. El U.S. Geological Survey ha puesto al día un modelo anterior desarrollado por Dawdy et al . (1972) para convertirlo en el Distributed Routing Rainfall Runoff Model, DR3M, el cual incluye aspectos de calidad y está diseñado especialmente para hidrología urbana (Alley and Smith 1982a, 1982b). La generación de escurrimiento y su posterior desplazamiento emplea la teoría de la onda cinemática, e incluye una asistencia para la estimación de parámetros. Los aspectos de calidad son simulados en base a funciones especiales de lavado, incluyendo la sedimentación de sólidos en las unidades de almacenamiento dependiendo de la distribución de tamaños de ellos. El modelo fue empleado en el Programa Nacional de Escorrentía Urbana por la EPA de U.S.A. (Alley ,1986). La versión en Fortran está disponible en la oficina del U.S. Geological Survey de Reston, Virginia.

HSPF. El Hydrological Simulation Program-Fortran, HSPF, se desarrolló a partir de subrutinas creadas en el conocido Stanford Watershed Model (Crawford y Lindsley, 1966) incorporándole subrutinas de calidad del agua y contaminación difusa de modelos como el EPA Nonpoint Source Model (Donigian y Crawford, 1976) y el Agricultural Runoff Model, ARM, (Donigian y Davis, 1978). El manual del usuario incluye información sobre todas las subrutinas tanto de hidrología como de calidad del agua, y un segmento especial sobre áreas impermeables para uso en hidrología urbana. El modelo tiene elementos especiales para tratar las series cronológicas que resultan de la simulación continua. HSPF incluye un balance del agua subterránea y traslación de propiedades de calidad, con el más completo empleo de cinética de contaminantes de muchos de los modelos disponibles. EL modelo es mantenido por el U.S. Environmental Protection Agency en su oficina de Athens, Georgia.

ILLUDAS. El modelo de Illinois Urban Drainage Area Simulator, ILLUDAS evolucionó a partir de Modelo del British Road Research Laboratory (Watkins 1962; Stall y Terstriep, 1972). Emplea el método del área tiempo para generar los hidrogramas desde áreas pavimentadas directamente conectadas y desde áreas permeables. Para las zonas permeables se emplea la ecuación de infiltración de Horton basado en una clasificación de suelos del SCS. Se incluye una subrutina para dimensionar conductos de insuficiente capacidad hidráulica. El usuario puede incorporar curvas que relacionan el

nivel con el almacenamiento y la descarga de elementos de retención en cualquier parte del sistema. Se pueden generar gráficos de cualquier variable de interés. Su simplicidad de uso y la disponibilidad en unidades métricas hicieron de este modelo uno de los más empleados. Si bien los aspectos de calidad no son abordados en las versiones típicas se le han incorporado para algunos usos (Noel y Terstriep, 1982)

Penn State. El modelo de Penn State Urban Runoff (PSURM, Aron, 1987) fue originalmente desarrollado en cooperación con la ciudad de Philadelphia para el análisis de sus sistema de drenaje, de manera de poder ser aplicado a los colectores unificados de la ciudad. Para la generación de escurrimiento se emplea una subrutina basada en un estanque no lineal, acoplada con un desfase definido por el usuario en el sistema de colectores. Se incorpora un procedimiento para dimensionar tuberías pero no se incluyen los aspectos de calidad del agua. Este modelo ha sido muy empleado en el noreste de Estados Unidos (Kibler y Aron, 1980; Kibler et al., 1981).

STORM. El modelo de Storage, Treatment, Overflow, Runoff Model, STORM, incorporó por primera vez el empleo de la simulación continua en hidrología urbana. Se trata de un esfuerzo financiado por el U.S. Corps of Engineer (HEC, 1977; Roesner et al. 1974). Una de sus primeras aplicaciones fue el desarrollo del plan maestro de la ciudad de San Francisco para la disminución de la contaminación del sistema combinado. EL hecho de disponer del soporte por parte del HEC ayudó a que este programa fuera ampliamente usado para propósitos de planificación, especialmente para la evaluación y decisión entre sistemas con almacenamiento o tratamiento como elementos de control de la polución de sistemas unificados de aguas lluvias y servidas. El análisis estadístico de las series cronológicas de escurrimiento y de calidad resultantes permite la optimización de los elementos de control. Si bien originalmente fue desarrollado para la evaluación de aspectos de calidad en sistemas combinados el modelo es igualmente útil para evaluar la efectividad de elementos de detención en la reducción de caudales máximos en cuencas de tamaño intermedio. Este modelo emplea coeficientes simples de escorrentía para generar escurrimientos horarios a partir de datos , también horarios, de lluvias, y emplea fórmulas de lavado para la simulación de seis contaminantes preespecificados. Sin embargo se puede manipular

para incorporar cargas contaminantes de otros elementos arbitrarios. El modelo está disponible en el HEC del U.S.C. of E.

SWMM. La versión original del Storm Water Management Model, SWMM, fue desarrollada por la EPA como un modelo de eventos aislados especialmente para el análisis de los rebases de redes de colectores unitarios (Metcalf y Eddy, 1971). Posteriormente mediante la mantención y puesta al día continua de este modelo se ha convertido en un modelo adecuado para todo tipo de gestión en drenaje urbano tanto en traslación de crecidas en cauces como sobre superficies. A partir de la versión 4 (Huber y Dickinson, 1988; Roesner et al, 1988) opera tanto en forma continua como para eventos aislados. Puede representar situaciones de ejes hidráulicos, sobrecarga, flujo a presión y circuitos cerrados. Tiene una variedad de opciones para la simulación de problemas de calidad, incluyendo formulaciones en base al concepto de lavado, curvas de descarga y técnicas de regresión. Puede representar condiciones de flujo subterráneo, con calidad constante, y traslación en superficie tanto de cantidad como de calidad del agua, incluyendo algunos elementos de tratamiento y de almacenamiento, usando funciones de remoción y sedimentación de partículas. Se incluye una rutina de hidráulica para el dimensionamiento de tuberías y una variedad de elementos de regulación, incluyendo orificios, vertederos, bombas y estanques. Existe una amplia bibliografía sobre referencias de empleo de este modelo (Huber et al. 1986) que contiene casos prácticos. El modelo SWMM está segmentado en bloques de Escorrentía, Escorrentía Extendida (Extran), Transporte, Almacenamiento, Tratamiento y Estadística para los fenómenos de precipitación, escorrentía, traslación de crecidas y contaminantes. Los aspectos de calidad pueden ser simulados en todos los bloques con excepción del Extran, que se dedica a los aspectos hidráulicos. Debido a que el modelo no tiene derechos de propiedad partes de él han sido adaptados e incorporados en otros modelos con fines específicos tanto por otras agencias del gobierno federal de Estados Unidos como por consultores privados. Existen versiones para PC disponibles a través de la oficina de la EPA en Athens, Georgia.

TR55. El Soil Conservation Service desarrolló una metodología original para la transformación de lluvia en escorrentía que posteriormente fue adaptada a cuencas urbanas y ha sido conocida como el procedimiento TR55 (USDA, 1975). Existen versiones para

computadores personales y manuales. Para la transformación de lluvia en escorrentía se emplea el hidrograma unitario. Si se requiere el traslado de caudales a través de los cauces es necesario recurrir a otro programa separado. El método del SCS es ampliamente usado en Estados Unidos debido a la disponibilidad de información sobre los suelos que provee el mismo SCS. Viessman et al (1989) y McCuen (1982) proporcionan información conceptual sobre este modelo.

HEC-1. El modelo HEC-1 desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del Corps of Engineers está diseñado para simular el escurrimiento superficial de una cuenca como respuesta a la precipitación, representando la cuenca mediante un sistema hidrológico interconectado formado por componentes de subcuencas y cauces. Cada una de estas subcuencas entregan una respuesta que se agrega en el sistema general. Los elementos que se simulan son superficies de flujo, canales o estanques. El resultado del modelo es el cálculo de la escorrentía a la salida y en lugares preestablecidos del sistema. Se pueden realizar simultáneamente hasta nueve caracterizaciones del sistema o de la red de canales en una misma corrida del programa. Se ha agregado un análisis de rotura de presas de tierra para estudiar su efecto sobre los cauces de la red de canales y las estructuras hacia aguas abajo.

HEC-2. Este programa también ha sido desarrollado por el U.S. Corps of Engineers para el cálculo de ejes hidráulicos en condiciones permanentes, flujo gradualmente variado en cauces naturales y canales artificiales. Acepta condiciones de flujo sub y supercrítico. Se puede analizar el efecto de diferentes estructuras como puentes, alcantarillas, vertederos e incluso el caso de planicies de inundación sobre las márgenes de los cauces. El procedimiento se basa en la solución de la ecuación de energía unidimensional considerando las pérdidas por fricción según la ecuación de Manning. Este modelo ha sido empleado para establecer superficies de inundación en el desarrollo de planes de gestión de zonas inundables, así como estudios de seguros.

MOUSE. Este modelo ha sido desarrollado por el Danish Hydraulic Institute, el Departamento de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica de Dinamarca y dos empresas de ingeniería de consulta danesas. Es uno de los modelos más populares en Europa, con un gran apoyo

comercial para su venta, difusión y comercialización a través del propio DHI. La sigla corresponde a Modeling Of Urban SEwers. El modelo contiene una serie de módulos de variada sofisticación para describir el flujo superficial, infiltración, flujo en tuberías y cargas contaminantes. Se incluyen ecuaciones simplificadas o algoritmos más complejos de manera que el usuario puede seleccionarlos dependiendo del caso. El programa dispone de un sistema de menús desplegables para su uso interactivo, un elemento para manejar y organizar los datos de la cuenca y sus elementos de manera simple, una base de datos de series de lluvias y escurrimientos, rutinas para tabular y graficar diferentes datos y módulos de cálculo para la modelación hidrológica, flujo generalizado en tuberías y modelación de contaminantes, incluyendo aspectos de sedimentación. Este modelo puede ser empleado incluso para control en tiempo real de sistemas complejos.

Uso de los modelos. En los modelos mencionados se ha dado preferencia a los de origen académico o institucional, sobre los comerciales o desarrollados por empresas, por la facilidad y menores costos de adquisición. Entre ellos el que puede tener mayor utilización es el SWMM desarrollado por la EPA, debido a que se puede emplear en diversas situaciones, desde simples a muy complejas, e incorpora tanto elementos tradicionales de drenaje urbano, colectores y cauces, como elementos de técnicas alternativas, es decir volúmenes de retención y disposición local por infiltración. Además alternativamente puede abordar aspectos de cantidad y de calidad de las aguas lluvias urbanas. En este sentido puede ser un modelo muy apropiado para fines de planificación y diseño de situaciones globales a nivel de grandes cuencas urbanas. Sin embargo su empleo requiere un buen conocimiento y entrenamiento para que sea efectivo, además de requerir una cantidad importante de antecedentes detallados sobre las obras y propiedades de la urbanización.

Para el caso de situaciones simples en cuencas pequeñas sin muchos elementos puede ser suficiente el modelo TR55. El uso de modelos comerciales dependerá del propio mérito de cada uno y de los costos involucrados en su uso.

Anexo 4

ANTECEDENTES HIDROGEOOLÓGICOS EN CHILE

Antecedentes hidrogeológicos disponibles en Chile. En este Anexo se indican las principales fuentes de información que se utilizan en Chile para determinar las características del subsuelo y de los acuíferos.

Banco Nacional de Aguas, DGA: Posee un completo registro computacional, que cubre todo el territorio nacional, de niveles en pozos, de acuerdo con el rol BNA (Banco Nacional de Aguas). Es posible obtener una planilla con los antecedentes requeridos, o una planilla en disco, en la que se incluyen los datos de ubicación de pozos perforados y un registro de medidas de nivel por suelos.

Uno de los principales problemas que se pueden presentar para la recopilación de antecedentes en la DGA es la diversidad de códigos o nombres existentes para identificar un determinado sondaje, tales como: identificación del constructor, identificación dada a los pozos años atrás por la CORFO (N°CORFO 75, N°CORFO 69), identificación entregada por la DGA (N°DGA) e identificación del Banco Nacional de Aguas de la DGA (rol BNA).

En la DGA existen catastros en los cuales se señalan las equivalencias de estas nomenclaturas. También es posible buscar en planos las ubicaciones de los pozos correspondientes a cada rol BNA.

CIREN-CORFO: Posee antecedentes de estratigrafías y pruebas de bombeo de pozos pertenecientes a CORFO, los que se encuentran distribuidos a lo largo de todo el país. También posee información de catastros de pozos pertenecientes a otras instituciones.

