

MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

PROYECTOS EJECUTIVOS

14



MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

PROYECTOS EJECUTIVOS

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

Proyectos Ejecutivos

ISBN: 978-607-626-003-6

D.R. © Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209 Col. Jardines en la Montaña

C.P. 14210, Tlalpan, México, D.F.

Comisión Nacional del Agua

Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo

C.P. 04340, Coyoacán, México, D.F.

Tel. (55) 5174•4000

Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento

Impreso y hecho en México

Distribución gratuita. Prohibida su venta.

Queda prohibido su uso para fines distintos al desarrollo social.

Se autoriza la reproducción sin alteraciones del material contenido en esta obra,
sin fines de lucro y citando la fuente

CONTENIDO

Presentación	V
Objetivo general	VII
Introducción a la elaboración de proyectos ejecutivos	IX
1. Proyectos para la construcción de obras hidráulicas	1
1.1. Introducción	1
1.2. Etapas de un proyecto de construcción	1
1.2.1. Fases de un proyecto de construcción	1
1.2.2. Conformación general de un proyecto ejecutivo	3
2. Consideraciones para la planeación	9
2.1. Antecedentes	9
2.2. Marco físico	10
2.3. Alternativas de solución	11
2.4. Matriz de evaluación técnica	13
2.5. Análisis FODA	21
2.6. Reconocimientos de campo básicos	22
2.7. Obras Inducidas	24
2.8. Proyecto para obras inducidas	26
3. Estudios básicos	31
3.1. Datos básicos	31
3.1.1. Generales	31
3.1.2. Para proyectos de agua potable	32
3.1.3. Para proyectos de alcantarillado sanitario	33
3.1.4. Para proyectos de drenaje pluvial	33
3.1.5. Variables permisibles	34
3.1.6. Para proyectos de potabilización	34
3.1.7. Para proyectos de tratamiento de aguas residuales	34
3.2. Estudios en cuerpos de agua	34
3.2.1. Disponibilidad de agua	34
3.2.2. Aforos	36
3.2.3. Calidad del agua	36
3.2.4. Sitios de vertido	37
3.3. Topografía	37
3.4. Geotecnia	38
3.4.1. Estudios para la construcción de obras	38
3.4.2. Estudios de Banco de Materiales	39

3.5. Tenencia de la tierra	39
3.5.1. Tierras ejidales	39
3.5.2. Permisos de ocupación de derechos de vía	40
3.5.3. Delimitación de las Zonas Federales de los cauces y cuerpos de agua	45
3.5.4. Informe de Viabilidad Técnica del Trazo y Tenencia de la Tierra	46
3.5.5. Factibilidad de suministro de energía eléctrica	47
3.5.6. Impacto ambiental y evaluación costo-beneficio	47
4. Integración del proyecto ejecutivo	49
4.1. Memoria descriptiva	49
4.2. Memoria de cálculo	49
4.2.1. Estudios básicos	49
4.2.2. Criterios de cálculo y dimensionamiento	50
4.3. Planos de proyecto	52
4.3.1. Escalas	53
4.3.2. Elaboración e información de los planos	57
4.4. Recomendaciones constructivas	62
4.5. Manual de operación y mantenimiento	62
4.6. Catálogo de conceptos y precios unitarios	63
4.7. Especificaciones de construcción	64
4.8. Presupuesto base	66
4.9. Calendario de ejecución y programación de obra	67
4.10. Estudio de seguridad y salud	70
Conclusiones del libro	71
Anexos	
A. Símbolos	73
B. Glosario	79
Bibliografía	97
Tabla de conversiones de unidades de medida	99
Ilustraciones	109
Tablas	111

PRESENTACIÓN

Uno de los grandes desafíos hídricos que enfrentamos a nivel global es dotar de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento a la población, debido, por un lado, al crecimiento demográfico acelerado y por otro, a las dificultades técnicas, cada vez mayores, que conlleva hacerlo.

Contar con estos servicios en el hogar es un factor determinante en la calidad de vida y desarrollo integral de las familias. En México, la población beneficiada ha venido creciendo los últimos años; sin embargo, mientras más nos acercamos a la cobertura universal, la tarea se vuelve más compleja.

Por ello, para responder a las nuevas necesidades hídricas, la administración del Presidente de la República, Enrique Peña Nieto, está impulsando una transformación integral del sector, y como parte fundamental de esta estrategia, el fortalecimiento de los organismos operadores y prestadores de los servicios de agua potable, drenaje y saneamiento.

En este sentido, publicamos este manual: una guía técnica especializada, que contiene los más recientes avances tecnológicos en obras hidráulicas y normas de calidad, con el fin de desarrollar infraestructura más eficiente, segura y sustentable, así como formar recursos humanos más capacitados y preparados.

Estamos seguros de que será de gran apoyo para orientar el quehacer cotidiano de los técnicos, especialistas y tomadores de decisiones, proporcionándoles criterios para generar ciclos virtuosos de gestión, disminuir los costos de operación, impulsar el intercambio de volúmenes de agua de primer uso por tratada en los procesos que así lo permitan, y realizar en general, un mejor aprovechamiento de las aguas superficiales y subterráneas del país, considerando las necesidades de nueva infraestructura y el cuidado y mantenimiento de la existente.

El Gobierno de la República tiene el firme compromiso de sentar las bases de una cultura de la gestión integral del agua. Nuestros retos son grandes, pero más grande debe ser nuestra capacidad transformadora para contribuir desde el sector hídrico a Mover a México.

Director General de la Comisión Nacional del Agua



OBJETIVO GENERAL

El Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) está dirigido a quienes diseñan, construyen, operan y administran los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento del país; busca ser una referencia sobre los criterios, procedimientos, normas, índices, parámetros y casos de éxito que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), en su carácter de entidad normativa federal en materia de agua, considera recomendable utilizar, a efecto de homologarlos, para que el desarrollo, operación y administración de los sistemas se encaminen a elevar y mantener la eficiencia y la calidad de los servicios a la población.

Este trabajo favorece y orienta la toma de decisiones por parte de autoridades, profesionales, administradores y técnicos de los organismos operadores de agua de la República Mexicana y la labor de los centros de enseñanza.



INTRODUCCIÓN A LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS EJECUTIVOS

La concentración de la población en núcleos cada vez mayores trae consigo múltiples problemas, dentro de los cuales la CONAGUA considera como prioritarios el abastecimiento de agua potable y el desalojo de las aguas residuales.

En la elaboración de cualquier proyecto, es necesario tener especial cuidado en la definición de los datos básicos. Estimaciones exageradas provocan la construcción de sistemas sobredimensionados, mientras que estimaciones escasas dan como resultado sistemas deficientes o saturados en un corto tiempo, ambos casos representan inversiones inadecuadas que imposibilitan su recuperación, provocando la disminución del funcionamiento de los propios sistemas.

Tomando en consideración lo anterior, es importante mencionar que el ingeniero proyectista es el responsable de asegurar la recopilación de información confiable, de realizar análisis y conclusiones con criterio y experiencia para cada caso particular, y de aplicar los lineamientos que a continuación se presentan, con objeto de obtener datos básicos razonables para la elaboración de proyectos ejecutivos de agua potable.

Para apoyar estas tareas, el Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento (MAPAS) esta estructurado en cinco módulos, los cuales están organizados de acuerdo a funciones específicas dentro del organismo operador.

El Módulo uno, *Planeación*, incluye 3 libros que presentan metodologías y consideraciones especiales que deben ser tomados en cuenta al momento de proyectar una obra de infraestructura hidráulica. Específicamente, el libro *Metodologías de Evaluación Socioeconómica y Estructuración de Proyectos de Inversión (Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento, Mejoramiento de Eficiencia y Protección a Centros de Población)*, incluye los estudios de evaluación socioeconómica, impacto social y ambiental que deben realizarse como parte de los estudios iniciales para un proyecto ejecutivo; el libro *Establecimiento de medidas preventivas, de seguridad y diseño de obras de protección de la infraestructura de agua potable en situaciones de emergencia*, presenta recomendaciones y consideraciones que deben tomarse en cuenta en el diseño, para la prevención y protección de la infraestructura, ante la ocurrencia de desastres naturales.

El módulo dos, *Ingenierías básicas y tecnologías de apoyo*, incluye 3 libros que abordan las consideraciones iniciales, los estudios previos y complementarios que se requieren para el diseño de los distintos elementos que conforman las redes de distribución de agua potable, de drenaje pluvial, de alcantarillado sanitario y de los sistemas de potabilización y tratamiento de aguas residuales.

El módulo tres *Proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento* incluye 32 libros de diseño para los distintos elementos que intervienen en el proceso de producción y distribución de agua potable, así como de la captación, desalajo y tratamiento de aguas residuales. Específicamente, dentro de este módulo el MAPAS ofrece tres submódulos enfocados al diseño hidráulico, mecánico y eléctrico, de los distintos elementos que conforman la infraestructura hidráulica, más utilizada por los Organismos Operadores, estos son:

- Agua Potable: 11 Libros para el diseño hidráulico, mecánico y eléctrico de sistemas de captación, extracción, conducción, almacenamiento y distribución de agua potable
- Drenaje y Alcantarillado: 3 Libro para diseño hidráulico de redes de drenaje pluvial urbano y sistemas de alcantarillado sanitario
- Potabilización y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales: 1 Libro de análisis de sistemas de energía renovables aplicables al sector hídrico; 2 libros para diseño hidráulico de sistemas de desinfección y potabilización y 14 libros de diseño hidráulico, biológico y químico de sistemas de tratamiento de aguas residuales municipales

Por su parte el módulo cuatro, *Operación y mantenimiento* cuenta con 14 libros que presentan procedimientos y recomendaciones para la operación y mantenimiento de redes de agua potable, alcantarillado y sistemas de tratamiento y también está dividido en tres submódulos, los cuales son:

- Agua Potable: 5 Libros para la operación, mantenimiento y mejora de eficiencia de sistemas de captación, extracción, conducción, almacenamiento y distribución de agua potable
- Drenaje y Alcantarillado: 1 Libro para el mantenimiento de redes de drenaje pluvial urbano y sistemas de alcantarillado sanitario

- Potabilización y Sis- 1 Para la evaluación de plantas potabili-
temas de Tratamiento zadoras; 7 libros para el mantenimiento
de Aguas Residuales: y operación de sistemas de tratamiento
de aguas residuales municipales

El módulo cinco, cuenta con 3 libros y esta enfocado en los procedimientos administrativos y de eficiencia comercial dentro del organismo operador.

Estos libros se interrelacionan y se complementan entre sí, por lo que para una correcta interpretación de la información contenida en el MAPAS, se debe realizar un cruzamiento de la ingeniería, de forma integral, del contenido de los 55 libros.

Una vez realizado el diseño, es de vital importancia, para la correcta ejecución de la obra, generar los documentos necesarios que describan de forma clara y detallada, los trabajos a realizar; ya que comúnmente el encargado del diseño no es el mismo que se encarga de la construcción y en algunos casos, el lapso de tiempo entre el diseño y la ejecución de obra es de varios años.

En este libro se presenta la metodología de estructuración de un proyecto ejecutivo, las partes que lo conforman y los estudios necesarios para una correcta integración del mismo. Es importante destacar que el nivel de detalle de los elementos que integran al proyecto ejecutivo, dependen de la magnitud y complejidad del proyecto.



1

PROYECTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS HIDRÁULICAS

1.1. INTRODUCCIÓN

En el campo de la ingeniería, se define como proyecto, al conjunto de documentos mediante los cuales se describe el diseño de una construcción antes de ser realizada. Es el documento base sobre el que se desarrolla el trabajo de los arquitectos, ingenieros y proyectistas de distintas especialidades.

A lo largo de un proyecto, se desarrolla la distribución de usos y espacios; la utilización de materiales y tecnologías; la justificación técnica para el cumplimiento de las especificaciones requeridas; un plazo de ejecución y un presupuesto a emplear.

La elaboración de un proyecto completo y detallado es obligatorio y necesario antes de iniciar una construcción.

El proyecto debe ser un documento claro, detallado y conciso, con todas las especificaciones para la realización de la misma, la organización de medios, personas, materiales y métodos constructivos.

1.2. ETAPAS DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

La realización de cualquier proyecto de obra civil o construcción, nuevo o existente, se inicia cuando se considera que existe una necesidad por cubrir, sea con objeto de la mejora de los servicios existentes o la ampliación de la infraestructura para satisfacer nuevos usuarios.

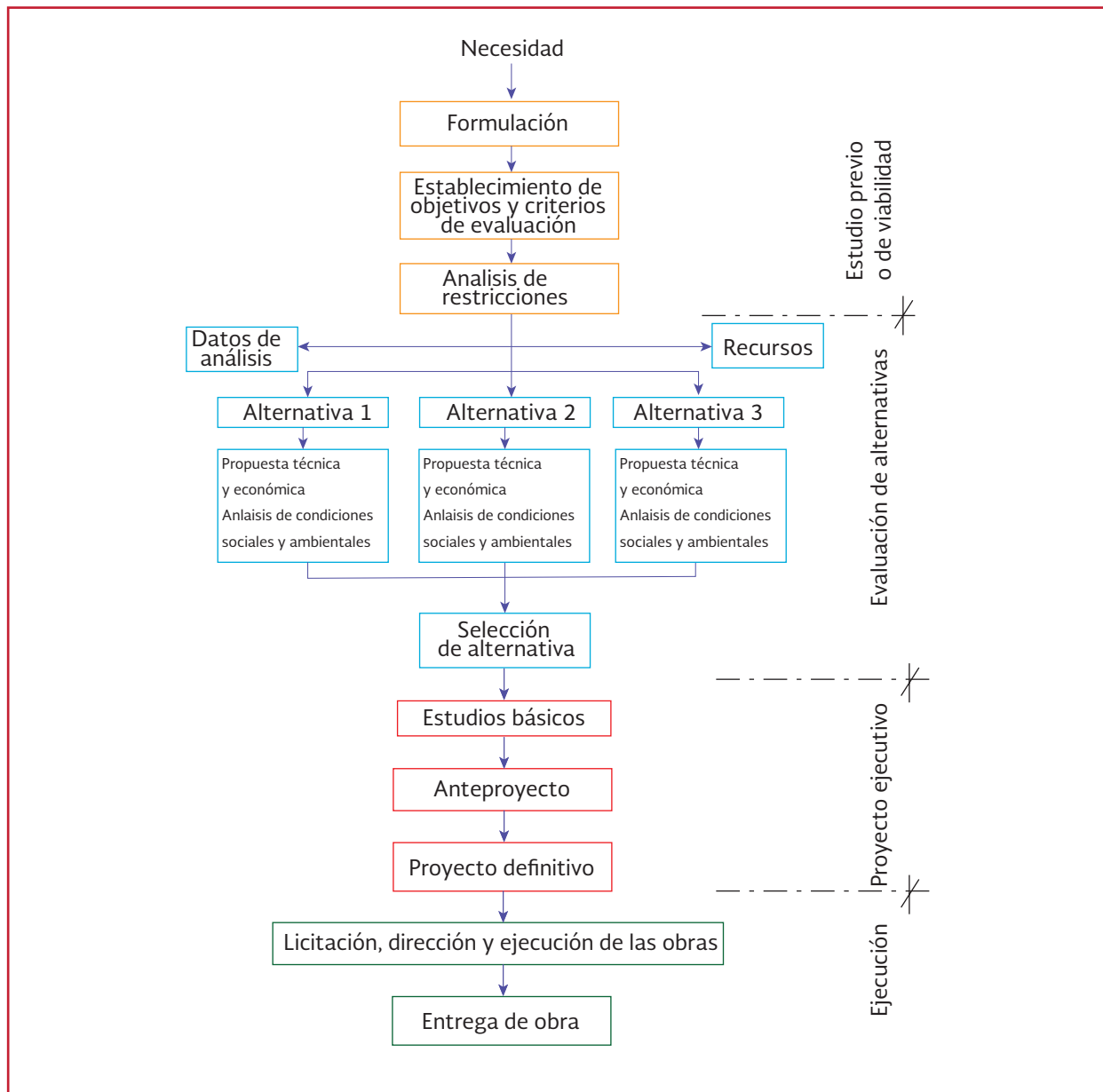
Después será necesario estudiar las diferentes alternativas, el costo económico asociado a cada una de ellas y las repercusiones medioambientales y sociales que la obra puede generar.

Finalmente, se tomará la decisión de realizar la alternativa más adecuada. Este proceso podrá durar meses, e incluso años.

1.2.1. FASES DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN

El desarrollo de cualquier proyecto de construcción de obras, tienen una común evolución temporal, definida por las siguientes fases (Ilustración 1.1):

Ilustración 1.1 Fases de un proyecto



1. Estudio previo o de viabilidad

- Comprobar que el proyecto sea prioritario
- Que sea técnica y económicamente viable
- Identificación de problemas y obstáculos
- Identificar a los beneficiarios
- Posibles fuentes de financiación
- Catastro de infraestructura existente

2. Evaluación de Alternativas

- A partir de la información recopilada y generada en estudio previo, se plantean alternativas para dar solución al problema que da origen al proyecto
- Cada alternativa puede constar de uno o más proyectos, cuya magnitud se establece de tal manera que la suma de contribución de cada proyecto iguale la demanda total esperada

- La alternativa seleccionada debe encaminarse a la utilización eficiente y eficaz de los recursos disponibles para brindar de forma adecuada el servicio para el cual fue concebido en función de:
 - Qué alternativas son factibles
 - Cuál es la alternativa óptima en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales
3. Proyecto ejecutivo (Ilustración 1.2)
- a) Estudio de datos básicos
 - Estudios preliminares de ingeniería
 - Formulación básica del proyecto y definición de los objetivos
 - Analizar los condicionantes del proyecto
 - b) Anteproyecto
 - Diseño de ingeniería a nivel anteproyecto (consiste en determinar las dimensiones básicas de los elementos principales)
 - Estimación aproximada del costo
 - Estudio de viabilidad económica
 - Estudio de la financiación
 - Propuesta de organización, administración y gestión
 - c) Proyecto definitivo
 - Contiene el diseño, representación de las soluciones técnicas del proyecto en forma de:
 - Planos de detalle
 - Especificaciones detalladas
 - Anexos técnicos justificativos
 - Programación temporal de la ejecución del proyecto
 - Presupuesto detallado

3. Ejecución

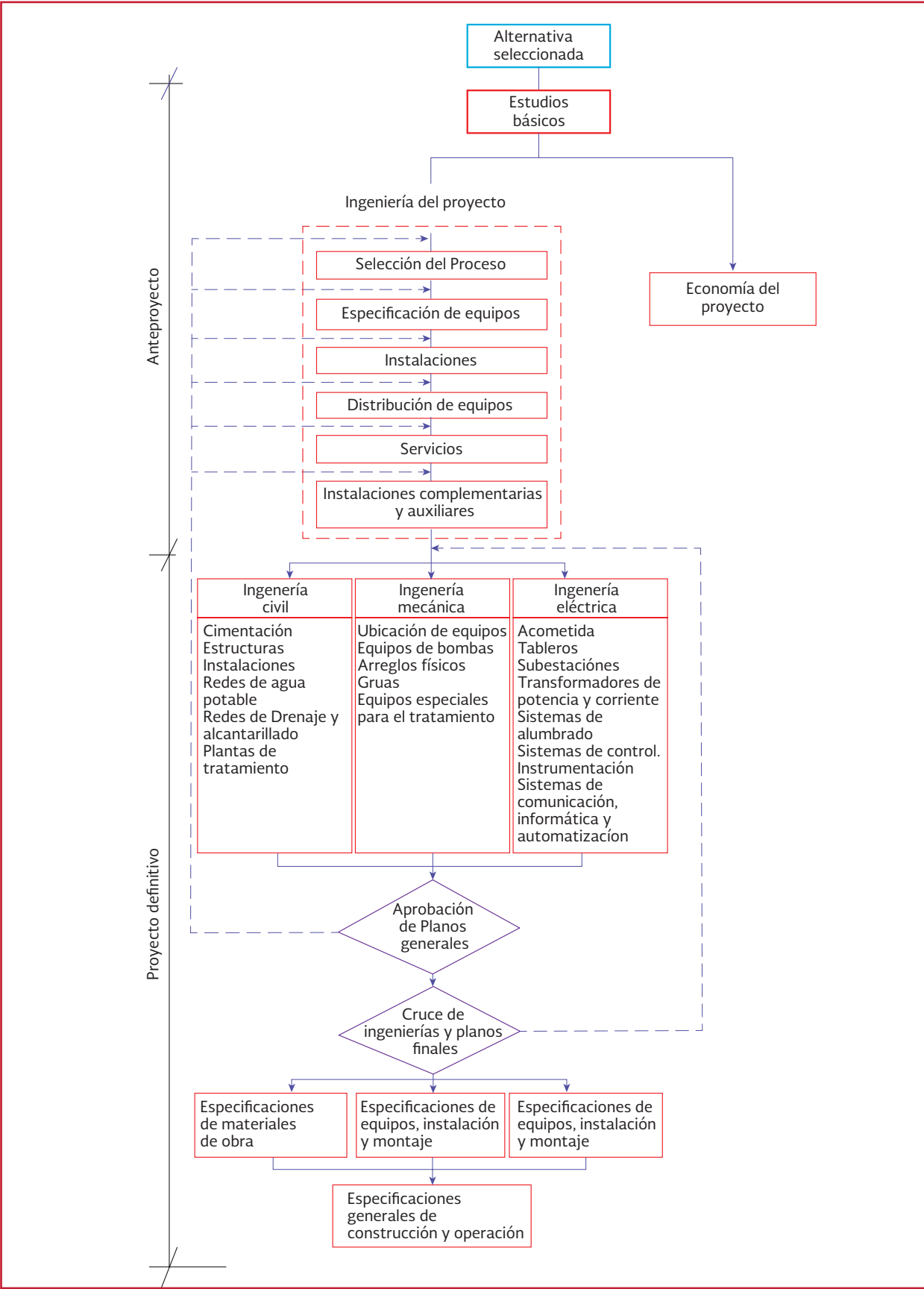
- a). Licitación, dirección y ejecución de las obras
 - Licitación o concurso, es la fase del proceso administrativo para determinar quién ejecuta la obra
 - Dirección y Ejecución obra, es la fase del seguimiento y control de las partidas o trabajos a ejecutar para realizar la obra
 - Pruebas y puesta en marcha de la obra
 - En los casos de las obras de tratamiento de agua, debe incluirse la estabilización de los procesos
- b) Entrega de obra
 - Entrega de la nueva infraestructura en total funcionamiento al respectivo usuario
 - Entrega de planos de obra terminada
 - En su caso, manuales de operación y mantenimiento

1.2.2. CONFORMACIÓN GENERAL DE UN PROYECTO EJECUTIVO

Es el conjunto de documentos que comprende: memoria descriptiva, especificaciones técnicas, planos de ejecución de obra, presupuesto, análisis de precios, estudio de mecánica de suelos, estudios geológicos, de impacto ambiental u otros complementarios.