Balance Hidrogeológico de Chile: Publicado por la Dirección General de Aguas (Ministerio de Obras Públicas) en 1989, contiene información a nivel regional de las principales formaciones geológicas existentes y su importancia hidrogeológica. Permite formarse una idea general de los acuíferos existentes y sus principales características, tales como la profundidad de la napa, el sentido del escurrimiento, límites entre provincias hidrogeológicas, principales zonas de explotación, productividad de los pozos, zonas de recarga y descarga naturales y calidad del agua subterránea, en una escala 1:1.000.000. Entrega, además, antecedentes sobre fallas geológicas existentes y líneas de contacto entre formaciones, así como datos hidrogeológicos generales tales como límites entre cuencas hidrográficas, ubicación de cursos de agua, lagos, salares, glaciares, vertientes, etc., y zonas de explotación intensiva a crítica.

Clasifica las formaciones geológicas, de acuerdo a su importancia hidrogeológica relativa y la permeabilidad. Entrega datos de las características de los pozos como la profundidad de la perforación, la profundidad del nivel estático, la calidad del agua subterránea, el tipo de pozo (surgente o no surgente) y la productividad de cada pozo. La productividad de los pozos, en $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$, se clasifica en las siguientes categorías:

- muy elevada $> 10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$
- elevada $4-10 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$
- elevada a media $1- 4 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$
- media a baja $0,13-1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$
- muy baja $< 0,13 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$

El Mapa Hidrogeológico presenta, para algunas zonas, perfiles hidrogeológicos esquemáticos que permiten conocer características estratigráficas del sector.

Estudios hidrogeológicos y de suelo locales, realizados por particulares o reparticiones fiscales de zonas específicas. Se pueden encontrar en bibliotecas de instituciones públicas y de institutos de investigación y universidades. Algunos ejemplos de estudios hidrogeológicos realizados en el país son los siguientes:

"Modelo de Simulación Hidrogeológica de la Pampa del Tamarugal", Cabrera y Otros, 1988. DGA.

"Bases para la Modelación de Recursos Hídricos en la Cuenca Santiago". BF Ingenieros Civiles, 1992. DGA.

"Sedimentos Cuaternarios y Aguas Subterráneas en la Cuenca de Santiago". Karzulovic, 1958.

"Estudio Hidrológico e Hidrogeológico proyecto Maipo". IPLA, 1984. Comisión Nacional de Riego.

Zonas hidrológicas de Chile. Una visión preliminar del mapa hidrogeológico que entrega el Balance Hidrogeológico de Chile permite caracterizar algunas zonas de interés. Muchos de estos antecedentes son variables, dependiendo de las condiciones de recarga y explotación de los acuíferos, así como de la existencia de nueva información, por lo tanto frente a cada información disponible deben agotarse las posibilidades de contar con datos recientes.

En la Tabla A4.1 se describen las características hidrogeológicas de algunas de las principales ciudades de Chile.

Zona Extremo Norte (lámina 1 Mapa Hidrogeológico). Esta zona se extiende desde Arica hasta el sur de Antofagasta. El sector de la cordillera de Los Andes está formado principalmente por rocas volcánicas fracturadas de alta a baja permeabilidad, con depósitos no consolidados del cuaternario de alta a media permeabilidad y zonas de muy baja permeabilidad intercaladas. La depresión intermedia está compuesta principalmente por depósitos no consolidados del cuaternario, de alta a media permeabilidad, con una profundidad variable entre 60 m y 800 m. El sector oeste se caracteriza por suelos de muy baja a nula permeabilidad, con zonas de permeabilidad alta a media intercaladas.

La napa tiene una profundidad variable, con valores de 20 m en los alrededores de Arica, 7 a 60 m en la Pampa del Tamarugal, 1 a 80 m en la Cordillera de Los Andes, 7 a 60 m en el interior de Iquique, y 20 a 30 m al sur de Antofagasta.

El acuífero principal se ubica fundamentalmente en la depresión intermedia, donde se observa la existencia de una recarga proveniente de la Cordillera de los Andes.

Zona Norte (lámina 2 del Mapa Hidrogeológico). Esta zona se extiende desde el sur de Antofagasta hasta Los Vilos. Está formada principalmente por zonas de muy baja a nula permeabilidad. Al Norte, cerca de la frontera con Argentina, se observan extensas zonas de permeabilidad alta a baja. En todo el sector existen intercalaciones de zonas de permeabilidad alta a media. Hasta Copiapó, los pozos existentes poseen una baja productividad, excepto en el salar de Pedernales, en el cual la productividad es muy elevada. Al Sur de Copiapó la productividad aumenta, ubicándose en un rango desde media a muy elevada.

La profundidad de la napa fluctúa entre 0,4 y 28 m al sur de La Serena, entre 0,7 y 50 m en las cercanías de Copiapó, y entre 2 y 40 m al este de Tal-tal.

Tabla A4.1: Descripción hidrológica de las principales ciudades contenidas en las láminas 3 y 4 del Mapa Hidrogeológico.

Ciudad	Unidad geológica principal	Permeabilidad	Profundidad napa (m)	Productividad pozos (m)
Los Vilos	Metamórficas y sedimentarias	Nula	1,6-2,9	elevada
Quillota	Depósitos no consolidados	Alta a media	1,6	elevada
Los Andes	Depósitos no consolidados	Alta a media	122	muy elevada
Valparaíso	Rocas plutónicas e hipabisales	Nula	2-6	media a baja
Colina	Depósitos no consolidados	Alta a media	45	muy elevada
Santiago	Depósitos no consolidados	Alta a media	2-77	elevada
Puente Alto	Depósitos no consolidados	Alta a media	28	muy elevada
Rancagua	Depósitos no consolidados	Alta a media	69	elevada
San Fdo.	Depósitos no consolidados	Alta a media	1,5-8	muy elevada
Curicó	Depósitos no consolidados	Alta a media	3,5	muy elevada
Talca	Depósitos no consolidados	Alta a media	12	muy elevada
Linares	Depósitos no consolidados	Alta a media	11	elevada
Cauquenes	Rocas plutónicas (norte)	Nula	2,1	muy elevada
	Depósitos no consolidados	Alta a media		muy elevado
Chillán	Depósitos no consolidados	Alta a media	24	elevada a media
Concepción	Depósitos no cons. (oeste)	Alta a media	4	elevada
	Rocas plutónicas(este)	Nula		
Loa Ángeles	Depósitos no consolidados	Alta a media	4,7	muy elevada
Temuco	Rocas sedimentarias volc.	muy baja	7	elevada
Valdivia	Depósitos no consolidados	Alta a media	4	elevada
Osorno	Depósitos no consolidados	Alta a media	4	muy elevada
Pto. Montt	Depósitos no consolidados	Alta a media	31	muy elevada
Castro	Rocas metamórficas y sedim.	Nula		
Chiatén	Rocas plutónicas e hipabisales	Nula		
Pto. Aysén	Depósitos no consolidados	Alta a media		
Coihaique	Rocas mixtas sedim.- volc.	muy baja	4,9	muy elevada

Zona Central (lámina 3 del Mapa Hidrogeológico). Esta zona se extiende desde Los Vilos hasta Temuco. Se caracteriza por estar formada por depósitos no consolidados del período cuaternario, intercalados con zonas de muy baja o nula permeabilidad.

Los pozos presentan productividades medias a muy elevadas, y la profundidad de la napa fluctúa entre 1 y 126 m.

El acuífero principal está ubicado en la depresión intermedia. Se observa una recarga desde la zona este, proveniente de la Cordillera de los Andes. El flujo es interceptado al llegar a la zona de la Cordillera de la Costa, donde se produce un cambio de dirección.

Se observa una zona de explotación intensiva al norte de Colina. Al oeste de San Fernando se observa una zona de aguas surgentes, y existen pozos surgentes perforados hacia el nor-este de Chillán.

Zona Sur (lámina 4 Mapa Hidrogeológico). Se extiende desde Temuco hasta Puerto Chacabuco. En este sector el acuífero está ubicado principalmente en la depresión intermedia, formado básicamente por depósitos no consolidados del cuaternario, de permeabilidad alta a media, con profundidades variables entre 20 y 500 m. Los sectores este y oeste están formados por rocas plutónicas, metamórficas y sedimentarias de permeabilidad muy baja a nula.

Los pozos perforados en esta zona poseen productividades medias a muy elevadas.

La napa se encuentra a profundidades variables entre 0 m (al Norte de Osorno) y 43 m (al Sur del Río Negro).

Zona Extremo Sur (láminas 5 y 6 del Mapa Hidrogeológico). Esta zona se extiende desde Puerto Chacabuco hasta el extremo sur. Está formada principalmente por rocas volcánicas, sedimentarias, plutónicas y metamórficas de permeabilidades muy bajas a nulas.

En la zona del estrecho de Magallanes existen algunos pozos perforados surgentes. En este sector se observa una extensa zona formada por depósitos no consolidados de permeabilidad alta a media.

Anexo 5

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD HIDRÁULICA Y UNIDADES

Valores del coeficiente de rugosidad n para ser empleados en la fórmula de Manning.

Tipo de canal y superficie	mínimo	normal	máximo
A.- Canales construidos			
Revestimiento metálico, de acero, sin pintar	0,011	0,012	0,014
Revestimiento metálico, pintado	0,012	0,013	0,017
Metal corrugado, alcantarillas corrugadas	0,021	0,024	0,030
Cemento y mortero afinado	0,011	0,013	0,015
Asfalto suave, bien terminado	0,012	0,014	0,015
Concreto con moldaje	0,013	0,015	0,017
Ladrillos, sin cantería	0,012	0,015	0,018
Mampostería de piedra emboquillada	0,017	0,025	0,030
Piedras sueltas, enrocados menores	0,020	0,030	0,035
B.- Canales excavados o dragados			
En tierra, rectos y uniformes recién construidos	0,016	0,018	0,020
Profundos, con vegetación y plantas acuáticas	0,030	0,035	0,040
En roca irregulares	0,035	0,050	0,060
C.- Cauces naturales			
De poca pendiente, limpios y rectos	0,025	0,030	0,035
Poca pendiente, rectos pero piedras, plantas	0,075	0,100	0,150
De montaña, sin vegetación con ripios	0,030	0,040	0,050
De montaña con peñascos y ripios, sin plantas	0,040	0,050	0,070
D.- Zonas inundadas			
Pastizales, planicies, pastos corto	0,030	0,035	0,050
Zonas cultivadas, cultivos anuales	0,030	0,040	0,050
Matorrales y pocos árboles	0,045	0,070	0,110
Arboles densos, bosques, suelo limpio	0,040	0,070	0,100
Arboles y matorrales, ramas	0,100	0,120	0,160

Se recomienda emplear el valor mínimo para estimar velocidades y pendientes frente a problemas de erosión. El valor máximo para estimar alturas de agua y para dimensionar la sección y revancha.

Factores de conversión de unidades entre el sistema Inglés y el Sistema Internacional, SI.

Dimensiones	Para convertir desde	a	Multiplicar por
Longitud	pies, ft	metro, m	0,3048
	pulgada, in	metro, m	0,0254
	milla, terrestre	metro, m	1609,3
	milla, náutica	metro, m	1852,0
Área	pies cuadrados, ft ²	metros cuadrados, m ²	0,092903
	millas cuadradas, mi ²	metros cuadrados, m ²	2,59 E+06
	acres	metros cuadrados, m ²	4046,9
Volumen	pies cúbicos, ft ³	metros cúbicos, m ³	0,028317
	galones (US), gl	metros cúbicos, m ³	0,0037854
Masa	libras masa, lbm	kilos, kg	0,45359
	slug	kilos, kg	14,594
Fuerza	libras fuerza, lbf	newton, N	4,4482
Flujo	pies cúbicos	metros cúbicos	0,028317
	por segundo, ft ³ /s	por segundo, m ³ /s	
	galones por minuto,	metros cúbicos	
	gal/min	por segundo, m ³ /s	6,3090 E-05
Presión	Libras por pie cuadrado,	Pascal, Pa	47,88
	lbf/ft ²		
	Libras por pulgada		
	cuadrada, lbf/in ²	Pascal, Pa	6894,8
	milímetros de mercurio,	Pascal, Pa	133,32
	mmHg		
Temperatura	Grados Farenheit, °F	Grados Celsius, °C	$T_c = 5(T_F - 32) / 9$