El expediente técnico es el instrumento elaborado por el organismo operador o entidad que va a contratar una obra, para los fines de realizar una asignación o licitación.

Ilustración 1.2 Modelo de secuencia de desarrollo de un proyecto ejecutivo



En el expediente técnico se define el objeto, costo, plazo y demás condiciones de una obra en particular por ejecutar, por lo que su elaboración debe contar con el respaldo técnico necesario, verificando que corresponda a la naturaleza y condiciones especiales de la obra.

Los expedientes técnicos de los proyectos de forma general deben comprender lo siguiente:

Planeación

- a) Antecedentes
- b) Marco físico
- c) Alternativas de solución

Estudios básicos

- a) Datos básicos
- b) Estudio de fuentes (subterránea o superficial)
- c) Disponibilidad de agua
- d) Aforos
- e) Calidad del agua
- f) Topografía
- g) Geotécnica
- h) Tenencia de la tierra
- i) Estudio de vestigios históricos y antropológicos
- h) Impacto ambiental
- i) Evaluación costo-beneficio

Proyecto ejecutivo

- a) Memoria descriptiva
- b) Memoria de cálculo
- c) Planos de conjunto y de detalle
- d) Catálogo de conceptos

- e) Especificaciones de construcción
- f) Especificaciones técnicas
- g) Presupuesto base
- h) Manual de operación y mantenimiento
- i) Factibilidad de suministro de energía eléctrica
- i) Calendario de ejecución y programación de obra
- k) Estudio de seguridad y salud
- l) Permisos de ocupación de derechos de vía, zonas federales, cruzamientos con infraestructura, etcétera

Documentos para licitación

- a) Planos
- b) Catálogo y cantidades de obra
- c) Especificaciones generales y particulares
- d) Liberación de predios y derechos de paso
- f) Bases de licitación

Cada uno de estos puntos serán descritos con detalle en los siguientes capítulos.

Cada proyecto busca satisfacer una necesidad específica, por lo que, dependiendo del tipo y tamaño de la obra a realizar, los estudios y componentes necesarios para ejecutarla, de forma adecuada, no deben limitarse a las recomendaciones aquí plasmadas. Por otra parte existen cierto tipo de proyecto, que por su propia naturaleza no requerirá necesariamente que se realicen la totalidad de los puntos mencionados. Para tener una referencia de esto, la Tabla 1.1 muestra los componentes recomendados por tipo de obra a proyectar.

Tabla 1.1 Conformación general de un proyecto ejecutivo

Componente	Agua potable								Alcantarillado, drenaje y saneamiento			
	Captación	Conducción	Regulación	Distribución	Planta potabilizadora	Planta de bombeo	Redes	Colectores	Cárcamo de bombeo	PTAR		
Planeación												
Antecedentes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Marco físico	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Alternativas de solución	x	x			x	x		x	x	x	x	x
Estudios básicos												
Datos básicos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Disponibilidad de agua	x				x							
Estudio de fuentes	x											
Aforos	x				x							x
Calidad del agua	x				x							x
Topografía	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Geotécnica	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tenencia de la tierra	x	x	x		x	x		x	x	x	x	x
Estudio de vestigios históricos y antropológicos												
Impacto ambiental	x	x			x			x	x	x	x	x
Evaluación costo-beneficio												
Proyecto ejecutivo												
Memoria descriptiva y de cálculo	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Planos de proyecto	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Catálogo de conceptos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Especificaciones técnicas y constructivas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabla 1.1 Conformación general de un proyecto ejecutivo (continuación)

Componente	Agua potable								Alcantarillado, drenaje y saneamiento			
	Captación	Conducción	Regulación	Distribución	Planta potabilizadora	Planta de bombeo	Redes	Colectores	Cárcamo de bombeo	PTAR		
Presupuesto base	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Manual de operación y mantenimiento					x	x			x	x		
Factibilidad de suministro de energía eléctrica					x	x			x	x		
Calendario de ejecución y programación	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Estudio de seguridad y salud	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Permisos de ocupación	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Documentos para licitación												
Planos	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Catálogo y cantidades de obra	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Especificaciones generales y particulares	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Liberación de predios y derechos de paso	x	x	x		x			x	x	x		
Bases de licitación	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		



2

CONSIDERACIONES PARA LA PLANEACIÓN

Para poder realizar una adecuada planeación de la obra a construir se debe recopilar y analizar toda la información disponible del sitio de interés, así como también se deberá adjuntar la información obtenida en campo, que constituyan un aporte informativo y/o valorativo para la elaboración del proyecto. Todos los antecedentes e información reunidos deberán adjuntarse, conjuntamente con su relación y aplicación al proyecto.

2.1. ANTECEDENTES

Los antecedentes, investigaciones y estudios generales mínimos a recopilar incluyen aspectos desde el punto de vista urbano, social, físicos, de suelos, climáticos y de recursos hídricos, entre los que destacan:

- a) **Físicos:** datos generales de acuerdo al tipo de proyecto a realizar, sobre la topografía local, geomorfología e hidrogeología. Niveles freáticos, sentido del flujo subterráneo (en el área de proyecto) en distintas épocas del año, etcétera; posibilidad de inundación del área
- b) **Estudios de suelo del área:** se deben recopilar antecedentes de estudios de suelo efectuados en el área de proyecto, indicando: resistencia, agresividad, permeabilidad, compactibilidad. Diferenciar los suelos en puntos característicos de los trazos de la red, conducciones principales, estaciones de bombeo y plantas de tratamiento (agua o drenaje), lugares de instalación de estructuras, descarga al cuerpo receptor. Visualización de las distintas zonas en un mapa. Considerar aquellos casos como presencia de napa freática, estructuras profundas, revestimientos de lagunas de estabilización, etcétera
- c) **Levamientos topográficos:** planos existentes con levamientos topográficos del área urbanizada y sus alrededores; ubicación de puntos fijos; planos con curvas de nivel; etcétera
- d) **Urbanísticos:** área edificada actual, distribución espacial de la población (se deberá presentar un plano del lotificación de la localidad con la ubicación de las viviendas existentes); población total actual (de censos existentes); uso del suelo; zonificación territorial del municipio; tendencias de desarrollo y crecimiento poblacional; planes directores de expansión de la planta urbana; proyectos de vi-

vienda en trámite; población y área edificada actuales y su distribución en el área a desaguar; tenencia de la tierra; tendencia de crecimiento poblacional; datos sobre infraestructura de servicios (energía eléctrica, gas, teléfono), planos de áreas servidas. La información recabada será presentada, en caso que corresponda, sobre planos de la localidad

- e) **Climáticos:** temperaturas máximas, medias y mínimas, precipitación pluvial (medias anuales y mensuales), evapotranspiración, vientos (dirección y velocidad), etcétera
- f) **Abastecimiento de agua y disposición de aguas residuales:** se deberá realizar un levantamiento del catastro de la infraestructura existente para distribución de agua potable, alcantarillado sanitario, sistemas de tratamiento de aguas residuales y redes de drenaje pluvial. También se hará la recolección de información referente a la situación actual de los sectores correspondientes a abastecimiento de agua y disposición de drenajes sanitarios
- g) Otro tipo de estudios que sean necesarios para el desarrollo del proyecto, por ejemplo:
 - Tipo de viviendas
 - Industrias y comercios radicados y a radicarse en la zona
 - Ubicación de hospitales, estaciones de servicio, etcétera
 - Croquis indicando zonas pavimentadas, tipo de pavimento, estado, antigüedad
 - Información sobre los posibles lugares de implantación de estaciones de bombeo y de planta de tratamiento (de agua potable y aguas residuales)

- Uso y tenencia de la tierra; en caso de expropiación, comentar los procedimientos expropiatorios y los posibles conflictos
- Energía necesaria para el funcionamiento de las instalaciones electro-mecánicas
- Caracterización de las aguas residuales

2.2. MARCO FÍSICO

A fin de contar con una perspectiva general de la localidad en estudio, en sus diferentes aspectos y en especial de la problemática correspondiente a los sectores de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y saneamiento, se debe realizar un estudio que integre los aspectos históricos, sociales, institucionales, culturales, etcétera y aquellos relacionados con los problemas que determinan la necesidad de llevar a cabo el proyecto (problemas socio-ambientales, de salud, demográficos, de demanda, entre otros).

Se debe investigar si existen planes directores de expansión en diferentes rubros, los cuales deben complementarse con los planos de densidad de población, de calles pavimentadas, de servicios públicos existentes (tales como agua potable y red de alcantarillado sanitario, electricidad, gas y todos aquellos que fueron recopilados en el apartado anterior). En resumen, se describirá la comunidad, objeto del proyecto, desde el punto de vista urbano, social y de planeación. Se analizarán aspectos como los indicados a continuación:

- a) **Urbanización existente.** Distribución espacial de la población actual, planes directores de expansión urbanística, pavimentación, calles y aceras, datos sobre

infraestructura de servicios de la localidad (energía eléctrica, gas, teléfonos)

b. **Servicios existentes.** Estado actual de la prestación de servicios de agua potable y drenaje sanitario, señalando la cobertura y calidad del mismo y su estado

- Respecto al abastecimiento de agua potable, si hay sistema existente de provisión de agua potable por red de distribución, la descripción del sistema; eficiencia del tratamiento; calidad del agua suministrada; análisis; fuente; producción/extracción; radio servido; antigüedad y estado de las instalaciones; dotación de agua y tipo de datos utilizados para su cálculo o estimación; número de conexiones de agua; principales categorías de usuarios (domésticos, industriales, comerciales); diagnóstico cuantitativo de la situación operativa del servicio con respecto a volúmenes de agua producidos y consumidos, indicando pérdidas físicas y comerciales, niveles de macro y micro medición, supuestos utilizados en las estimaciones, etc. Si no hay sistema existente, o habiéndolo, para aquellos sectores que no poseen servicio por red, se describirá el sistema empleado (pozo domiciliario con o sin bombeo, compra de agua, acarreo, etcétera) y datos relacionados
- Respecto a la evacuación de excretas se realizará un diagnóstico técnico-operativo de la situación del servicio: se acompañará información respecto al radio servido; descripción del sistema y sus partes; eficiencia del tratamiento; capacidad de cada componente del sistema

(m³/día) y evolución prevista; cuerpo receptor (descripción, características, usos); número de conexiones a la red de alcantarillado, incluyendo atarjeas, colectores y subcolectores; antigüedad y estado de las instalaciones existentes; frecuencia y costo de vaciado de pozos; etc. Si no hay sistema existente, o habiéndolo existen sectores que no poseen servicio por red de alcantarillado, se describirán los sistemas empleados y los eventuales problemas que ocasionan

- c) Problemas existentes con la provisión de agua potable y disposición de excretas, permeabilidad del suelo
- d) Planes y proyectos del organismo del operador para la realización de proyectos tales como: el control de presiones, sectorización de redes, control de fugas y ampliación de los niveles de macro y micro medición

Esta información permitirá justificar las obras proyectadas, así como la definición del área de cobertura y la población actual y futura que se prevé beneficiar.