Anexo 6

GLOSARIO

- acuífero:** formación porosa (capa o estrato) de roca permeable, arena o gravilla, capaz de almacenar y transmitir cantidades apreciables de agua.
- acuífero colgado:** estrato o formación geológica, saturado de agua que reposa sobre una capa o estrato limitado de suelo impermeable.
- acuífero confinado:** (1) acuífero en el cual el agua ocupa todos los poros y está sometido a cierta presión durante la perforación, al atravesar el techo de este acuífero se observa un ascenso rápido del nivel de agua. (2) se usa algunas veces como sinónimo de acuífero artesiano.
- acuífero libre:** acuífero en el cual existe una superficie libre de agua en contacto con el aire y por lo tanto a presión atmosférica.
- acuífero semiconfinado:** acuífero cubierto, por encima y/o por debajo, por una capa semipermeable, relativamente delgada, a través de la cual tiene lugar el flujo hacia o desde el acuífero.
- adsorción:** concentración de una sustancia disuelta sobre la superficie de un sólido a alrededor de las partículas.
- aguas lluvias:** agua proveniente de la precipitación desde la atmósfera en forma líquida.
- aguas pluviales:** ver aguas lluvias.
- aguas lluvias aéreas:** precipitación líquida antes de que tome contacto con la superficie terrestre.
- aguas lluvias terrestres:** aguas generadas por la precipitación líquida una vez que entra en contacto con la superficie del suelo o de construcciones.
- aguas lluvias superficiales:** ver aguas lluvias terrestres.
- albañal:** canal de desagüe para las aguas servidas o inmundas.
- almacenamiento:** (1) acumulación de aguas en embalses de superficie o subterráneos, para su futura utilización. (2) volumen de agua almacenada.
- almacenamiento de aguas lluvias:** acumulación temporal de aguas lluvias en estanques o embalses.
- almacenamiento difuso:** acumulación de agua sobre superficies extendidas y con poca altura de agua, sin que necesariamente exista un confinamiento lateral.
- almacenamiento localizado:** acumulación de agua sobre superficies limitadas con claro confinamiento lateral y alturas de agua apreciables.
- almacenamiento fósil:** volumen de agua almacenado, no utilizable normalmente.
- altura de escurrimiento:** distancia desde el fondo hasta la superficie del agua en un cauce.
- altura crítica (de agua):** altura de agua correspondiente al escurrimiento crítico, en el cual la energía es mínima.
- altura normal (de agua):** altura de agua correspondiente al escurrimiento en condiciones normales, en el cual la pérdida de energía por unidad de longitud es igual a la pendiente de fondo de la canalización.
- ancho basal:** ancho de la sección transversal de un canal en la zona inferior.
- anticiclón:** región de la atmósfera con alta presión alrededor de la cual el aire fluye en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio sur y en el mismo sentido en el hemisferio norte.
- área aportante:** (1) el área de contribución de una cuenca de drenaje, expresada en m², Km² o cualquier unidad de área. También se le llama cuenca aportante. (2) El área servida por un sistema de drenaje que recibe las aguas lluvias y superficiales o de un curso de agua.
- área inundada:** superficie cubierta de agua temporalmente durante una tormenta o crecida.
- barbacana:** elemento que permite drenar el agua a través de una capa impermeable. Normalmente tubo que une las capas filtrantes detrás de un muro o revestimiento con el exterior.
- bocatoma:** obra destinada a captar el agua desde un cauce.
- C.N.:** ver Curva Número.
- calicata :** Exploración de un terreno para conocer sus propiedades o composición.
- canal:** un curso de agua natural o artificial de dimensiones perceptibles que conduce agua en forma periódica o continua o que forma una conexión entre dos cuerpos de agua.
- canal artificial:** canal construido por el hombre para fines específicos de conducción de agua.
- canal con vegetación en el fondo:** canal artificial que se caracteriza por mantener vegetación en el fondo.

- canal de flujo bajo:** canal diseñado para conducir esporádicamente flujos de pequeña magnitud, normalmente en el fondo de obras de almacenamiento.
- canal de fondo:** canal construido en la parte inferior de una obra de almacenamiento para ayudar al escurrimiento durante las últimas etapas del vaciamiento de la obra. Similar al canal de flujo bajo.
- canal de tierra sin revestir;** canal artificial construido excavado en tierra y sin ningún tipo de protección contra la erosión.
- canal natural:** cauce natural empleado para conducir agua para diferentes fines, pero que mantiene sus condiciones naturales, normalmente de pendiente estable, con vegetación, taludes estables y tendidos.
- canal para drenaje urbano de aguas lluvias:** cauce artificial empleado para conducir aguas lluvias.
- canal revestido de enrocado:** canal artificial con revestimiento de grandes bloques de piedra para evitar la erosión y darle un carácter natural.
- canal revestido de hormigón o albañilería:** canal artificial con paredes y/o fondo revestidos de placas de hormigón o albañilería de piedras o ladrillos.
- canal revestido de pasto:** cauce con revestimiento de pasto en los taludes y fondo.
- canoa:** en obras de conducción de agua se refiere a un tramo de canal en puente.
- capilaridad:** fenómenos asociados con la tensión superficial de los líquidos, particularmente en tubos capilares y medios porosos en los que se juntan interfaces gaseosas, líquidas y sólidas.
- cárcava:** forma de erosión localizada del suelo con grietas profundas.
- carga hidráulica:** suma de la profundidad máxima del agua y de la energía específica cinemática media en una sección dada.
- cauce natural:** curso por donde escurre agua en forma continua o intermitente (si es esta última, con algún grado de regularidad) creado por condiciones y acciones naturales.
- caudal:** volumen de fluido que pasa en la unidad de tiempo a través de una superficie (p.ej. sección transversal de una corriente), en una corriente determinada.
- caudal base:** caudal mínimo de una corriente de agua. Escorrentía observada, a la salida de una cuenca de drenaje durante períodos largos en los que no se producen precipitaciones o fusiones de nieve.
- caudal de punta:** valor máximo del caudal para un período determinado.
- caudal máximo:** ver caudal de punta.
- ciclo hidrológico:** sucesión de etapas que atraviesa el agua al pasar de la atmósfera a la tierra y volver a la atmósfera. Incluye evaporación del suelo, mar o aguas continentales, condensación de nubes, precipitación, acumulación en el suelo o en masas de agua y reevaporación.
- ciclón:** región de la atmósfera con baja presión alrededor de la cual el aire fluye en la dirección de las manecillas del reloj en el hemisferio sur y en la dirección contraria a ellas en el hemisferio norte.
- clima:** conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas caracterizado por tipos y desarrollo del tiempo sobre un dominio espacial determinado, durante un período de tiempo suficientemente largo.
- clima árido:** caracterizado por ausencia de precipitación, alta radiación solar, condiciones poco favorables para la vida y vegetación. En Chile desde el extremo norte hasta Copiapó.
- clima mediterráneo:** ver clima templado.
- clima semiárido:** clima de transición entre el desierto árido y el clima templado, caracterizado por precipitaciones esporádicas, en invierno, y sequías prolongadas. En Chile desde Copiapó hasta el Aconcagua.
- clima templado:** clima con una estación fría marcada en la cual se concentran las lluvias y estación cálida seca. El aporte de humedad es similar a la evaporación. En Chile desde Aconcagua hasta el río Imperial, o la zona de Temuco.
- clima templado húmedo:** clima con una temporada seca reducida, temperaturas menores y períodos prolongados de lluvias. En Chile desde el río Imperial hasta el canal de Chacao.
- climatológico:** relativo al clima.
- coeficiente de descarga:** relación entre el caudal observado o real y el teóricamente calculado.

- coeficiente de duración:** razón entre la precipitación de una cierta duración y la precipitación de 24 horas, en el caso de las lluvias de duraciones mayores a una hora. Para lluvias de corta duración se define en base a la precipitación de una hora.
- coeficiente de escorrentía:** un número decimal usado en la fórmula racional que define las características de escurrimiento del área aportante que se considera. Se puede aplicar al área completa como una representación compuesta o en forma individual a cada uno de los elementos de la cuenca. Representa la proporción de la lluvia caída que escurre.
- coeficiente de escurrimiento:** ver coeficiente de escorrentía
- coeficiente de frecuencia:** razón entre la precipitación de una cierta frecuencia y la correspondiente a 10 años de período de retorno.
- coeficiente de retardo:** valor que afecta al tiempo empleado para recorrer una cierta distancia para considerar efectos secundarios.
- coeficiente de rugosidad de Manning:** factor presente en la fórmula de Manning para calcular la velocidad media en un curso de agua. Representa el efecto de la rugosidad del material de la superficie del curso de agua sobre las pérdidas de energía del agua que fluye.
- colmatación:** obstrucción de los pozos o grietas de un estrato o formación geológica permanente debido a la presencia de material fino aportado por el flujo.
- conductividad hidráulica:** medida de la capacidad de un suelo para conducir o transmitir agua.
- conexión de superficies impermeables:** ver desconexión de áreas impermeables.
- convección térmica:** propagación del calor por el movimiento del aire debido a diferencias de temperatura.
- crecida:** (1) elevación rápida y habitualmente breve del nivel de las aguas en un curso hasta un máximo desde el cual dicho nivel desciende a menor velocidad. (2) caudal relativamente alto medido por altura o caudal.
- cubeta:** estanque de pequeñas dimensiones regularmente empleado para concentrar en él la disipación de energía al final de flujos de alta velocidad, como caídas, rápidos de descarga o al pie de compuertas.
- cubierta vegetal:** conjunto de masa vegetal que cubre una superficie.
- cuenca aportante:** ver área aportante
- cuenca de infiltración:** superficie de una cuenca aportante sujeta a la infiltración de las aguas superficiales que pueden presentarse eno como precipitación.
- cuenca tributaria:** ver área aportante.
- curva de succión:** representación gráfica de la función que relaciona la presión de succión de un suelo y el contenido de humedad.
- curva granulométrica :** Distribución del tamaño de los granos de un suelo en función de su porcentaje en peso que pasa o es retenido por las mallas de diámetros establecidos.
- curva IDF:** ver curvas intensidad-duración-frecuencia
- curva intensidad-duración-frecuencia:** relación entre intensidad de la lluvia y duración para diferentes frecuencias o períodos de retorno.
- curva número:** valor que representa en forma integrada la condición del suelo, la cobertura vegetal, el tamaño de arreas impermeables, la intercepción, y el almacenamiento superficial del terreno. Se utiliza en el método desarrollado por el Soil Conservation Service de Estados Unidos para estimar el volumen escurrido en una tormenta.
- curva PDF:** función que relaciona la cantidad total de agua caída, precipitación, durante un intervalo de tiempo, duración, para diferentes frecuencias.
- derrames:** se consideran las aguas superficiales que abandonan un lugar como excedentes no utilizados.
- damero:** disposición en forma de cuadrados, como en el tablero para el juego de damas.
- desarenador:** obra destinada a separar mediante precipitación localizada las arenas de un escurrimiento.
- descarga:** caudal de agua evacuado desde un estanque o lugar de almacenamiento.
- descepe:** eliminación de las cepas, o partes inferiores de tronco y raíces superficiales, de un terreno.
- desconexión de áreas impermeables:** procedimiento mediante el cual se eliminan las conexiones fáciles del escurrimiento entre diferentes zonas impermeables de un mismo lugar.

- disipador de energía:** obra destinada a eliminar la energía del flujo en forma controlada.
- distribución estadística:** modelo matemático que representa la función de probabilidades de una variable aleatoria.
- dotación:** cantidad de agua necesaria para satisfacer las necesidades de riego por unidad de área, o de consumo humano por habitante.
- dren:** conducto o pequeño canal por el que se evacua el agua del suelo o de un acuífero, por gravedad, con el fin de regular el nivel del mismo.
- dren subterráneo:** dren ubicado bajo el nivel del suelo.
- dren urbano:** dren ubicado en una zona urbana.
- drenaje:** (1) término general que se aplica a la remoción de agua superficial o subsuperficial de un área dada, mediante bombeo o en forma gravitacional. (2) El término se usa en forma general al flujo de todos los líquidos producto de la gravedad.
- drenaje urbano:** evacuación del agua desde una zona urbana.
- eje hidráulico:** línea que une los puntos medios de la superficie del agua en un curso con superficie libre, representada a lo largo de la conducción.
- enrocado:** disposición de un conjunto de rocas de manera especial con el fin de proteger la superficie que se encuentra bajo él.
- escorrentía:** parte de la precipitación que fluye por la superficie del terreno (escorrentía superficial) o en el interior del mismo (escorrentía subterránea).
- estanque de infiltración:** estanque en depresión y a cielo abierto que permite almacenar aguas lluvias e infiltrarlas directamente en el suelo bajo él.
- estanque de retención:** estanque que dispone de un volumen destinado al almacenamiento temporal de agua.
- estival:** referente a la época de estío, o verano. En Chile entre el 21 de diciembre y el 21 de marzo.
- estudio de riesgos:** documento técnico elaborado por un equipo interdisciplinario de profesionales especialistas, cuyo objetivo es advertir sobre los peligros reales o potenciales para el emplazamiento de los asentamientos humanos.
- evaporación potencial:** cantidad de vapor de agua que puede ser evaporado por una superficie de agua pura, por unidad de superficie y unidad de tiempo, en las condiciones existentes.
- evapotranspiración real:** suma de las cantidades de vapor de agua evaporadas del suelo y transpirada por las plantas, cuando el terreno tiene su contenido real de humedad.
- filtro:** elemento destinado a permitir el paso controlado de ciertos materiales y retener el resto.
- filtro de grava fina:** material granular de distribución granulométrica establecida que impide que circulen a través de las partículas de suelo. El diseño de un filtro se efectúa en función del material granular en contacto.
- filtro geotextil:** paño o tela de geotextil que impide el paso de partículas finas.
- filtro granular:** ver filtro de grava fina.
- floculante:** elementos destinados a la formación de flóculos, o pequeñas aglomeraciones de sustancias presentes en el agua, con el objeto de facilitar su decantación.
- flujo superficial:** aquella parte del agua precipitada sobre la superficie del suelo que se abre camino hacia el cauce de una corriente sin infiltrarse en el suelo.
- fosa absorbente:** obra lineal, a cielo abierto, que recoge aguas lluvias, las almacena y las infiltra en el suelo.
- franja capilar:** parte del suelo sobre la superficie freática en la cual el agua asciende por efectos de capilaridad.
- franja de pasto:** superficies cubiertas de pasto sobre las cuales puede escurrir el agua en forma de lámina de pequeña altura, facilitando la infiltración.
- franja filtrante:** superficies sobre las cuales puede escurrir el agua en forma de lámina de pequeña altura, facilitando la infiltración.
- frecuencia empírica:** cantidad de veces por período que se presenta un fenómeno según lo observado en su comportamiento reciente.
- gasto máximo** (ver caudal máximo)

- geomorfología:** estudio de las formas de la superficie terrestre.
- gradiente hidráulico:** pendiente de la línea de energía de un escurrimiento tridimensional orientado en la dirección en que más disminuye.
- hidrograma de la crecida:** representación gráfica de la variación del caudal en una cierta sección con respecto al tiempo.
- hidrograma sintético:** hidrograma unitario elaborado utilizando estimaciones de coeficientes que expresan varias características físicas de la cuenca.
- hidrograma unitario:** representación gráfica de la variación de la escorrentía procedente de un temporal uniformemente distribuido sobre la cuenca de desagüe producido por una precipitación efectiva unitaria en una unidad de tiempo.
- hietograma:** distribución de precipitaciones en el tiempo durante una tormenta.
- humedad (del aire):** la cantidad de vapor de agua contenido en la atmósfera.
- humedad (del suelo):** cantidad de agua contenida en un volumen de suelo. Se mide como % del peso o como % del volumen de suelo.
- infiltración:** (1) la entrada de agua a través de los intersticios o poros de un suelo o medio poroso. (2) la cantidad de agua que se filtra desde el agua subterránea al alcantarillado, sea este de aguas lluvias, servidas o combinados, debido a las juntas defectuosas. (3) la entrada de agua desde el suelo a los alcantarillados a través de roturas, juntas defectuosas o paredes porosas. (4) La absorción de agua líquida por el suelo, directamente de la precipitación o por un caudal que escurre sobre la superficie.
- infiltración difusa :** ingreso del agua en el subsuelo a partir de la superficie del suelo realizada en forma repartida especialmente.
- infiltración, capacidad de:** velocidad máxima por unidad de superficie y en ciertas condiciones, a la que el agua puede ser absorbida por el suelo.
- infiltración, tasa de:** medida de la velocidad de infiltración de agua en el suelo.
- infiltrómetro:** aparato destinado a medir la capacidad de infiltración.
- intensidad:** si se aplica a la lluvia, es una razón expresada generalmente en mm por hora que representa la cantidad de agua recogida en un intervalo de tiempo dado.
- intercepción:** aplicado a la hidrología, se refiere al proceso por el cual una parte del agua de la lluvia que nunca alcanza el suelo y se pierde por evaporación ya que quedó atrapada en las ramas y hojas de árboles y arbustos y en la superficie de casas y edificios.
- isolínea:** línea que une puntos con una misma propiedad.
- isoyeta:** línea que une los puntos con idéntica precipitación, en un período dado.
- laguna de detención:** ver laguna de retención.
- laguna de retención:** volumen destinado al almacenamiento temporal de agua, en el cual habitualmente existe un volumen ocupado por líquido.
- Ley de Darcy:** relación entre la velocidad media del escurrimiento del agua en el suelo y la energía necesaria por unidad de longitud:

$$V = KI$$
donde V es la velocidad media del flujo, K la permeabilidad del suelo e I el gradiente hidráulico.
- lisímetro:** aparato destinado a medir las componentes del balance hídrico en las capas superiores del suelo, normalmente consistente en un estanque de pequeñas dimensiones, enterrado, en el cual se puede controlar la cantidad de agua que infiltra, la que percola y la que consumen las plantas y evapora el suelo.
- lluvia:** precipitación en forma de agua líquida, con gotas de 0,5 mm de diámetro, como máximo, ampliamente dispersas.
- lluvia ácida:** precipitación que arrastra elementos ácidos presentes en la atmósfera como resultado de la contaminación.
- lluvia de diseño :** magnitud de la lluvia o hietograma utilizado para definir las condiciones de proyecto de una obra.
- lluvia efectiva o neta:** ver precipitación efectiva.

lluvia observada : valor de lluvia medido por los instrumentos disponibles.

manantial: agua que mana.

marco partididor: elemento empleado en la repartición de agua en canales muy empleado en las zonas agrícolas de Chile, consistente en una sección rectangular con una barrera y una lámina partididora para separar el agua proporcionalmente a los derechos de cada usuario.

materi al particulado: materia que se presenta en pequeños trozos similares en tamaño y de idénticas propiedades físicas y químicas.

meandro: curvas horizontales pronunciadas que forman los escurrimientos en sectores de pequeña pendiente.

morfología (fluvial): ciencia que trata de la formación de los lechos y cauces de los cursos de agua por la erosión producida por los mismos, y de las distintas formas de estos.

napa freática: superficie del agua subterránea en contacto con el aire y a presión atmosférica.

nivel piezométrico: Posición del nivel de agua subterránea con respecto a un nivel de referencia horizontal. Incluye la cota del fondo impermeable mas la altura de presión del agua.

nivógrafo: instrumento que registra gráficamente la cantidad de agua caída en forma de nieve, en función del tiempo.

número de Froude: un parámetro del flujo que representa el efecto de las fuerzas gravitacionales al flujo.

Un número de Froude mayor que 1 indica un flujo supercrítico y uno menor que 1 uno subcrítico. La forma más simple del número de Froude es la ecuación:

$$F = \frac{v}{\sqrt{gD}} \text{ donde } v \text{ es la velocidad, } g \text{ la aceleración de gravedad (9,8 m/s}^2\text{) y } D \text{ la profundidad media}$$

del escurrimiento.

número de Reynolds: parámetro adimensional que representa el efecto de las fuerzas viscosas de un flujo en relación a las dinámicas. Un número de Reynolds relativamente alto representa un flujo turbulento, en el cual las fuerzas viscosas son poco importantes. Un número bajo, inferior a 2000 aproximadamente, indica un predominio de las fuerzas viscosas. Se estima como:

$$R = \frac{VD}{\nu} \text{ donde } V \text{ es la velocidad del flujo, } D \text{ una característica geométrica y } \nu \text{ la viscosidad}$$

cinemática del fluido.

orografía: descripción de las montañas y su relieve.

paramazónica: comportamiento similar al que se da en la región amazónica.

pavimento celular: pavimento constituido por bloques perforados de concreto, rellenos con arena o pasto que permiten la infiltración de las aguas lluvias en el subsuelo.

pavimento poroso: pavimento continuo de asfalto o concreto poroso que permite la infiltración de las aguas lluvias. Es similar al pavimento convencional pero no contiene la arena ni la fracción fina.

pavimento poroso modular: ver pavimento celular.

percolar: pasar a través de un medio permeable, por ejemplo el ingreso a la napa de la parte de las aguas infiltradas en el suelo a través de la superficie del terreno.

perímetro mojado: longitud de la zona de contacto entre la superficie de la sección y el flujo en una conducción.

período crítico: tiempo durante el cual una variable sobrepasa, o no alcanza, un valor umbral a partir del cual se producen efectos especiales.

período de retorno: valor esperado del intervalo de tiempo o número de años al cabo de los cuales se igualará o superará un suceso, p.ej. el caudal de punta.

permeabilidad: coeficiente que representa la propiedad de un material que permite el paso del agua a través de él cuando está saturado y sometido a una cierta presión hidrostática.

permeámetro: aparato o dispositivo que permite medir la permeabilidad de un suelo. Debe medir el caudal que circula por una superficie de suelo bajo un determinado gradiente hidráulico.

- pH:** corresponde al logaritmo decimal del inverso de la cantidad de iones de hidrógeno en solución. Se emplea como una medida de la acidez de la solución. Un pH igual a 7 indica una solución neutra. Mayor que 7 básica, y menor ácida.
- piezómetro:** aparato destinado a medir la altura piezométrica, es decir la presión de un fluido en un punto, expresada como altura de la columna de ese mismo fluido que produce en su base
- plan intercomunal:** conjunto de normas y recomendaciones para la urbanización de una zona que abarca varias comunas.
- pluviógrafo:** instrumento provisto de un dispositivo de registro cronológico de las alturas de agua de precipitación.
- pluviómetro:** instrumento para medir la lluvia, expresada como altura de agua, o como volumen por unidad de superficie.
- pluviometría:** relativo a la medida de la lluvia.
- porosidad:** (1) un índice de las características de los vacíos de un suelo, relacionado con la percolación. (2) La razón, generalmente expresada como porcentaje, entre (a) el volumen de los vacíos de una cantidad dada de material y (b) el volumen total de material, incluyendo los vacíos.
- porosidad efectiva:** relación entre el volumen de agua que puede drenar libremente por gravedad un suelo y el volumen total. Indica la cantidad de agua que un suelo puede liberar o almacenar.
- pozo artesiano:** pozo en acuífero confinado en el cual el nivel piezométrico queda por encima de la superficie del acuífero.
- pozo de infiltración :** pozo que permite la infiltración de las aguas lluvias a través de las capas permeables de suelo. Las aguas no son ingresadas directamente en la napa.
- pozo freático:** pozo en un acuífero libre, en el cual el nivel piezométrico estático coincide con el de la napa del acuífero.
- pozo surgente:** pozo en acuífero confinado en el cual el nivel piezométrico queda por encima de la superficie del terreno.
- precipitación anual:** valor de lluvia acumulada que se observa en un punto a lo largo de un año.
- precipitación efectiva:** aplicado al análisis de escorrentía, se refiere a la parte de la precipitación que se convierte en escurrimiento superficial.
- precipitación máxima diaria:** máximo valor de la precipitación acumulada en un día observada durante un periodo de un año en un lugar.
- presión atmosférica:** fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire en un punto dado.
- presión de vapor:** presión parcial ejercida por el vapor de agua en un espacio cerrado.
- pretil:** antepecho o muro destinado a evitar el rebase del agua desde una corriente hacia el exterior de ella. También se emplea para referirse a la baranda de un puente.
- probabilidad de ocurrencia:** medida que indica la posibilidad que suceda un determinado evento.
- radiación solar:** cantidad de energía que se recibe del sol en un determinado punto de la superficie de la tierra
- radio hidráulico:** en una sección transversal dada, el área mojada de la sección transversal de un curso o conducto, dividida por su perímetro mojado.
- rápido de descarga:** tramo de una conducción con gran pendiente destinado a conducir el agua desde una zona alta a otra más baja, en el cual el agua adquiere gran velocidad.
- rasante:** línea o superficie que limita la parte superior de una obra.
- rebasar:** pasar o exceder cierto límite. Empleado para indicar la acción por la cual el agua excede los límites del recipiente que la contiene o conduce.
- recarga:** componente del balance hídrico que representa la cantidad de agua añadida al agua subterránea en el periodo considerado.
- recarga surgente:** pozo en acuífero confinado en el cual el nivel piezométrico queda por encima de la superficie del terreno.