Para la elaboración de este capítulo se hará uso principalmente de los datos recabados en la etapa de Recopilación de Antecedentes.

2.3. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

La valoración o evaluación de alternativas es parte fundamental de la preparación del proyecto. Con el uso de información primaria o secundaria se toma una decisión respecto a las alternativas de solución:

- Qué alternativas son factibles
- Cuál es la alternativa óptima en términos técnicos, económicos, sociales y ambientales

Para seleccionar de forma adecuada una alternativa, además del estudio técnico, deben realizarse una serie de otros estudios, por ejemplo un estudio de mercado el cual definirá ciertas variables relativas a las características del servicio brindado, los ingresos proyectados a través del tiempo, la morosidad, el abastecimiento de materiales, equipos o sustancias necesarias para la operación y mantenimiento, entre otros. Esta información debe tomarse en cuenta al momento de la selección. Un estudio legal podrá señalar ciertas restricciones a la localización de la infraestructura o su funcionamiento, las descargas producidas, el ruido, el proceso constructivo y algunos otros aspectos que podrían condicionar una alternativa u otra. El estudio financiero, por otra parte, podrá ser determinante en la selección de la alternativa, si en él se definirá la imposibilidad de obtener recursos económicos suficientes para la construcción, operación y mantenimiento; en este caso el estudio deberá calcular la rentabilidad del proyecto. Este libro solo se enfoca en los aspectos técnicos del proyecto, para realizar la selección de la mejor alternativa integral se recomienda consultar el libro *Metodologías de Evaluación Socioeconómica y Estructuración de Proyectos de Inversión (Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento, Mejoramiento de Eficiencia y Protección a Centros de Población)*, del MAPAS.

Como base de comparación entre las alternativas que se plantean, comúnmente se toma el valor presente de la inversión y los costos de operación asociados a cada alternativa. Dependiendo del proyecto, es necesario determinar el costo nive-

lado de agua entregada/tratada, asociado a cada alternativa, en virtud de que todas ellas, en teoría, rendirán los mismos beneficios y por ello, la máxima relación beneficio/costo corresponde a la alternativa de menor costo total.

Sin embargo, para seleccionar la alternativa más adecuada, además del punto de vista económico, se deberán analizar las cuestiones ambientales, legales, políticas y sociales; también, deben tomarse en cuenta los aspectos constructivos y operativos, es decir, al momento de diseñar, se debe tener una visión más adelante, tratando de anticiparse a las situaciones y complicaciones que pudiesen presentarse al momento de la construcción y una vez que la infraestructura esté operando. Para poder tener la sensibilidad de estos aspectos se deben realizar los reconocimientos de campo, tal como se establece en el apartado 2.6.

A partir de la información recopilada y generada en los apartados anteriores, se plantean alternativas para dar solución al problema que da origen al proyecto, durante el tiempo de vida útil de la obra y considerando además la proyección de crecimiento poblacional.

Cada alternativa puede constar de uno o más proyectos, cuya magnitud se establece de tal manera que la suma de contribución de cada proyecto iguale la demanda total esperada.

La alternativa seleccionada debe encaminarse a la utilización eficiente y eficaz de los recursos disponibles para brindar de forma adecuada el servicio para el cual fue concebido.

De la selección de cualquier alternativa se derivarán las necesidades de materiales, equipos y el arreglo de conjunto, también se determinarán los requerimientos de personal para operar la

infraestructura, así como su movilidad, espacios de trabajo y obras inducidas.

Para seleccionar de forma correcta la alternativa más viable se debe realizar una Matriz de evaluación técnica, tal como se explica en el apartado 2.4.

2.4. MATRIZ DE EVALUACIÓN TÉCNICA

La Matriz de evaluación técnica (MET) es una herramienta que nos permite presentar en forma resumida y estructurada las distintas alternativas de proyecto para dar solución al mismo problema. La forma de presentar la información contribuye a asegurar una buena conceptualización y diseño del proyecto; además, es una excelente base para la planificación de la ejecución y el seguimiento y control de los proyecto.

Su principal contribución a la selección de la mejor alternativa, es comunicar información básica y esencial sobre el proyecto, estructurada de forma tal que permite entender con facilidad el objetivo y las propuestas de la infraestructura a realizar.

La MET se presenta de diversas formas, dependiendo del tipo de proyecto a realizar, pero de forma general debe considerar cuatro aspectos fundamentales para cada alternativa a evaluar: objetivos, indicadores, criterios de evaluación y los supuestos. Para el caso de proyectos de obra civil en el sector hídrico los indicadores, así como los criterios de evaluación, deben enfocarse a los procesos constructivos, la operación y el mantenimiento de los componentes que constituyen la infraestructura.

Generalmente las alternativas se colocan como encabezado y las características o atributos que se desean comparar en forma de columna que permite que la calificación asignada por cada componente se sumen al final de cada alternativa, ver la Tabla 2.1, de la cual se describen a continuación:

- **Atributo/característica.** La primera columna presenta, de forma general, los atributos o características a evaluar y comparar, donde: i corresponde a la i -ésima atributo o característica evaluada en j alternativas
- **Alternativas.** De la columna 2 a la 5 se presentan las alternativas a evaluar. Cuando se consideran análisis exclusivamente técnicos se deben evaluar las características, ventajas, desventajas, complicaciones y requerimientos especiales para cada componente de la alternativa y de acuerdo al análisis de estas condiciones. La calificación debe ser de 1 para la menos adecuada y el mayor “puntaje”, equivale al número j de opciones que se evalúen; así, no puede asignarse “cero” a alguna y evita que la diferencia de algún atributo pueda sesgar la decisión

Ejemplo

El fraccionamiento mostrado en la Ilustración 2.1, cuenta con un total de 38 viviendas, las cuales se encuentran a un nivel topográfico por debajo del nivel de la calle principal.

Estas 38 viviendas cuentan con servicio de agua potable, sin embargo no cuentan con red

Tabla 2.1 Arreglo general para un MET enfocado a proyectos de infraestructura hidráulica

Atributos/característica	Alternativa 1	Alternativa 2	...	Alternativa j
Atributo/característica 1	Calificación de 1 a j	Calificación de 1 a j	...	Calificación de 1 a j
Atributo/característica 2	Calificación de 1 a j	Calificación de 1 a j	...	Calificación de 1 a j
Atributo/característica 3	Calificación de 1 a j	Calificación de 1 a j	...	Calificación de 1 a j
Atributo/característica 4	Calificación de 1 a j	Calificación de 1 a j	...	Calificación de 1 a j
Atributo/característica 5	Calificación de 1 a j	Calificación de 1 a j	...	Calificación de 1 a j
...	...	...	...	...
Atributo/característica i	Calificación de 1 a j	Calificación de 1 a j	...	Calificación de 1 a j
Calificación	...	...	...	...

de alcantarillado sanitario y descargan sus aguas residuales a fosas sépticas dentro de los predios.

Para brindar el servicio de alcantarillado sanitario se presentan tres alternativas de solución. Las cuales serán evaluadas a través de una MET.

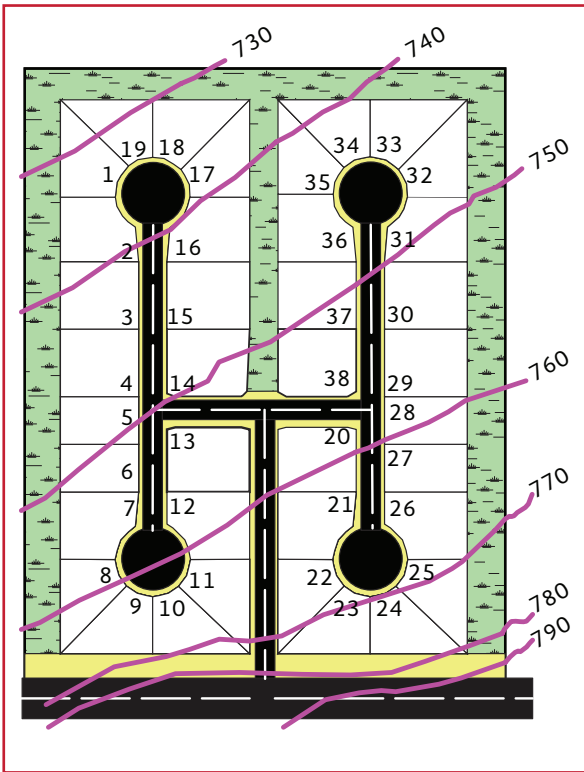
Sistema convencional de alcantarillado sanitario

Por las condiciones topográficas del sitio, se debe colocar un cárcamo de bombeo en la zona más baja del conjunto habitacional (ver el cárcamo 1 de la Ilustración 2.2), en el cual tendrían que llegar todas las descargas provenientes de las 38 viviendas, para su posterior bombeo hacia la red existente.

Sistema de alcantarillado por vacío (SAV)

La Ilustración 2.3, muestra el arreglo propuesto para la red de alcantarillado por vacío, la cual consta de 10 cámaras colectoras, con su respectiva válvula de vacío. La red conducirá el agua residual hasta la estación de vacío que a su vez descargará a la red convencional existente.