- recarga de napas:** ingreso del agua a los acuíferos. En acuíferos libres se realiza principalmente por infiltración de aguas superficiales y en acuíferos confinados a través de zonas acuíferas ubicadas aguas arriba.
- red de colectores:** todas las tuberías usadas para conducir las aguas lluvia desde los sumideros a el punto de disposición final.
- red de drenaje:** el camino o curso a lo largo del cual el agua se moverá o podrá moverse para drenar un área.
- red vial básica:** conjunto de vías existentes, que por su especial importancia para el transporte urbano, pueden ser reconocidas como tales en los instrumentos de planificación territorial.
- red vial estructurante:** conjunto de vías existentes o proyectadas, que por su especial importancia para el desarrollo del correspondiente centro urbano, deben ser definidas por el respectivo instrumento de planificación territorial.
- régimen pluvial:** condición climática caracterizada por precipitaciones en forma de lluvia líquida.
- resalto hidráulico, o resalto:** zona de gran turbulencia superficial que ocurre cuando un régimen de torrente pasa a uno de río, acompañado por gran disipación de energía.
- retención superficial:** las aguas lluvia producto de una tormenta que se encuentra sobre pavimentos, superficies de suelo, techos y otras superficies expuestas antes de que alcancen un sumidero, canal, curso de agua o cualquier punto de concentración.
- revestimiento poroso:** ver pavimento poroso.
- riesgo de falla:** probabilidad de que durante la vida útil de una obra ocurran eventos que provocan su falla o colapso.
- rugosidad:** concepto que representa el efecto sobre el escarmento de las asperezas de una superficie.
- sedimento:** material fragmentado originado por suelos y rocas transportado o depositado por el agua.
- sedimentador:** elemento u obra destinado a separa mediante precipitación localizada los sedimentos de una corriente líquida.
- sifón:** conducto cerrado, una de cuyas partes está por encima del nivel del agua. Como resultado dicha parte está sometida a una presión inferior que la atmosférica y por lo tanto requiere que se haga el vacío para que funcione el sifón. El sifón utiliza la presión atmosférica para iniciar o incrementar el flujo del agua a través de él. En la naturaleza se da en las regiones kársticas.
- Sifón invertido:** Conducto cerrado en el cual todas las partes están bajo el nivel del agua y por lo tanto sometidas a presiones superiores a la atmosférica, normalmente empleado para pasar con un canal bajo otro elemento como una calle.
- sistema de riego:** conjunto de elementos y obras necesarias para satisfacer las necesidades de agua a la vegetación que cubre una superficie.
- solera:** paramento vertical o inclinado ubicado a la orilla de una calle o camino y con el cual normalmente se forma la cuneta.
- solera continua:** solera sin interrupciones a lo largo, de manera que no permite la salida lateral del flujo.
- solera de fondo:** solera colocada en el fondo de una obra de almacenamiento para formar una cuneta que conduce los caudales menores.
- solera discontinua:** solera con interrupciones frecuentes para permitir la salida lateral del flujo.
- subrasante:** suelo natural bajo el pavimento.
- sumidero:** obra destinada a captar el agua de un curso superficial y entregarlo a un sistema de conducción subterráneo.
- talud:** inclinación de una superficie en el plano de su máxima pendiente.
- tiempo de concentración:** el tiempo requerido para que el agua caída en una tormenta escurra desde el punto más lejano de la cuenca aportante hasta el punto de salida considerado. No es constante pues varía con la profundidad del flujo y con las condiciones de los conductos y/o canales.
- topología:** parte de las matemáticas que trata de la continuidad y la disposición de elementos en sistemas complejos.
- tormenta:** (1) viento cuya velocidad está comprendida entre 44 y 50 nudos (23 a 26 m/s) (fuerza 10 en la escala Beaufort). (2) Fuerte precipitación de lluvia, nieve o granizo, acompañada de viento o no, y

- asociada a un fenómeno meteorológico determinado. (3) perturbación violenta de la atmósfera acompañada de viento y, por lo general, de lluvia, nieve, granizo, aguanieve, rayos y truenos.
- tormenta de diseño:** magnitud y distribución de la precipitación en el tiempo, adoptada sobre cierta cuenca vertiente, con el fin de determinar la crecida de diseño.
- transmisividad:** régimen al que se transmite el agua por unidad de anchura del acuífero bajo la unidad de gradiente hidráulico. Se expresa por el producto de la conductividad hidráulica por el espesor de la parte saturada del acuífero.
- transpiración:** proceso por el cual el agua de la vegetación pasa a la atmósfera en forma de vapor.
- umbral:** parte inferior de la sección de control de un vertedero, sobre la cual tiene que pasar el agua para abandonar una obra.
- urbanizar:** dotar a una superficie territorial que experimenta crecimiento urbano por extensión o por densificación, de infraestructura vial, sanitaria y energética, con sus obras de alimentación y desagües; de plantaciones y obras de ornato; obras de defensa y servicio del terreno; equipamiento y áreas verdes, proporcionales a las densidades fijadas por el instrumento de planificación territorial.
- velocidad:** la razón entre el cambio de posición y el tiempo.
- velocidad de Darcy:** velocidad del agua en el suelo colectada como caudal que pasa dividido por la superficie de suelo atravesada. Es una velocidad ficticia del agua. Ver Ley de Darcy.
- velocidad de diseño:** valor de la velocidad de escurrimiento empleado para dimensionar una obra de conducción.
- velocidad media del escurrimiento:** se refiere a la velocidad media en canales o conductos cerrados en una sección dada. Es igual a la descarga (caudal) dividida por el área de la sección transversal.
- vertedero:** obra en la cual el agua es obligada a pasar sobre un umbral para poder escurrir hacia aguas abajo.
- volumen:** espacio ocupado por un elemento, material o cosa.
- volumen de almacenamiento:** espacio destinado a retener temporalmente agua, u otro elemento almacenable.
- volumen de escorrentía:** cantidad total de agua expresada en unidades de volumen que escurre como consecuencia de una tormenta y que se manifiesta como escorrentía superficial en una cierta sección del río.
- volumen en detención superficial:** volumen de agua que queda temporalmente almacenado en la cuenca durante la tormenta, sea en depresiones superficiales o, en el suelo o en la superficie del terreno.
- volumen infiltrado:** volumen de agua que penetra la superficie del terreno y pasa a constituir humedad de suelo o a llenar los huecos de un acuífero.
- zanja:** excavación longitudinal destinada a conducir o almacenar agua.
- zanja con vegetación:** zanja con paredes cubiertas de vegetación.
- zanja cubierta de pasto:** zanja con paredes cubiertas de pasto.
- zanja de infiltración:** zanja en la cual se produce la infiltración hacia el suelo del agua conducida o almacenada en ella.
- zanja de infiltración completa:** zanja en la cual la totalidad del agua que ingresa es infiltrada en el suelo.
- zanja de infiltración parcial:** zanja en la cual parte del agua que ingresa es infiltrada en el suelo.
- zanja drenante:** zanja destinada a eliminar el agua superficial de una zona.
- zanja lateral:** zanja construida a un costado de otra obra de carácter longitudinal.
- zarpa:** parte del cimiento de una obra destinada a anclar paños horizontales, o la base de un muro.
- zona de aireación o zona vadosa:** parte de la litósfera en la cual los intersticios se encuentran llenos de aire y agua, englobada o suspendida por fuerzas moleculares.
- zona de recarga:** zonas que definen el ingreso de aguas a los acuíferos.
- zona de saturación:** Corresponde a la masa de suelo que está completamente saturada, entre la superficie libre de un acuífero libre o techo de un acuífero confinado y el fondo impermeable.
- zona no saturada:** ver zona de aireación
- zona radicular:** capa del suelo entremezclada con las raíces de las plantas.
- zona saturada:** ver zona de saturación.

zona vadosa: ver zona de aireación.

Anexo 7

REFERENCIAS

a. Drenaje urbano de aguas lluvias.

- Azzout, Y., S. Barraud, E. Alfakih y F. N. Cres.** 1994. *Techniques Alternatives en Assainissement Pluvial. Technique et Documentation*, Lavoisier, París.
- Bewick D.** 1988. *Guidelines for Floodplain Management Planning Studies. Second Draft*. Water and Soil Directorate, MWD, New Zealand.
- Cox, W.E.** 1987. *The Role of Water in Socio-economic Development*. International Hydrological Program by the Socio-Economic role of Water. UNESCO, París.
- Debo T. N. y A.J. Reese.** 1995. *Municipal Storm Water Management*. Lewis Publishers, London
- Dyck, S.** 1990. *Integrated Planning and Management of Water Resources*. International Hydrological Program. UNESCO, París.
- Geiger, W.F., J. Marsalek, W.J. Rawl y F.C. Zuidema.** 1987. *Manual on Drainage in Urbanized Areas. Planning and design of drainage Systems. Volume 2. The International Hydrological Program*. UNESCO, París.
- Godwin, R.B., B.L. Foxworthy y V.A. Vladimirov.** 1990. *Guidelines for Water Resource Assessments of River Basins*. International Hydrological Program. UNESCO, París.
- STU, Service Technique de l'Urbanisme.** 1994. *Guide Technique Des Bassins De Retenue d'Eaux Pluviales. Technique & Documentation*. Lavoisier, París.
- STU, Service Technique de l'urbanisme.** 1989. *Memento Sur l'Evacuation des Eaux Pluviales*. S:T.U. La Documentation Francaise. París.
- Urban Drainage and Flood Control District.** 1969. *Urban Storm Drainage Criteria Manual. Volume 1*. Wright-McLaughlin Engineers. Denver, Colorado.
- Urban Drainage and Flood Control District.** 1969. *Urban Storm Drainage Criteria Manual. Volume 2*. Wright-McLaughlin Engineers. Denver, Colorado.
- Urban Drainage and Flood Control District.** 1992. *Urban Storm Drainage Criteria Manual. Best Management practices. Volume 3*. Denver, Colorado.
- Urbanas B. y P. Stahre.** 1993. *Stormwater. Best Management Practices and Detention for Water Quality, Drainage, and CSO Management*. PTR Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Walesh.S. G.** 1989. *Urban Surface Water Management*. Wiley-Interscience Publication, New York.
- WEF, Water Environmental Federation and ASCE, American Society of Civil Engineers.** 1992. *Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems*. ASCE Manuals and Reports of Engineering Practice N° 77. WEF Manual Practice FD-20. New York.

b. Hidrología general y urbana.

- American Geophysical Union.** 1982. *Urban Stormwater Hydrology*. Ed. Kibler F. D. American Geophysical Union, Washington.
- Association Amicale des Ingenieurs.** 1978. *Evacuation des eaux pluviales urbaines*. AAI, París.
- Bedient B., P. Huber y C. Wayne.** 1992. *Hydrology and Floodplain Analysis. Second Edition*. Addison-Wesley Publishing Company, New York.
- Benítez, A. y Verni F.** 1985. *Distribución porcentual de las precipitaciones de duraciones entre 12 y 72 horas*. VII Congreso Nacional de Ingeniería Hidráulica, Soc. Chilena de Ingeniería Hidráulica, 7-9 Noviembre, Concepción.
- Brooks, H. K., Ffolliott F. P., Gregersen M. H. y Thames L. J.** 1991. *Hydrology and the Management of Watersheds*. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. y L.W. Mays,** 1993. *Hidrología Aplicada*. McGrawHill, Bogotá.
- Custodio, E. y M.B. Llamas,** 1976. *Hidrología Subterránea*. Ediciones Omega S.A., Barcelona.
- Espíldora, B. y Echavarría.** 1979. *Metodología para Caracterizar la Distribución Temporal de las Precipitaciones de Santiago y su Aplicación en la Selección de Precipitaciones de Diseño para el Estudio de Crecidas*. Informe CHR79-16-I, Centro de Recursos Hidráulicos, Universidad de Chile.
- Huff, F.A.** 1967. *Time distribution of rainfall in heavy storms*, Water Resources Research, vol 3, 1007-1019.
- Lazaro R. T.** 1990. *Urban Hydrology. A Multidisciplinary Perspective*. Technomic Publishing, New York.

- National Environment Research Council.** 1975. Flood Studies Report, Whitefriars Press, Londres.
- Sheaffer E. J., Wright E. K., Taggart C. W. y M. R. Wright** 1982. Urban Storm Drainage Management. Marcel Dekker Inc., Denver.
- Stephenson D.** 1981. Stormwater Hydrology and Drainage. Elsevier Scientific Publishing Company, New York.
- Tood D.K.** 1959. Groundwater Hydrology. John Wiley and Sons, New York.
- Urbanas R. B y Roesner A. L.** 1992. Chapter 28. Urban Hydrology. Handbook of Hydrology. D. R. Maidment, Editor in Chief, McGrawHill, New York.
- Viessman, W., Knapp, J.W., Lewis, G.L. y Harbaugh, T.E.** 1977. Introduction to Hydrology, Second Edition. Harper & Row Pub., N.Y.
- Varas, E.** 1985. Hietogramas de Tormentas de Diseño, VII Congreso Nacional de Ingeniería Hidráulica, Soc. Chilena de Ingeniería Hidráulica, 7-9 Noviembre, Concepción.
- Walesh G. S.** 1989. Urban Surface Water Management. John Wiley & Sons Inc., New York.
- Whipple W., Randall W. C., Grigg S. N., Shubinski P. R., Grizzard Th. y Tucker L. S.** 1990. Stormwater Management in Urbanizing Areas. Prentice Hall Inc., New Jersey.

c. Hidráulica y diseño de obras.