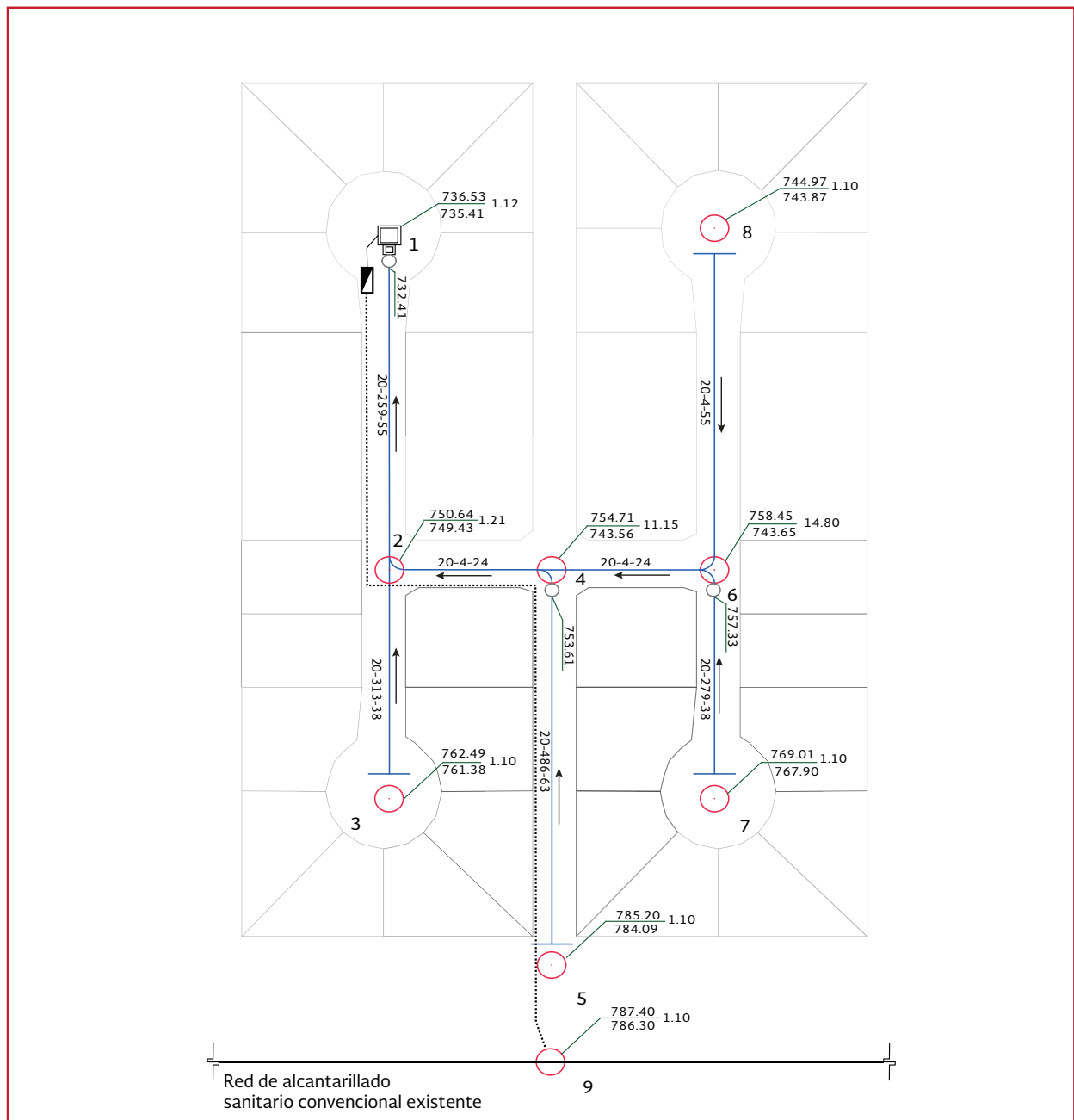
Ilustración 2.1 Fraccionamiento para el ejemplo



Sistema de alcantarillado por presión (SAP)

Como tercera alternativa, se propone la instalación de un sistema de alcantarillado por presión, con bomba demoledora. La Ilustración 2.4, muestra el arreglo propuesto para la red, la cual considera un cárcamo de bombeo con bomba demoledora en cada vivienda, que desalojará el volumen de agua residual por medio de una red

Ilustración 2.2 Propuesta de red convencional con cárcamo de bombeo



a presión hasta la red de alcantarillado convencional existente.

El funcionamiento y diseño hidráulico de estos sistemas se presenta con detalle en el libro de *Sistemas alternativos de alcantarillado sanitario*, del MAPAS.

En la Tabla 2.2 se presenta la MET para estas tres alternativas, donde la calificación (de 1 a 3) se establece en la viabilidad constructiva, las capacidades del organismo para operar la infraestructura y las complicaciones para realizar reparaciones y dar mantenimiento a cualquiera de las tres alternativas.

Ilustración 2.3 Arreglo propuesto para el SAV de ejemplo

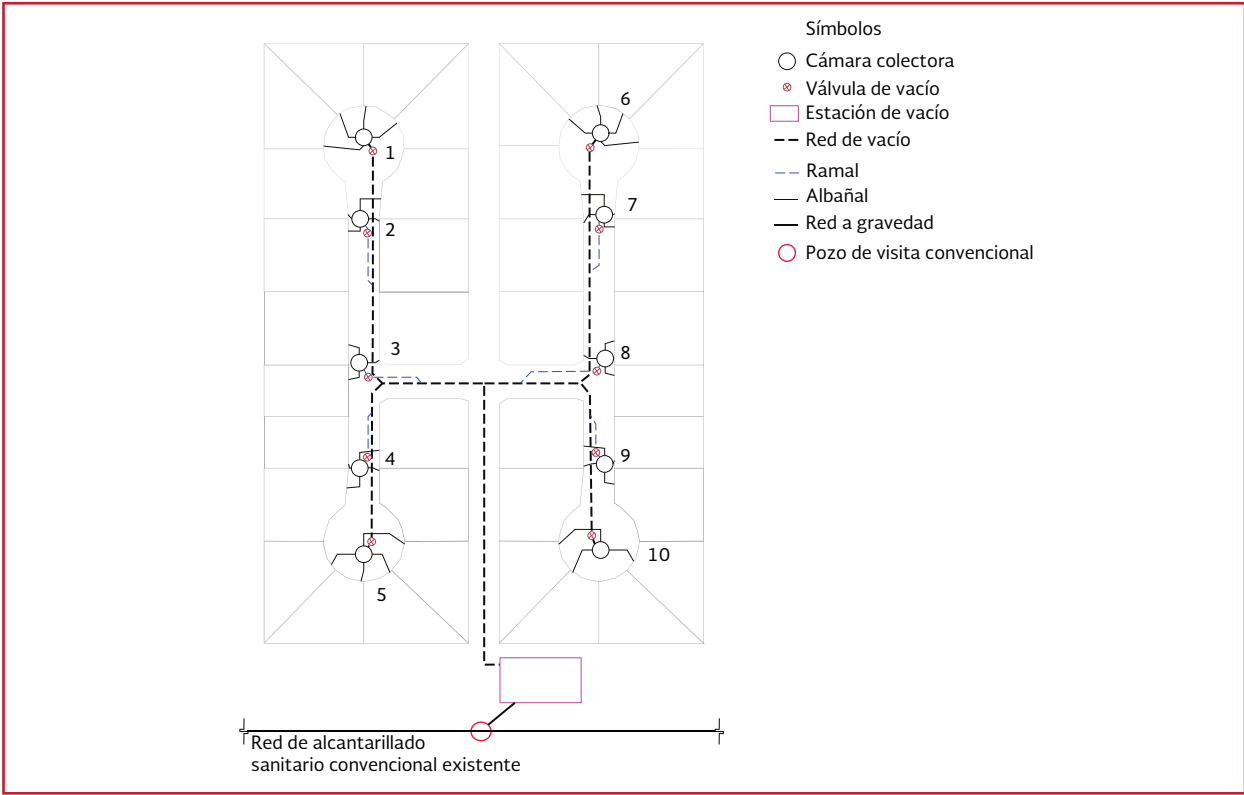
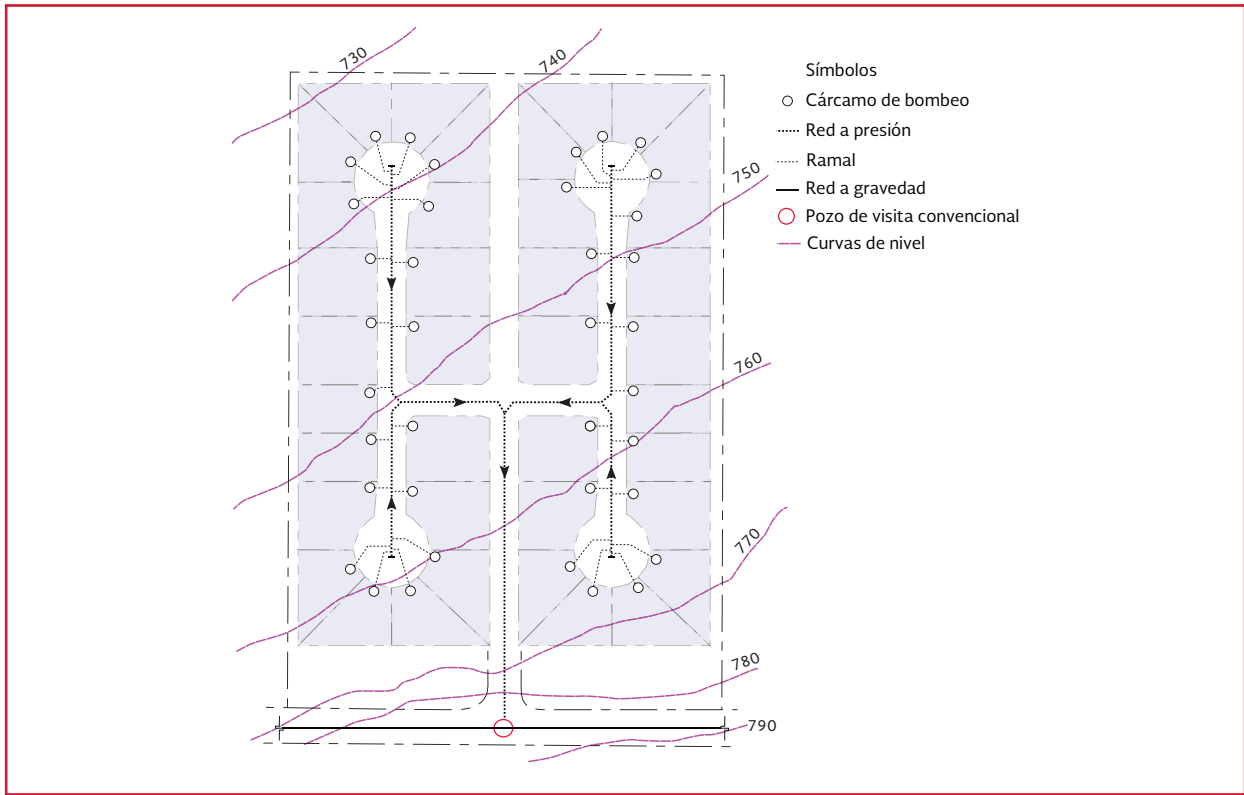


Ilustración 2.4 Arreglo propuesto para el SAP de ejemplo



Para tener un criterio de evaluación, en la Tabla 2.3, se presenta una descripción de los elementos que componen cada alternativa y se describe cada actividad. Cuando en un componente se indica tradicional, se considera que la actividad no es un factor significativo para la evaluación.

Del análisis de la Tabla 2.3 es evidente que la alternativa 1 presenta problemas constructivos y de mantenimiento, por su parte la alternativa 2 requiere de personal especializado para su operación y puede presentar complicaciones para dar mantenimiento y más aún, atender una emergencia. La tercera alternativa representaría las mejores condiciones cons-

tructivas, operación y mantenimiento sin embargo, se debe completar esta tabla con una evaluación económica, que considere los costos de construcción, de operación y de mantenimiento, así como: estudios de mercado, financieros, legales, de impacto ambiental y sociales que podrían dar mejores condiciones para cualquiera de las otras dos alternativas.

En el caso de los supuestos, que para el ejemplo no se contemplaron, se puede utilizar el diagrama de flujo de la Ilustración 2.5, con la cual se establece como manejar una condición que suponga riesgo para la actividad y como anticiparse a dichos eventos.