- Chow, V.T.** 1959. Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill Civil Engineering Series. International Student Edition, Tokyo.
- Domínguez F.J.,** 1959. Hidráulica. Ediciones Universitarias S.A. Tercera Edición. Santiago, Chile.
- Harry H. B., Jr.** 1967. Roughness Characteristics of Natural Channels. Geological Survey Water-Supply Paper 1849. Washington.
- Henderson, F.M.** 1966. Open Channel Flow. Macmillian Series in Civil Engineering. London.
- IAHR.** 1993. Sixth International Conference on Urban Storm Drainage. ICUSD. Volume II. Canadá.
- Japan Society of Civil Engineers.** 1993. Research and Practice of Hydraulic Engineering in Japan, SI-4 River Engineering. Journal Of Hydrosience and Hydraulic Engineering, Special Issues. Committee on Hydraulics. Japón.
- Peterka, A. J.** 1978. Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators. A Water Resources Technical Publication. Washington.
- Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica.** 1990. Los Modelos Físicos en Ingeniería Hidráulica. Primeras Jornadas de Hidráulica Profesor Francisco Javier Domínguez. Universidad de Chile, Depto. de Ingeniería Civil, Centro de Recursos Hidráulicos. Santiago. Chile.
- United States Bureau Of Reclamation,** 1976. Linings For Irrigation Canals. Including a Progress Report on the Lower Cost Canal Lining Program. Department of the Interior. United States Government Printing Office. Washington.
- United States Bureau of Reclamation,** 1967. Diseño de Presas Pequeñas. Compañía Editorial Continental S.A. , Mexico.
- United States Bureau of Reclamation.** 1967. Canals and Related Structures. Office of Chief Engineer. Department of the Interior. Denver , Colorado.
- United States Bureau of Reclamation.** 1978. Design of Small Canal Structures. A Water Resources Technical Publication. Department of the Interior , Denver, Colorado.

d. Datos y antecedentes para el diseño.

- CORFO,** 1971. Pluviometría de Chile, Volúmenes I, II y III. Depto. Recursos Hidráulicos, Santiago, Chile.
- Dirección de Riego.** 1978. Manual de Diseño de Obras Tipo para la Conducción y Distribución de Agua para Riego. Caudales Menores de $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Documento de Trabajo N 8. En revisión. Ministerio de Obras Públicas, República de Chile, Santiago.

- Dirección de Riego.** 1978. Manual de Diseño de Obras Tipo para la Conducción y Distribución de Agua para Riego. Caudales Mayores de $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Documento de Trabajo N 9, En revisión. Ministerio de Obras Públicas, República de Chile, Santiago.
- Dirección de Vialidad.** 1980. Manual de Carreteras. Volumen 2. Procedimientos de Estudio. Ministerio de Obras Públicas, República de Chile, Santiago.
- Dirección de Vialidad.** 1980. Manual de Carreteras. Volumen 3. Instrucciones de Diseño. Ministerio de Obras Públicas, República de Chile, Santiago.
- Dirección de Vialidad.** 1975. Manual de Carreteras. Volumen 4. Planos de Obras Tipo. Ministerio de Obras Públicas, República de Chile, Santiago.
- Dirección General de Aguas,** 1989. Catastro de estaciones hidrometeorológicas. Ministerio de Obras Públicas, República de Chile, Santiago.
- Dirección General de Aguas,** 1986. Balance Hídrico de Chile. Ministerio de Obras Públicas, República de Chile, Santiago.
- Dirección General de Aguas,** 1989. Balance Hidrogeológico de Chile. Ministerio de Obras Públicas, República de Chile, Santiago.
- Dirección General de Aguas,** 1992. Precipitaciones Máximas en 1, 2 y 3 días. Ministerio de Obras Públicas, República de Chile, Santiago.
- Dirección General de Aguas,** 1996. Manual de cálculo de crecidas y caudales mínimos. Ministerio de Obras Públicas, República de Chile, Santiago.
- División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional.** 1994. Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación (versión 1994). Ministerio de Vivienda y Urbanismo, N° 291, Julio. Santiago.
- División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional.** 1984. Manual de Vialidad Urbana Volumen 3 Recomendaciones para el Diseño de Elementos de Infraestructura Vial Urbana. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, N° 197, 2da. Edición, Santiago.
- Editorial Jurídica de Chile.** 1985. Normativa General de Instalaciones Sanitarias y Pavimentación.
- EMOS S.A.** 1990. Especificaciones Técnicas para el Diseño y Construcción de Redes de Alcantarillado y Obras Anexas. Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias.
- EMOS S.A.** 1988. Plan Maestro de Aguas lluvias para Santiago. Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias.
- Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón.** 1991. Pavimento de Adoquines. Manual de Diseño y Construcción. Publicaciones del I.Ch. C. Y H., Serie Manuales. Santiago, Chile.
- Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón.** 1991. Pavimentos Urbanos de Hormigón. Diseño y Construcción. Manual de Diseño y Construcción. Publicaciones del I.Ch. C. y H., Serie Manuales. Santiago, Chile.
- Ministerio de Obras Públicas, España.** 1990. Mezclas Bituminosas Porosas. En Revista Técnica del Asfalto. Enero, junio 1990, pág. 24-37. Instituto Chileno del Asfalto. Santiago, Chile.
- Niemeyer, H. y P. Cereceda,** 1984. Hidrografía, Tomo VIII, Colección Geografía de Chile, Instituto Geográfico Militar.
- Portland Cement Association,** 1994. Subgrades and Subsurfaces for Concrete Pavements. En Concrete Paving Technology, pág. 1-22, Illinois, USA.
- Schroeder, E.** 1973. Relaciones Intensidad, Duración Frecuencia para las Lluvias de Santiago en Quinta Normal. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Toledo, X. y E. Zapater,** 1987. Geografía General y Regional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.
- Wright, M.** editor. 1979. Guía Práctica Ilustrada para El Jardín. Tomo 1. Editorial Blume, Barcelona, España.

Wright, M. editor. 1979. Guía Práctica Ilustrada para El Jardín. Tomo 2. Editorial Blume, Barcelona, España.

e. Modelos computacionales.

- Alley, W.M.** 1986. Summary of experience with the distributed routing rainfall-runoff model (DR3M). Urban drainage modeling : Proc. of International Symposium on Comparison of Urban Drainage Models with Real Catchment Data, Dubrovnik, Yugoslavia, C. Maksimovic and M. Radojkovic, eds., Pergamon Press, New York.
- Alley, W.M. and Smith, P.E.** 1982a. Distributed routing rainfall-runoff-model - Versión II. USGS Open File Report 82-344. Gulf Coast Hydroscience Center, NSTL Station, MS.
- Alley, W.M. and Smith, P.E.** 1982b. Multi-event urban runoff quality model. USGS Open File Report 82-764. Reston, VA.
- Aron, G.** 1987. Penn State runoff model for IBM-PC. Pennsylvania State University, University Park, USA.
- Crawford, N.H. and Linsley, R.K.** 1966. Digital simulation in hydrology; Stanford watershed model IV. Technical Report N°39, Civil Engineering Dept., Stanford University, Palo Alto, CA.
- Drawdy, D.R., Lichty, R.W. and Bergmann, J.M.** 1972. A rainfall-runoff-simulation model for estimation of flood peaks for small drainage basins. USGS Profesional Paper 506-, Washington, D.C.
- Donigan, A.S. Jr. and Crawford, N.H.** 1976. Modeling nonpoint pollution from the land surface. EPA-600/3-76-083, Environmental Protection Agency, Athens, GA.
- Donigan, A.S. Jr. and Davis, H.H.** 1978. User's manual for agricultural runoff management (ARM) model. EPA-600/3-78-080, Environmental Protection Agency, Athens, GA.
- Huber, W.C., Cunningham, B.A. and Cavender, K.A.** 1986. Use of continuous SWMM for selection of historic rainfall design events in Tallahassee. Proc. of the Stormwater and water quality model users group meeting, EPA/600/9-86/023(NTIS PB87-117438/AAAS), Environmental Protection Agency, Athens, GA, 295-321.
- Huber, W.C. and Dickinson, R.E.** 1988. Storm water management model user's manual version 4. EPA/600/3-88/001a (NTIS PB88-236641/AS), Environmental Protection Agency, Athens, G.A.
- Hydrologic Engineering Center.** 1977. Storage, treatment, overflow, runoff model, STORM, user's manual. Generalized Computer Program 723-S8-L7520, Corps of Engineers, Davis, CA.
- Kibler, D.F. and Aron, G.** 1980. Observations on kinemtic response in urban runoff models. Water Resources Bulletin, VI. 16(3), 444-452.
- Kibler, D.D., Froelich, D.C. nd Aron G.** 1981. Analyzing urbanization impacts on Pennsylvania flood peaks. Water Resources Bulletin, 17(3), 270-274.
- McCuen, R.H.** 1982. A guide to hydrologic analysis usign SCS methods. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J.
- Metcalf and Eddy, Inc., University of Florida and Water Resources Engineers, Inc.** 1971. Storm water management model, volume I - Final report. EPA Report 11024DOC07/71 (NTIS PB-203289), Environmental Protection Agency, Washington, D.C.
- Noel, D.C. and Terstriep, M.L.** 1982. W-ILLUDAS - A continuous urban runoff/washoff model. Proc. Intl. Symp. on Urban Hydrology, Hydraulic, & Sediment control, Lexington, KY, University of Kentucky, Lexington, KY.
- Roesner, L.A. et al** 1974. A model for evaluating Runoff-quality in metropolitan master planning. ASCE Urban Water Resources Research Program, Technical Memo, N°23 (NTIS PB234312), ASCE, New York, N.Y.
- Roesner, L.A. Aldrich, J.A., and Dickinson, R.E.** 1988. Storm water management model user's manual, version 4. EXTRAN addendum. EPA-600/3-88/001b (NTIS PB88-236658/AS), U.S. Environmental Protection Agency, Athens, G.A.
- Stall, J.B. and Terstriep, M.L.** 1972. Storm sewer design - An evaluation of the RRL method. EPA-R2-72-068m Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

- Veissman, W., Jr. et al.** 1989. Introduction to hydrology. 3rd edition, Harper and Row, New York, NY.
Watkins, L.H. 1962. The design of urban sewer systems. Road Research Technical Paper N°55, Dept. of Scientific and Industrial Research, Her Majesty's Stationery Office, London, England.
-

f. Normas del Instituto Chileno de Normalización. En general los proyectos y los procedimientos de construcción deben cumplir con las normas oficiales que rigen sobre la materia. Existen una gran cantidad de ellas que son de interés para las obras alternativas de drenaje urbano de aguas lluvias. A continuación se mencionan un grupo selecto de ellas, cuya enumeración no pretende ser exhaustiva., pero puede servir de guía para la selección de normas a consultar en el proyecto o para incluirlas en Especificaciones Técnicas Especiales.

Normas básicas.

- NCh 9.Of 70 Física. Sistema Internacional de Unidades (SI). Definiciones y Símbolos
NCh 25.Of 71 Física. Parámetros Adimensionales.
NCh 711.Of 71 Arquitectura y Construcción. Designación gráfica de elementos para instalaciones sanitarias.
NCh 1079.Of 77 Arquitectura y Construcción. Zonificación climática habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico.

Calidad del agua.

- NCh 246.Of 64 Agua para análisis.
NCh 133.Of 76 mod 1987. Requisitos de calidad del agua para diferentes usos.
NCh 1367.Of 79 Agua Potable. Plantas de Tratamiento. Desarenadores y Sedimentadores simples (sin coagulación previa).

Seguridad.

- NCh 347.Of 55 Prescripción de seguridad en la demolición.
NCh. 349.Of 55 Prescripción de seguridad en excavaciones.
NCh 19.Of 79 Prevención de Riesgos. Identificación de Sistemas de

Hormigón armado.

- NCh 204.Of 77 Acero. Barras laminadas en caliente para hormigón armado.
NCh 211.Of 70 Barras con resaltes en obras de hormigón armado.
NCh 218. Of 77 Acero. Mallas de alta resistencia para hormigón armado. Especificaciones.
NCh 429. EOf 57 Hormigón Armado. Parte 1.
NCh 430. EOf 61 Hormigón Armado. Parte 2.

Cámaras, tuberías y piezas especiales.

- NCh 895.Of 83 Válvulas de compuerta para obras hidráulicas en fundición de hierro.
NCh 1623.Of 80 Cámaras de inspección prefabricadas para redes públicas de alcantarillado. Requisitos.
NCh 1676.Of 79 Cámaras de inspección prefabricadas para redes públicas de alcantarillado. Losas, ensayos de carga.
NCh 1632.Of 79 Tapas y anillos de fundición de hierro para cámaras de válvulas de agua potable ubicadas en calzadas.