Tabla 2.2 MET para el ejemplo de tres alternativas de alcantarillado

Atributo/Característica	Alternativas		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
	Red de alcantarillado convencional	Sistema de alcantarillado por vacío	Sistema de alcantarillado por presión
Conexión de albañales a la red	1	2	3
Suministro y colocación de tubería	1	2	3
Construcción de pozos de visita, cámaras para válvulas o pozos de inspección	1	2	3
Construcción de cárcamos de bombeo	3	2	1
Suministro e instalación de equipos de bombeo	3	2	1
Construcción de sistemas auxiliares (Estación de vacío, suministro eléctrico, equipos de monitoreo),	2	1	3
Operación de la red	2	1	3
Mantenimiento de la red	3	1	2
Calificación	16	13	19

Tabla 2.3 Descripción de los componentes por alternativa

Alternativa	Objetivos	Construcción	Operación	Mantenimiento	Supuestos
Red de alcantarillado convencional					
7 Pozos de visita	Conectar las tuberías en cada cruce y cambio de dirección	Debido a la topografía del sitio, se presentan pozos de visita de hasta 14.8 metros de profundidad	Operación tradicional	La profundidad de los pozos dificulta el uso de sistemas de inspección y limpieza de las tuberías y los propios pozos	
297 Metros de tubería de 20 cm de diámetro	Conducir las aguas residuales desde la viviendas hasta el cárcamo de bombeo	Para mantener una pendiente mínima positiva, se requiere realizar excavaciones mayores a 15 metros de profundidad, además de que se requiere de un material capaz de soportar la carga y las condiciones de operación, así como posibles hundimientos del suelo.	La profundidad de las tuberías dificulta la conexión, la inspección de los albañales y las fuertes pendientes pueden ocasionar velocidades por encima de las recomendadas	La profundidad de las tuberías dificulta la reparación o sustitución de tramos de tubería	
142 Metros de tubería a presión	Conducir las aguas residuales del cárcamo hasta la red existente	Debido a que es una conducción a presión no requiere de profundidades mayores a las recomendadas	Operación tradicional	Mantenimiento tradicional	
38 Albañales	Conectar las descargas domiciliarias a la red de atarjeas	Se requerirá construir albañales especiales para conectarse con las tuberías profundas	Operación tradicional	Mantenimiento tradicional	
Cárcamo de bombeo	Recolectar el total de las aguas residuales de las 38 viviendas	Debido a la profundidad y condiciones del terreno no se presentan complicaciones para la construcción	Operación tradicional	Mantenimiento tradicional	
Bomba sumergible para aguas residuales considerando sólidos	Desalojar las aguas residuales del cárcamo hasta la red existente	Además de la bomba, debe considerarse toda la instalación electromecánica	Para la operación se requiere de energía eléctrica y de personal que verifique su correcto funcionamiento	Se debe realizar mantenimiento preventivo y correctivo por parte de personal calificado	

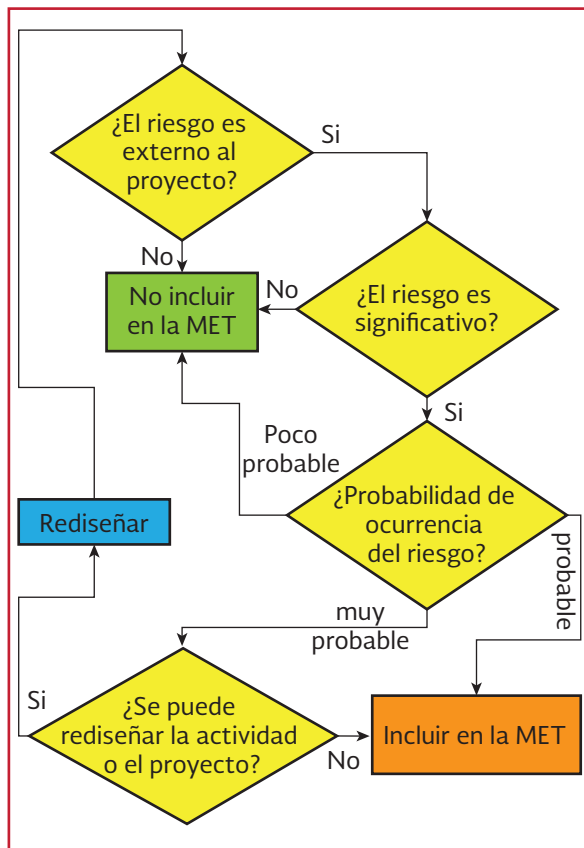
Tabla 2.3 Descripción de los componentes por alternativa (continuación)

Alternativa	Objetivos	Construcción	Operación	Mantenimiento	Supuestos
Sistema de alcantarillado por vacío					
10 Cámaras con válvula de vacío	Conectar las descargas domiciliarias al sistema de vacío	Las cámaras son prefabricadas y están totalmente habilitadas para su correcto funcionamiento; requieren poca excavación y preparación del terreno	Su operación es de forma automática y requieren de un mínimo de personal para verificar su correcto funcionamiento	El mantenimiento de estos sistemas es especializado y debe ser realizado por el fabricante, en cual no tiene oficinas cercanas al sitio	
10 Cajas de operación de válvulas	Contener las válvulas de seccionamiento y manómetros para cada cámara de vacío	Dado que el sistema no requiere gran profundidad de excavación y los diámetros de tubería no exceden los 10 cm, se requiere construir cajas de válvulas tipo I	Se requiere de una persona que periódicamente revise la presión de vacío en la red a través de los dispositivos instalados en la caja	Se debe realizar mantenimiento continuo para evitar el ingreso de basura y lodo en el interior de las cajas ya que dadas las características del sitio, el escurrimiento pluvial tiende a arrastrar arcillas y basura. Además debe contar con equipo para el desasolve o achique de las cajas	
297 metros de tubería de 20 cm de diámetro para conducción por vacío	Conducir las aguas residuales desde las cámaras de vacío hasta la estación de vacío	Al ser un sistema de vacío se debe instalar tubería específica para tal fin, pero de un diámetro máximo de 10 centímetros por lo que los volúmenes de excavación son menores que con otros sistemas. Sin embargo el arreglo diente de sierra que requiere debe ser realizado por personal debidamente capacitado	La operación del sistema es automática	En caso de una falla, la sustitución de un tramo es relativamente simple, dado que la tubería se encuentra a poca profundidad y sus juntas flexibles permiten una rápida sustitución	
38 albañiles	Conectar las descargas domiciliarias a la cámara de vacío	Se construirán albañiles con adecuaciones especiales para el cambio de sistema de conducción, de conducción a gravedad a sistema por vacío tradicionales en la vía pública en la proximidad del muro perimetral de cada vivienda	Operación tradicional	Mantenimiento tradicional	
1 Estación de vacío	Recolectar el total de las aguas residuales de las 38 viviendas y descargarlas a la red existente	Su construcción es especializada y debe realizarse por el fabricante del sistema, además requiere de un área de 16 m2 como mínimo que aún no se tiene definido el proyecto	La operación es especializada y debe ser realizada de manera permanente en el sitio por personal debidamente capacitado, además considérese que para su funcionamiento requiere de energía eléctrica y la estación puede generar ruido excesivo	El mantenimiento de estos sistemas es especializado y debe ser realizado por el fabricante, en cual no tiene oficinas cercanas al sitio	

Tabla 2.3 Descripción de los componentes por alternativa (continuación)

Alternativa	Objetivos	Construcción	Operación	Mantenimiento	Supuestos
Sistema de alcantarillado por presión					
38 Cárcamos de bombeo	Colectar las descargas domiciliarias y por medio de bombeo desalojar el agua residual hasta la red existente	Se propone la instalación de cárcamos húmedos prefabricados y totalmente habilitados para su correcto funcionamiento	La operación es de forma automática y requiere de energía eléctrica en cada vivienda, por lo que a través de los convenios adecuados puede transferirse ese costo directamente al usuario al alimentar el equipo directamente de la vivienda	Mantenimiento tradicional	
3 Pozos de inspección	Colocar válvulas de seccionamiento para aislar secciones de la red	Se construirán tres pozos de inspección que contendrán válvulas seccionadoras para procedimientos de reparación y mantenimiento	Operación tradicional	Se debe realizar mantenimiento continuo para evitar el ingreso de basura y lodo en el interior de los pozos ya que dadas las características del sitio, el escurrimiento pluvial tiende a arrastrar arcillas y basura. Además debe contar con equipo para el desasolve o achique de las cajas	
297 metros de tubería de 20 cm de diámetro para conducción por presión	Conducir las aguas residuales desde los cárcamos de bombeo hasta la red existente	Al ser un sistema a presión se debe instalar tubería específica para tal fin, pero de un diámetro máximo de 7.62 centímetros por lo que los volúmenes de excavación son menores que con otros sistemas y al ser una conducción a presión la instalación es tradicional	Operación tradicional	En caso de una falla, la sustitución de un tramo es relativamente simple, dado que la tubería se encuentra a poca profundidad y sus juntas flexibles permiten una rápida sustitución	
38 Albañiles	Conectar las descargas domiciliarios cárcamos de bombeo	Se requerirá construir albañiles tradicionales para conectarse con los cárcamos de bombeo	Operación tradicional	Mantenimiento tradicional	

Ilustración 2.5 Diagrama para el análisis de supuestos (Aldunate, ND)



2.5. ANÁLISIS FODA

Para realizar una comparación de los costos económicos, culturales y sociales, se puede utilizar un análisis de Fuerzas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA), que tiene como objetivo el identificar y analizar las fuerzas y debilidades de una institución, o parte de esta, así como también las oportunidades y amenazas, que presenta la selección de una alternativa u otra.

El desarrollo de un FODA toma en consideración muchos y diferentes factores internos y externos para así maximizar el potencial de las fuerzas y oportunidades minimizando así el impacto de las debilidades y amenazas. De forma general se realiza de la siguiente forma.

a) **Análisis interno.** Para el análisis interno será necesario conocer las fuerzas al interior que intervienen para facilitar el logro de los objetivos, y sus limitaciones que impiden el alcance de las metas de una manera eficiente y efectiva. En el primer caso estaremos hablando de las fortalezas y en el segundo de las debilidades. Como ejemplos podemos mencionar:

- Personal capacitado para realizar la rehabilitación
- Disponibilidad de materiales necesarios
- Contar con los recursos financieros
- Tener en disponibilidad los equipos y herramientas necesarias para esta actividad

b) **Análisis externo.** Es necesario analizar las condiciones o circunstancias ventajosas de su entorno que la pueden beneficiar; identificadas como las oportunidades; así como las tendencias del contexto que en cualquier momento pueden ser perjudiciales y que constituyen las amenazas, con estos dos elementos se podrá integrar el diagnóstico externo. Algunos ejemplos son:

- Las condiciones políticas
- La legislación
- La situación económica
- Las posibles afectaciones a la viabilidad
- Las instituciones que deben que pueden ser requeridas para los trabajos, por tener instalaciones en el sitio como CFE, compañías telefónicas o de gas

c) La información que ha obtenido en los pasos a) y b) se deben vaciaren el formato de la Tabla 2.4

Tabla 2.4 Formato general para análisis FODA

Análisis	Positivo	Negativo
Interno	Fuerzas	Debilidades
Externo	Oportunidades	Amenazas

La Tabla 2.5 muestra un ejemplo de un análisis FODA para la ejecución de un trabajo de sustitución de un tramo de tubería por método con zanja tradicional

- d) De esta manera, se tiene la información completa y clasificada con la cual se puede determinar que opción es la que maximice las fuerzas y oportunidades; para así, reducir las debilidades y amenazas que pongan en riesgo la ejecución de los trabajos

2.6. RECONOCIMIENTOS DE CAMPO BÁSICOS

Un aspecto relevante de cada etapa del proyecto lo constituyen los reconocimientos de campo. No se puede proyectar algo si no ha recorrido el sitio a pie. En la actualidad se dan los casos en que se piensa que teniendo todos los estudios básicos (topografía, geotécnica, etcétera) es posible resolver de forma adecuada un proyecto desde el escritorio. Sin embargo, para tener la sensibilidad necesaria para anticiparse a los problemas que se presentarán durante la construcción, es necesario realizar recorridos en campo, literalmente plantarse en el terrero y recorrerlo las veces que sea necesario.

Tabla 2.5 Ejemplo de un análisis FODA

Análisis	Positivo	Negativo
	Fortalezas	Debilidades
Interno	El departamento cuenta con el personal capacitado y activo con experiencia que poseen las habilidades necesarias para llevar a cabo el trabajo	Infraestructura antigua, equipos y vehículos que rebasan su vida útil
	Se cuenta con el adecuado registro de proveedores para los materiales necesarios en la rehabilitación	Autonomía operativa limitada
	Se tiene disponibilidad para el proceso de compra y la requisición es autorizada por el Jefe de Adquisiciones y por el Jefe de Recursos Materiales	No se cuenta con una vinculación adecuada entre la información de las diferentes direcciones
		Se cuenta con un presupuesto limitado, que no garantiza la ejecución completa de la obra
	Oportunidades	Amenazas
Externo	Apoyo relevante del Gobierno Local	Dependencia política
	La comunidad está consiente de la necesidad de la rehabilitación	Condiciones meteorológicas adversas durante los trabajos
	Existen fuentes de financiamiento alternativas que pueden aplicarse a la rehabilitación	Existencia de obras inducidas, de las que no se cuenta con la información completa
	Se tiene definida la responsabilidad y realización de tramites ante el Ayuntamiento	La rehabilitación se realizará en una vialidad de alta afluencia vehicular
		Cambio de administración de Gobierno antes o durante la ejecución de la obra

Este subcapítulo se presenta con el objetivo de sensibilizar al lector de la importancia y utilidad de los reconocimientos de campo; también se busca que el proyectista considere en su planeación y presupuesto, el tiempo, personal y herramientas necesarias para realizar estas actividades. Sin embargo, cada proyecto, así como cada comunidad, son distintos y se deberán realizar actividades específicas y particulares para cada caso, por lo que la información presentada debe tomarse como una guía inicial para planear sus propios trabajos de reconocimiento y de ninguna manera deberán limitarse a los presentados en este apartado.

Los trabajos de reconocimiento se deberán realizar para conocer las condiciones reales del sitio es estudio, ya que en algunas ocasiones, se presentan situaciones que no fueron detectadas durante el proceso de diseño y que repercuten ampliamente en el costo y tiempo de ejecución de la obra, por ejemplo:

Imposibilidad de maniobra para la maquinaria. En ocasiones se considera en el proyecto el uso de equipo que por las condiciones del terreno, el ancho de las calles o la presencia de cables de electricidad, hacen imposible el uso de estos equipos, por lo que una vez iniciada la construcción se debe cambiar el tipo de excavación lo cual puede retrasar o encarecer la obra. En la Ilustración 2.6 se muestra la ubicación de algunos predios a los que sería inaccesible una máquina retroexcavadora.

En algunos casos, la sustitución de un tramo de tubería de alcantarillado implica no solo retirar el existente; debe considerarse que se interrumpirá el servicio de alcantarillado en esta zona y probablemente en zonas aguas arriba, además, el proceso constructivo puede afectar a otros servicios, como agua potable, energía eléctrica, telefonía, entre otros.

Este trabajo además afectará la vida cotidiana de los vecinos, el acceso a la calle, el resguardo de sus vehículos, el acceso de servicios de emergencia, tan solo por mencionar algunos.

En casos más críticos, existe la posibilidad que en algún tramo (principalmente colectores y emisores de redes de alcantarillado) sea imposible la interrupción del servicio.

Todas estas posibilidades deben estar en la mente del diseñador al momento de realizar el trazo. De esta forma se generará un proyecto apegado a las condiciones reales del sitio y permitirá al ejecutor de la obra, tomar en cuenta las distintas acciones, obras y consideraciones especiales previas y durante la construcción, por ejemplo:

- Construcción de acceso y/o caminos al sitio de la obra
- Obras temporales de desvío para no interrumpir el servicio
- Estacionamientos temporales seguros para los vecinos

Ilustración 2.6 Sitio inaccesible para retroexcavadora



- Servicio de agua potable a través de pipas
- Pasos peatonales
- Sistemas de almacenamiento y disposición de aguas residuales para la zona de interrupción
- Servicio de recolección de basura

El proyectista no será capaz de realizar todas estas consideraciones si no realiza visitas y recorridos a pie en el sitio de estudio, es por esta razón que estas actividades son necesarias y obligatorias para un adecuado diseño en gabinete.

2.7. OBRAS INDUCIDAS

El Proyectista deberá evaluar y prever durante el desarrollo del proyecto si se pudieran presentar posibles daños a terceros o afectaciones por la construcción de la obra, que se encuentren en la zona de influencia (bordos, casas, edificios, predios, puentes, pozos, entre otros). Una obra inducida, es toda aquella infraestructura existente en el sitio, como puede ser:

- Instalaciones eléctricas
 - Postes
 - Registros eléctricos
 - Líneas subterráneas
 - Alumbrado y semáforos
 - Altura de líneas aéreas
- Instalaciones de telefonía fija
 - Postes
 - Teléfonos públicos
 - Registros
 - Líneas subterráneas
 - Altura de líneas aéreas
- Infraestructura urbana
 - Banquetas
 - Paramentos
 - Fibra óptica
 - Conducciones de gas, oleoductos

En estas últimas debe tenerse especial cuidado puesto que la ruptura de una fibra óptica puede ocasionar interrupción de operaciones diversas instituciones como bancos, escuelas e institutos de investigación y más aún la ruptura de un oleoducto o gasoducto, puede ocasionar graves accidentes, ver la Ilustración 2.7.

Como parte importante de los trabajos, el proyectista debe identificar todas las obras inducidas y desarrollar los proyectos necesarios para atenderlas con oportunidad. Estos proyectos de obras inducidas se elaborarán en conjunto con el procedimiento constructivo de tal manera que éstas se adapten y cumplan con los requerimientos de la ejecución de la obra.

Ilustración 2.7 Accidente ocasionado por excavación cerca de oleoducto



Para ello será necesario definir de forma clara y precisa mediante informes, memorias y planos (Ilustración 2.8) que indiquen estado actual, ubicación, localización topográfica, coordenadas, descripción del inmueble o infraestructura que pudiera ser afectadas con el propósito de soportar posibles reclamos durante la fase de construcción. Debe quedar claro que El Proyectista deberá de establecer en su informe las cantidades, tipo y características de los inmuebles, realización de gestiones, las conclusiones, y recomendaciones a tomar en cuenta durante la construcción de la obra.

2.8. PROYECTO PARA OBRAS INDUCIDAS

Entre las obras inducidas que se deben considerar, más no limitarse a estas, se encuentran:

Señalización

Identificar las ubicaciones donde se requiera de señalización, definir para cada sitio el tipo de señalización conveniente y el momento indicado para su colocación y retiro, de acuerdo con la NOM-031-STPS-2011, Construcción - Condiciones de seguridad y salud en el trabajo.

Ilustración 2.8 Extracto de un plano de obras inducidas (CAPA, 2012)



Se recomienda que se genere un proyecto de señalización, el cual debe contemplar, al menos:

- a) Logística para sustituir a las áreas afectadas los accesos truncados por las obras. Incluye accesos peatonales y vehiculares, a las casas habitación, oficinas, sitios públicos. Los pasos y pasillos peatonales deben protegerse de manera segura de los incidentes de la obra y de los vehículos en circulación (Ilustración 2.9)
- b) Planos detallados con la ubicación de letreros, pintura, iluminación, abanderamiento, vigilancia y desviaciones al tránsito vehicular. Incluir en los planos las cantidades de materiales que se utilizarán

Tapiales

Los sitios de trabajo, especialmente donde haya excavación, deberán protegerse de accesos accidentales de personas o vehículos mediante la colocación de tapiales en los sitios de la obra y espacios utilizados por la maquinaria (Ilustración 2.10); por tanto, se debe prever como parte del proyecto.

Ilustración 2.10 Tapial para protección de obra



Obras de Desvío

Cuando el cauce de las corrientes deba ser controlado con obras de desvío para la construcción las estructuras contenidas en el Proyecto Ejecutivo, se debe definir el tipo de desvío a realizar y los materiales que se requieran. Considérese que en algunos casos será necesario instalar bombas temporales para agua potable o construir un *Bypass* para este efecto (Ilustración 2.11).

De la misma forma, para proyectos de drenaje pluvial y alcantarillado sanitario se pueden realizar obras temporales de desvío y en algu-

Ilustración 2.9 Señalización en vía pública



Ilustración 2.11 Obras de desvío para tubería de agua potable



nos casos puede considerarse la construcción de ciertos tramos que en un principio sean para desvío y en siguientes etapas de la obra formen parte de la infraestructura permanentemente (Ilustración 2.12).

Infraestructura Urbana

De acuerdo al proyecto hidráulico y geométrico se debe identificar la infraestructura urbana que puede resultar afectada (Ilustración 2.13) y se debe planear su restitución, para lo cual se

debe integrar un proyecto de restitución de infraestructura que incluya como mínimo:

- a) Bases de diseño
- b) Procedimiento constructivo
- c) Especificaciones
- d) Cálculo geotécnico y estructural (según aplique) con memoria, modelos y planos
- e) Los trámites ante la autoridad e instituciones correspondientes que incluyan la aceptación de la afectación y proyecto de restitución de cada una de las estructuras

Ilustración 2.12 Obras de desvío para drenaje pluvial



Ilustración 2.13 Daños a la infraestructura urbana por obras



a) Ruptura de toma domiciliaria por excavación



b) Ruptura de guarnición durante excavación



3

ESTUDIOS BÁSICOS

En este capítulo se presentan los estudios mínimos necesarios, para diseñar adecuadamente una estructura del sector hídrico; específicamente las que corresponden a proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

En cada apartado se describe de forma resumida a que se refiere cada estudio y el libro de MAPAS donde se desarrolla a detalle.

Toda esta información da sustento al diseño de la obra: por lo que el funcionamiento, una vez puesta en operación, será tan adecuado como lo sean los estudios en los que está fundamentado el diseño. Por esta razón, todos los estudios deben ser realizados por especialistas en cada materia y presentados en forma de memoria de cálculo, de forma clara y secuencial, para garantizar que los trabajos de revisión y verificación también se hagan de forma eficiente. Con ello se minimizarán los errores potenciales, un diseño inadecuado y por consiguiente un mal funcionamiento de la obra.

3.1. DATOS BÁSICOS

3.1.1. GENERALES

Para todo proyecto de infraestructura hídrica, se deben realizar una serie de estudios básicos

mínimos, en los cuales se fundamentará todo el cálculo hidráulico, estructural, electromecánico y permitirán dimensionar adecuadamente cada elemento que constituye la obra en cuestión.