Asbesto - cemento.

- NCh 190.Of 51 Tubos y accesorios de asbesto - cemento para líquidos o gases sin presión.
NCh 191.Of 80 Tubos de asbesto - cemento para conducción de fluidos a presión. Requisitos.
NCh 192.Of 82 Asbesto - cemento. Tubos. Ensayos.
NCh 193.Of 51 Tubos de asbesto-cemento para líquidos o gases a baja presión.
NCh 404.Of 84 Accesorios de fundición gris para tuberías de asbesto-cemento.
NCh 725.Of 74 Alcantarillado. Tubos de asbesto-cemento. Especificaciones.

NCh 1360.Of 84	Tubería de acero, fierro fundido y asbesto-cemento para conducción de agua potable. Pruebas en obras.
NCh 165/1.Of 81	Anillos de caucho vulcanizado para tuberías. Parte 1. Tuberías de asbesto-cemento.
NCh 1911.Of 84	Asbesto-cemento. Tubos. Guía de instalación.
NCh 402.Of 83	Tuberías y accesorios de fundición gris para canalizaciones sometidas a presión.
NCh 403.Of 58	Cañería de fierro fundido para alcantarillado.
NCh 404.Of 84	Accesorios de fundición gris para tuberías de asbesto-cemento.
NCh 895.Of 83	Válvulas de compuerta para obras hidráulicas en fundición de hierro.
NCh 184.Of 80	Tubos de hormigón simple para alcantarillado. Requisitos generales.
NCh 185.Of 81	Tubos de hormigón simple para alcantarillado. Ensayos.
Áridos.	
NCh 163.Of 79	Áridos para morteros y hormigones. Requisitos generales.
NCh 164.EOf 76	Áridos para morteros y hormigones. Extracción y preparación de muestras.
NCh 165.Of 77	Áridos para morteros y hormigones. Tamizado y determinación de la granulometría.
NCh 1116.EOf 77	Áridos para morteros y hormigones. Determinación de la densidad aparente.
NCh 1223.Of 77	Áridos para morteros y hormigones. Determinación del material fino menor a 0,080 mm.
NCh 1326.Of 77	Áridos para morteros y hormigones. Determinación de huecos.
NCh 1327.Of 77	Áridos para morteros y hormigones. Determinación de partículas desmenuzables.
NCh 1328.Of 77	Áridos para morteros y hormigones. Determinación de la desintegración. Método de los sulfatos.
NCh 1369.Of 78	Áridos. Determinación del desgaste de las gravas. Método de la Máquina de Los Ángeles.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1.1.1:	Precipitación anual en algunas ciudades	36
Tabla 3.1.1.2:	Evaporación potencial anual en algunas ciudades. (B.H.Ch., D.G.A. 1987).....	40
Tabla 3.1.1.3:	Adherencia de contaminantes a la MES en %	42
Tabla 3.1.1.4:	Concentración y origen de metales pesados.....	43
Tabla 3.1.1.5:	Concentración de otros contaminantes	43
Tabla 3.1.2.1:	Curvas IDF para Santiago, San Fernando, Concepción y Temuco.....	50
Tabla 3.1.2.2:	Precipitaciones Máximas para 10 años de periodo de retorno.....	52
Tabla 3.1.2.3:	Coefficientes de duración (Varas y Sánchez)	54
Tabla 3.1.2.4:	Coefficientes de frecuencia para lluvias de igual duración.....	55
Tabla 3.1.2.5:	Coefficiente de duración para lluvias de menos de 1 hora.....	58
Tabla 3.1.2.6:	Expresiones para calcular el tiempo de concentración	64
Tabla 3.1.2.7:	Coefficientes de escorrentía	66
Tabla 3.1.2.8:	Valores de Curvas Número para Áreas Urbanas.....	69
Tabla 3.2.2.1:	Valores de permeabilidad según la descripción del material.....	85
Tabla 3.2.2.2:	Valores estimados de porosidades totales y efectivas.....	88
Tabla 3.2.2.3:	Características de los Materiales que se grafican en las curvas granulométricas de la Figura 3.2.2.10	95
Tabla 4.1.1:	Pendientes máximas de terreno para diferentes tipos de cubierta.....	112
Tabla 4.2.1:	Alternativas de disposición de aguas lluvias mediante infiltración.	119
Tabla 4.2.1.1:	Puntajes para la factibilidad de estanques de infiltración	128
Tabla 4.2.4.1:	Espesores mínimos recomendados para el total del pavimento (Debo y Reese, 1995).....	218
Tabla 4.2.4.2:	Proporciones de agregados utilizados en Meryland EE.UU	220
Tabla 4.2.4.3:	Agregados según diferentes autores.....	220
Tabla 4.2.4.4:	Recomendaciones de agregados empleados en diferentes países	221
Tabla 4.2.4.5:	Composición de subbases no tratadas recomendadas por la Portland Cement Asociación de EE.UU.....	222
Tabla 4.2.4.6:	Composición de subbases tratadas recomendadas por la Portland Cement Asociación de EE.UU.	222
Tabla 4.2.5.1:	Factor de daño según la carga y ejes.....	252
Tabla 4.2.5.2:	Curva de tránsito y ejes estándar equivalentes.....	253
Tabla 4.4.3.1:	Velocidades máximas (y Números de Froude) recomendadas	427
Tabla 4.4.3.2:	Coefficientes de rugosidad para canales de pasto	427
Tabla 4.4.5.1:	Velocidad de sedimentación de partículas de arena.....	483
Tabla 4.4.5.2:	Parámetros a y n en función del Número de Reynolds	484
Tabla 4.4.5.3:	Estimación de la cantidad de sedimentos retenidos en el sedimentador	490

Tabla 4.5.1.1:	Incompatibilidades de las obras con condiciones del lugar	505
Tabla 4.5.1.2:	Incompatibilidades de las obras con características de la urbanización	507
Tabla 4.5.1.3:	Potencialidades de las obras para otros usos.....	508
Tabla 4.5.1.4:	Influencia de la ubicación regional.....	509
Tabla 4.5.3.1:	Riesgo de falla en función del periodo de retorno (años) y la vida útil de la obra (años).....	519
Tabla 4.5.3.2:	Número esperado de fallas en función del periodo de retorno de diseño (años) y la vida útil de la obra (años).....	520
Tabla 4.5.3.3:	Valores mínimos recomendados del periodo de retorno de lluvias de diseño para obras alternativas.....	521
Tabla 5.1.1.1:	Especies recomendadas de gramíneas para césped.....	553
Tabla 6.1.1:	Frecuencia de las inspecciones, por año, según el tipo de obra y ubicación	574
Tabla 6.2.1:	Frecuencia básica de riego y corte de pasto, veces por mes	578
Tabla 6.2.2:	Labores de extracción de sedimentos según el tipo de obra	579

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.4.1:	Efecto sobre los hidrogramas de la tormenta de cada uno de los enfoques conceptuales para la disposición local.....	24
Figura 3.1.1.1:	Zonas climáticas en Chile continental	33
Figura 3.1.1.2:	Precipitación en Chile, isoyetas medias anuales.....	35
Figura 3.1.1.3:	Detalle de la distribución de precipitación media anual según el Balance Hídrico de Chile, (D.G.A. 1987).....	35
Figura 3.1.1.4:	Comparación gráfica de la precipitación media mensual en algunas ciudades.....	38
Figura 3.1.1.5:	Detalle de las isolíneas de evaporación según el Balance Hídrico de Chile (D.G.A. 1987).....	39
Figura 3.1.2.1:	Hietograma.....	46
Figura 3.1.2.2:	Curvas IDF para Santiago en Qta. Normal (E. Schroder).....	50
Figura 3.1.2.3:	Ejemplo de un sector del mapa con curvas de precipitación máxima diaria para 10 años de período de retorno, (D.G.A. 1993).....	51
Figura 3.2.1.1:	El agua subterránea en el ciclo hidrológico	72
Figura 3.2.1.2:	Acuífero libre	74
Figura 3.2.1.3:	Acuífero confinado.....	74
Figura 3.2.1.4:	Acuífero colgado.....	75
Figura 3.2.1.5:	Estratos presentes en la sección de un acuífero libre.....	76
Figura 3.2.2.1:	Esquema de infiltración.....	78
Figura 3.2.2.2:	Intercambio de agua en un suelo cubierto de vegetación.....	79
Figura 3.2.2.3:	Recarga y descarga de agua subterránea.....	81
Figura 3.2.2.4:	Representación del experimento de Darcy.....	84
Figura 3.2.2.5:	Ejemplo de curvas de succión para suelos de diferente textura.....	86
Figura 3.2.2.6:	Ejemplos que muestran formas típicas de curvas de conductividad hidráulica para diferentes materiales.....	87
Figura 3.2.2.7:	Infiltrómetro de cilindros concéntricos y curvas de infiltración, f , e infiltración acumulada, F , en el tiempo.....	89
Figura 3.2.2.8:	Infiltrómetro de cilindro excavado.....	91
Figura 3.2.2.9:	Clasificación de los materiales granulares por el tamaño del grano	94
Figura 3.2.2.10:	Ejemplo de curvas granulométricas de 5 materiales de	95
Figura 4.1.1:	Comparación entre un enfoque tradicional y uno que promueve la desconexión de áreas impermeables	108
Figura 4.1.2:	Efecto de la desconexión de áreas impermeables en la reducción del área impermeable equivalente.....	112
Figura 4.1.3:	Perfil transversal en pasajes	114
Figura 4.1.4:	Perfil transversal en veredas.	114
Figura 4.1.5:	Perfil en calles con bandejones	115

Figura 4.2.1.1:	Uso de estanques de infiltración en una urbanización.....	122
Figura 4.2.1.2:	Disposición de los elementos de un estanque de infiltración.....	122
Figura 4.2.1.3:	Estanque de infiltración en antejardín.....	123
Figura 4.2.1.4:	Estanque de infiltración en estacionamiento.....	123
Figura 4.2.1.5:	Estanques de infiltración en zonas con pendiente usando solerillas en las curvas de nivel	123
Figura 4.2.1.6:	Elementos en el diseño de un estanque de infiltración.....	129
Figura 4.2.1.7:	Estimación del volumen de almacenamiento.....	132
Figura 4.2.1.8:	Divisiones interiores y taludes	134
Figura 4.2.1.9:	Estimación del volumen de almacenamiento.....	142
Figura 4.2.2.1:	Uso de zanjas de infiltración en una urbanización.....	148
Figura 4.2.2.2:	Disposición de elementos de una zanja de infiltración.....	148
Figura 4.2.2.3:	Zanja de infiltración completa.....	149
Figura 4.2.2.4:	Zanja de infiltración parcial.....	149
Figura 4.2.2.5:	Zanja de infiltración con alimentación superficial en un estacionamiento.....	150
Figura 4.2.2.6:	Zanja cubierta.....	150
Figura 4.2.2.7:	Elementos de una zanja.....	154
Figura 4.2.2.8:	Parámetros que definen la geometría de una zanja	157
Figura 4.2.2.9:	Estimación del volumen de almacenamiento.....	158
Figura 4.2.2.10:	Zanja en terreno con pendiente	159
Figura 4.2.2.11:	Tubería de reparto	160
Figura 4.2.2.12:	Zanja con drenes	161
Figura 4.2.2.13:	Pozo de observación.....	161
Figura 4.2.2.14:	Alternativa de cubierta	162
Figura 4.2.2.15:	Disposición de una cámara de entrada.....	162
Figura 4.2.2.16:	Estimación del volumen de almacenamiento de la zanja	170
Figura 4.2.3.1:	Uso de pozos de infiltración en una urbanización.....	180
Figura 4.2.3.2:	Esquema de los alimentos fluviales de un pozo de infiltración.....	180
Figura 4.2.3.3:	Pozos de infiltración (arriba) y de inyección (abajo).....	181
Figura 4.2.3.4a:	Pozo de infiltración simple alimentado desde la superficie.....	181
Figura 4.2.3.4b:	Pozo de infiltración con decantador y volumen parcial sin relleno....	182
Figura 4.2.3.4c:	Pozo de infiltración con decantador y rebase sobre el mismo pozo ...	182
Figura 4.2.3.5:	Elementos típicos de un pozo de infiltración.....	187
Figura 4.2.3.6:	Variables para estimar el caudal de infiltración de un pozo.....	190
Figura 4.2.3.7:	Ejemplos de cámaras de rebase	192
Figura 4.2.3.8.a:	Alternativas de cubiertas. Pavimento celular con capas filtrantes.....	193
Figura 4.2.3.8.b:	Alternativas de cubiertas. Losa con tapa bajo superficie impermeable 194	
Figura 4.2.3.8.c:	Alternativas de cubiertas. Piedras y rocas en jardín de plantas con capas filtrantes	194
Figura 4.2.3.9:	Elementos de un piezómetro.....	194

Figura 4.2.4.1:	Uso de pavimentos porosos en una urbanización.....	210
Figura 4.2.4.2:	Elementos de un pavimento poroso.....	210
Figura 4.2.4.3:	Disposición difusa local.....	211
Figura 4.2.4.4:	Disposición concentrada aparte.....	211
Figura 4.2.4.5:	Sección transversal de un pavimento poroso.....	217
Figura 4.2.4.7:	Disposición de drenes de evacuación.....	226
Figura 4.2.4.8:	Disposición de drenes de rebase.....	226
Figura 4.2.4.9:	Estimación del volumen de almacenamiento como la diferencia máxima entre los volúmenes acumulados de recarga e infiltración.....	238
Figura 4.2.5.1:	Disposición de pavimentos celulares.....	244
Figura 4.2.5.2:	Esquema de los elementos principales de un pavimento celular.....	244
Figura 4.2.5.3:	(Arriba) Disposición difusa local. (Abajo) Disposición concentrada aparte.....	245
Figura 4.2.5.4:	Ejemplos de disposiciones difusas de pavimentos celulares en estacionamientos.....	246
Figura 4.2.5.5:	Elementos de un pavimento celular.....	251
Figura 4.2.5.6:	Ejemplos de elementos prefabricados para pavimentos celulares.....	254
Figura 4.2.5.7:	Curvas de diseño para determinar el espesor de la subbase.....	255
Figura 4.2.5.8:	Tubería perforada para funcionar como dren.....	258
Figura 4.2.5.9:	Drenes en un pavimento filtrante.....	259
Figura 4.2.5.10:	Disposición de separadores en terrenos con pendiente.....	260
Figura 4.2.5.11:	Estimación gráfica del volumen de almacenamiento.....	269
Figura 4.3.1.1:	Uso de estanques de retención en una urbanización.....	278
Figura 4.3.1.2:	Esquema de los elementos principales de un estanque de regulación.....	278
Figura 4.3.1.3:	Ejemplo de estanque de retención como parque a lo largo de una calle, Fort Collins, E.E. U.U.....	279
Figura 4.3.1.4:	Estanque de retención de un sólo nivel en Fort Collins, Colorado, EE.UU.....	279
Figura 4.3.1.5:	Estanque de retención con un muro vertical en Fort Collins, E.U.U.....	279
Figura 4.3.1.6:	Estanque de retención en Liourat, Francia. Los gastos menores pasan por un ducto subterráneo (3) bajo la cancha.....	280
Figura 4.3.1.7:	Estanque de retención en Denver, EE.UU. con canchas y estacionamientos.....	280
Figura 4.3.1.8:	Estanque de retención en un parque de Chicago, EE.UU. usado como área de recreación.....	280
Figura 4.3.1.9:	Estanque de retención en Chemin de Cleres, Francia, construido en una hondonada cubierta de pasto.....	280
Figura 4.3.1.10:	Volúmenes de almacenamiento.....	285
Figura 4.3.1.11:	Disposición en planta de los elementos típicos de un estanque de retención.....	286

Figura 4.3.1.12:	Elementos en el perfil longitudinal del estanque.....	286
Figura 4.3.1.13:	Ejemplo de un estanque de un sólo nivel, con el canal para flujos menores diseñado por un costado, de manera de maximizar la superficie destinada a otros usos.....	287
Figura 4.3.1.14:	Ejemplo de un estanque de retención de dos niveles con el canal para flujos bajos por el centro y la zona inferior junto a la cámara de descarga.....	288
Figura 4.3.1.15:	Cámara de descarga simple.....	291
Figura 4.3.1.16:	Cámara con una placa de acero y orificio de descarga controlada.....	292
Figura 4.3.1.17:	Cámara con orificio lateral y vertedero superior.....	292
Figura 4.3.1.18:	Cámara de descarga simple.....	292
Figura 4.3.1.19:	Cámara de descarga con un orificio de vaciamiento total.....	293
Figura 4.3.1.20:	Cámara de descarga con múltiples orificios.....	293
Figura 4.3.1.21:	Cámara de descarga con tubo perforado para vaciamiento total.....	293
Figura 4.3.1.22:	Definición de variables para el diseño del ducto de salida del estanque.....	294
Figura 4.3.1.23:	Cámara de descarga con tubo perforado para el vaciamiento total.....	296
Figura 4.3.1.24:	Determinación del número de perforaciones en el tubo de vaciamiento total.....	297
Figura 4.3.1.25:	Gráfico para la determinación del área de las perforaciones por fila necesarias para vaciar el estanque en 12 horas.....	297
Figura 4.3.1.26:	Definición de variable para el diseño del vertedero de seguridad.....	299
Figura 4.3.1.27:	Volumen de almacenamiento principal del estanque en relación al hidrograma de la crecida que entra y la crecida evacuada hacia aguas abajo.....	301
Figura 4.3.1.28:	Canal de flujos bajos en el fondo de un estanque en Fort Collins, EE.UU.....	304
Figura 4.3.1.29:	Entrada a un estanque de retención en Fort Collins, EE.UU.....	304
Figura 4.3.1.30:	Reja de acero galvanizado sobre la cámara de descarga, Fort Collins, EE.UU.....	305
Figura 4.3.1.31:	Dimensiones y niveles de la cámara de descarga.....	316
Figura 4.3.1.32:	Hidrogramas de entrada y salida de una crecida de 10 años de periodo de retorno.....	322
Figura 4.3.2.1:	Uso de lagunas de retención en una urbanización.....	332
Figura 4.3.2.2:	Esquema de los elementos principales de una laguna de retención.....	332
Figura 4.3.2.3:	Laguna de retención en Fort Collins, EE.UU.....	333
Figura 4.3.2.4:	Laguna de retención aprovechando una hondonada, E.E.U.U.....	333
Figura 4.3.2.5:	Laguna de retención en un parque.....	333
Figura 4.3.2.6:	Laguna de retención con zona litoral y de inundación, con embarcaderos.....	334
Figura 4.3.2.7:	Laguna de retención con un borde de muros verticales y zona litoral y de inundación en un sólo lado.....	334

Figura 4.3.2.8:	Laguna de retención en forma de canal con paredes verticales.....	334
Figura 4.3.2.9:	Volúmenes de almacenamiento..	339
Figura 4.3.2.10:	Disposición en planta de los elementos típicos de una laguna de retención.....	340
Figura 4.3.2.11:	Elementos en el perfil longitudinal de la laguna..	340
Figura 4.3.2.12:	Perfil transversal de la zona litoral.	341
Figura 4.3.2.13:	Elementos de la cámara de descarga.....	344
Figura 4.3.2.14:	Cámara de descarga con orificio de vaciamiento.	345
Figura 4.3.2.15:	Cámara de descarga con vertedero.	345
Figura 4.3.2.16:	Cámara de descarga con tubo perforado.....	345
Figura 4.3.2.17:	Definición de variables para el diseño del ducto de salida de la laguna.....	346
Figura 4.3.2.18:	Cámara de descarga con tubo perforado para vaciamiento del volumen de regulación de crecidas menores.	348
Figura 4.3.2.19:	Determinación del número de perforaciones en el tubo de vaciamiento..	349
Figura 4.3.2.20:	Gráfico para la determinación del área de perforaciones por fila necesarias para vaciar el volumen de regulación de la laguna en 12 horas.	349
Figura 4.3.2.21:	Definición de variables para el diseño del vertedero de seguridad.. ..	351
Figura 4.3.2.22:	Volumen de almacenamiento principal d la laguna en relación al hidrograma de la crecida que entra y la crecida evacuada hacia aguas abajo.....	352
Figura 4.3.2.23:	Taludes laterales con zona litoral y muros de tierra.	356
Figura 4.3.2.24:	Taludes laterales en base a un muro vertical, sin zona litoral..	357
Figura 4.3.2.25:	Dimensiones y niveles de la cámara de descarga.....	369
Figura 4.3.2.26:	Hidrogramas de entrada y salida para una crecida de 10 años de periodo de retorno.....	375
Figura 4.4.1.1:	Elementos típicos de una franja filtrante.	388
Figura 4.4.1.2:	Ejemplos de franjas filtrantes	390
Figura 4.4.1.3:	Distribución de flujos con soleras discontinuas (arriba) y con zanja rellena (abajo).....	391
Figura 4.4.1.4:	Largo de la franja.	393
Figura 4.4.2.1:	Elementos de una zanja con vegetación	401
Figura 4.4.2.2:	Sección típica de zanja.....	404
Figura 4.4.2.3:	Gradas de control.	406
Figura 4.4.3.1:	Canal Natural	416
Figura 4.4.3.2:	Canal revestido de pasto	417
Figura 4.4.3.3:	Canal con vegetación en el fondo.....	417
Figura 4.4.3.4:	Canal revestido	418
Figura 4.4.3.5:	Revestimiento de enrocado.....	418
Figura 4.4.3.6:	Revestimiento de gaviones.	419

Figura 4.4.3.7:	Canal excavado en tierra.....	419
Figura 4.4.3.8:	Canal de pasto y protección de enrocados.....	420
Figura 4.4.3.9:	Canal de pasto con alcantarilla bajo calzada.....	420
Figura 4.4.3.10:	Canal con vegetación en el fondo.....	420
Figura 4.4.3.11:	Secciones típicas de canales revestidos con pasto.....	428
Figura 4.4.3.12:	Canal con solera de fondo.....	429
Figura 4.4.3.13:	Canal con cauce para flujos menores.....	430
Figura 4.4.3.14:	Sección típica de un canal con vegetación en el fondo.....	433
Figura 4.4.3.15:	Estimación de la rugosidad del canal con vegetación en función de la altura de agua normal.....	435
Figura 4.4.4.1:	Configuración general de una CVR.....	456
Figura 4.4.4.2:	Configuración general de una CIE.....	457
Figura 4.4.4.3:	Detalle del enrocado consolidado.....	457
Figura 4.4.4.4:	Caída Vertical con Cubeta Reforzada.....	459
Figura 4.4.4.5:	CVR. Corte AA.....	459
Figura 4.4.4.6:	CVR. Corte BB.....	459
Figura 4.4.4.7:	Parámetros que definen el funcionamiento hidráulico de la caída vertical.....	461
Figura 4.4.4.8:	Caída inclinada con enrocados.....	471
Figura 4.4.4.9:	Perfil longitudinal de una CIE.....	471
Figura 4.4.4.10:	Sección de la cubeta de una CIE.....	472
Figura 4.4.5.1:	Esquema de los elementos de un sedimentador convencional.....	482
Figura 4.4.5.2:	Formas de entrada a un sedimentador.....	487
Figura 4.5.3.1:	Selección del periodo de retorno óptimo desde el punto de vista económico.....	522

ÍNDICE DE LÁMINAS

Lámina 1	Ejemplo de Estanque de Infiltración. Plano 1/1	145
Lámina 2	Ejemplo de Zanja de Infiltración. Plano 1/2.	175
Lámina 3	Ejemplo de Zanja de Infiltración. Plano 2/2.	177
Lámina 4	Ejemplo de Pozo de Infiltración. Plano 1/2	205
Lámina 5	Ejemplo de Pozo de Infiltración. Plano 2/2.	207
Lámina 6	Ejemplo de Pavimento Poroso. Plano 1/1	241
Lámina 7	Ejemplo de Pavimento Celular. Plano 1/1	273
Lámina 8	Ejemplo de Estanque de Retención. Plano 1/3.....	325
Lámina 9	Ejemplo de Estanque de Retención. Plano 2/3.....	327
Lámina 10	Ejemplo de Estanque de Retención. Plano 3/3.....	329
Lámina 11	Ejemplo de Laguna de Retención. Plano 1/3.	379
Lámina 12	Ejemplo de Laguna de Retención. Plano 2/3.	381
Lámina 13	Ejemplo de Laguna de Retención. Plano 3/3.	383
Lámina 14	Ejemplo de Franja Filtrante. Plano 1/1	399
Lámina 15	Ejemplo de Zanja con Vegetación. Plano 1/1	413
Lámina 16	Ejemplo de Canal Revestido con Pasto. Plano 1/1	445
Lámina 17	Ejemplo de Canal con Vegetación en el Fondo. Plano 1/1	453
Lámina 18	Ejemplo de Caída Vertical con Enrocados. Plano 1/1	469
Lámina 19	Ejemplo de Caída Inclinada con Enrocados. Plano 1/1.	479
Lámina 20	Ejemplo de Sedimentador. Plano 1/1	493
Lámina 21	Ejemplo de Cámara de Inspección Tipo A. Plano 1/1	499
Lámina 22	Ejemplo de Cámara de Inspección Tipo B. Plano 1/1	501