Los estudios básicos se realizarán de acuerdo al tipo de obra a proyectar, sin embargo los referentes a la población a servir y el periodo de diseño son necesarios en todo tipo de obra hidráulica. El método de cálculo se presenta en el capítulo 1 del libro de *Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado*, del MAPAS y de forma resumida se consideran los siguientes:

- **Población actual.** Se refiere a los datos censales, de la zona en estudio, que proporciona el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) para el año en que se hizo el levantamiento de la información
- **Población de proyecto.** La población de proyecto es la cantidad de personas que se espera tener en una localidad al final del período de diseño. Para la proyección de la población se debe emplear la metodología presentada en el libro de *Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado*, del MAPAS
- **Vida útil.** Es el tiempo que se espera que la obra sirva para los propósitos de diseño, sin tener gastos de operación y

mantenimiento elevados, que hagan antieconómico su uso o que requiera ser eliminada por insuficiente o ineficiente

- **Periodo de diseño.** Es el intervalo de tiempo en que la obra proyectada brindará el servicio para el cual fue diseñada, es decir que operará con los parámetros utilizados para su dimensionamiento (población de proyecto, gasto de diseño, niveles de operación, etcétera)

3.1.2. PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE

Los estudios básicos, específicos para proyectos de agua potable están asociados a las condiciones del uso de agua por la población a servir; el método de cálculo se presenta en el capítulo 2 del libro de *Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado*, del MAPAS y de forma resumida se consideran los siguientes:

- **Consumo.** Es la parte del suministro de agua potable que generalmente utilizan los usuarios, sin considerar las pérdidas en el sistema. Se expresa en unidades de m^3/d o L/d , o bien cuando se trata de consumo per cápita se utiliza $L/(hab\ día)$. Los organismos operadores lo manejan regularmente en $m^3/(toma\ mes)$
- **Demanda.** Es la suma de los consumos para cada tipo de usuario más las pérdidas físicas, que se refieren al agua que se escapa por fugas en líneas de conduc-

ción, tanques, red de distribución, y tomas domiciliarias

- **Dotación.** La dotación es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual; sus unidades están dadas en $L/(hab\ día)$
- **Gasto medio diario.** El gasto medio es la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio, es el caudal que se debe obtener anualmente de las fuentes de abastecimiento y se determina con base en la dotación
- **Gasto máximo diario y horario.** Son los requeridos para satisfacer las necesidades de la población en un día de máximo consumo, y a la hora de máximo consumo en un año tipo, respectivamente. Estos son los valores utilizados en el dimensionamiento de la infraestructura de agua potable de acuerdo con la Tabla 3.1

Tabla 3.1 Gasto de diseño para estructuras de agua

Tipo de estructura	Diseño con gasto máximo diario	Diseño con gasto máximo horario
Obra de captación	X	
Línea de conducción antes del tanque de regulación	X	
Tanque de regulación	X	
Línea de alimentación a la red		X
Red de distribución		X

3.1.3. PARA PROYECTOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Los estudios básicos, específicos para proyectos de alcantarillado sanitario están íntimamente asociados a los gastos de diseño para agua potable, ya que se considera que las descargas a los sistemas de alcantarillado son un reflejo del uso del agua potable; el método de cálculo se presenta en el capítulo 3 del libro de *Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado*, del MAPAS y de forma resumida se consideran los siguientes:

- **Aportación de aguas residuales.** Es el volumen diario de agua residual entregado a la red de alcantarillado. Esta aportación es un porcentaje del valor de la dotación, ya que existe un volumen que no se tributa a la red de alcantarillado, como el utilizado para el consumo humano, riego de jardines, lavado de coches, entre otros
- **Gastos medio.** Es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año
- **Gasto mínimo.** Es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presenta en un conducto. Se acepta que este valor es igual a la mitad del gasto medio
- **Gasto máximo instantáneo.** Es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Para evaluar este gasto se considera la cantidad de habitantes servidos y no tiene relación con las condiciones socioeconómicas de la población
- **Gasto máximo extraordinario.** Es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman

parte de las descargas normales, como por ejemplo bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado

3.1.4. PARA PROYECTOS DE DRENAJE PLUVIAL

Los estudios básicos, específicos para proyectos de drenaje pluvial están asociados a la precipitación pluvial y su escurrimiento asociado en la zona o cuenca en estudio; el método de cálculo se presenta en el capítulo 4 del libro de *Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado* y de forma más detallada en el libro de *Drenaje pluvial urbano*, del MAPAS, y consideran de forma resumida:

- **Análisis Hidrológico.** En esta etapa, se recopilan los datos de precipitación histórica, de las estaciones climatológicas cercanas al sitio de estudio y por medio de análisis hidrológicos, estadísticos y probabilísticos se transforman en una serie de gráficos, llamados hietogramas, que para cada periodo de retorno establecido, definen la intensidad de precipitación, la duración y su variación a lo largo del tiempo
- **Análisis Hidrográfico.** Una vez caracterizada la precipitación en la zona de estudio, se debe evaluar el comportamiento del flujo sobre la superficie del terreno; por medio de estudios hidrográficos y geomorfológicos se transforman las precipitaciones, obtenidas en la primera etapa, en escurrimiento superficial y se analiza su recorrido a lo largo de la cuenca, sub cuencas y microcuencas de la zona en estudio

3.1.5. VARIABLES PERMISIBLES

Además de la estimación de los datos característicos de una población o de una zona específica en estudio, se deben establecer parámetros de referencia generales los cuales están asociados al funcionamiento hidráulico de los sistemas de conducción, ya sea a superficie libre o a presión y dependen del material de la tubería o canal considerado en el proyecto. Entre estos se encuentran:

- **Variables hidráulicas permisibles.** Pendientes y velocidades; estas determinan la configuración física de cualquier red, las cuales se establecen en el libro de *Diseño de redes de distribución de agua potable*, *Alcantarillado sanitario*, *sistemas alternativos de alcantarillado sanitario* y *Drenaje pluvial urbano*, para cada caso en particular.
- **Pérdidas de carga por conducción.** La determinación de la teoría de pérdidas de energía a utilizar en los cálculos hidráulicos queda establecida de forma específica para conducciones a presión y en superficie libre en los capítulos 2 y 3 del libro de *Datos básicos para proyectos de agua potable y alcantarillado*, del MAPAS.

3.1.6. PARA PROYECTOS DE POTABILIZACIÓN

Los estudios básicos, específicos para la construcción de plantas de desinfección y potabilización de aguas crudas, están íntimamente asociados a los gastos de diseño para proyectos de agua potable, para los cálculos hidráulicos, pero además se requieren una serie de estu-

dios de calidad del agua, en función del nivel de tratamiento que se requiera. Estos análisis se presentan en el libro de *Diseño de Plantas Potabilizadoras de Tecnología Simplificada*, del MAPAS.

3.1.7. PARA PROYECTOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Los estudios básicos, específicos para la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales, están íntimamente asociados a los gastos de diseño para alcantarillado sanitario, para los cálculos hidráulicos, pero además se requieren una serie de estudios de calidad del agua, en función del nivel de tratamiento que se requiera. Estos análisis se presentan, de manera general para todos los procesos, en el libro de *Introducción al tratamiento de aguas residuales municipales*, del MAPAS y de forma particular para cada uno de ellos en los libros del submódulo de *Potabilización y Sistemas de Tratamiento de Agua residuales* del MAPAS, que contiene 14 libros específicos para el diseño de sistemas de tratamiento.

3.2. ESTUDIOS EN CUERPOS DE AGUA

3.2.1. DISPONIBILIDAD DE AGUA

Para proyectos de agua potable se deben realizar estudios de disponibilidad los cuales comprenden como mínimo:

- Análisis de las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas de las posibles fuen-

tes subterráneas y superficiales para el suministro

- Determinación de las características físicas y químicas del agua de las posibles fuentes de provisión
- Determinación de gastos y coeficientes característicos de los acuíferos factibles de ser explotados y la elaboración de los perfiles geológicos de los terrenos atravesados en caso de fuentes subterráneas

Esta información se complementa con un análisis de la vulnerabilidad a la contaminación de cada una de las fuentes estudiadas.

Como parte de los estudios preliminares se analizan las distintas opciones de fuentes de agua potable que admite el proyecto (aguas superficiales, como arroyos, ríos, lagos, lagunas, manantiales; aguas subterráneas u otras, en caso de no resultar posibles las alternativas anteriores) teniendo en cuenta la capacidad de explotación, aspectos hídricos y ambientales, considerando los distintos grados de tratamiento que será necesario utilizar, y analizando además la legislación vigente relacionada con el tema.

Cuando se trata de ampliaciones de servicios en funcionamiento, se deben analizar todas las estadísticas de cantidad y calidad de la fuente en explotación, que permitan verificar si su aprovechamiento resulta factible y satisface las demandas previstas para las condiciones del proyecto.

De forma detallada esta información se presenta en los libros *Captaciones superficiales* y *Captación por Medio de Pozos Profundos*, del MAPAS.

Información adicional a considerar:

Aguas superficiales

- Cuenca hídrica a la que pertenece la localidad y delimitación de la cuenca de aporte a la zona de captación, usos aguas abajo y aguas arriba que se da al recurso, e incidencia del proyecto sobre los mismos y de éstos sobre el proyecto
- Síntesis de los estudios hidrológicos de la cuenca. Datos pluviométricos, y climáticos
- Datos de aforos y cotas mínimos, medios y máximos del curso en la zona
- Análisis de calidad de las aguas (Características fisicoquímicas y bacteriológicas, en especial turbiedad, coliformes)

Aguas subterráneas

- Síntesis de los estudios hidrológicos, características del acuífero a explotar, con delimitación en cartografía con indicación de área de recarga. Se ubicará en un plano con curvas de nivel la zona de captación, el sentido del escurrimiento del agua subterránea y la ubicación de la planta urbana
- Datos censados (aforos de pozos existentes con gastos, niveles, etcétera; perfiles geológicos, ubicación, análisis de calidad y estado de tuberías
- Trabajos ejecutados (prueba de acuíferos, de la que resultarán los datos de depresión, recuperación, tiempo, aforos y análisis, interferencias y estudio geoeléctrico si se considera conveniente)

Aguas pluviales

- Estadísticas de precipitaciones, estudio de duración e intensidad
- Evaporación y transpiración
- Área de captación
- Permeabilidad de los suelos
- Escorrentía, hidrogramas
- Alternativas de captación
- Balance hídrico

3.2.2. AFOROS

3.2.2.1. Pozos

Las pruebas experimentales y prácticas que se hacen en los pozos que son aprovechamientos hidráulicos son dos:

- Prueba de aforo
- Prueba de bombeo

Estas pruebas se llevan a cabo en el orden mencionado, aun cuando no necesariamente de manera consecutiva, ya que en algunos pozos solo se realiza la primera, esto sin duda debido a que la prueba de aforo es una operación que se debe realizar para determinar el caudal óptimo y niveles de operación de los pozos.

La segunda prueba se realiza solo con fines de investigación, cuando se requiere determinar las propiedades hidráulicas de los acuíferos. Cada una de las pruebas tiene una finalidad y de ellas pueden obtenerse datos acerca de las características hidráulicas de funcionamiento de los pozos y del acuífero que explotan.

Estas pruebas se describen con detalle en el libro de *Captación por medio de pozos profundos* del MAPAS.

3.2.2.2. Captaciones superficiales

En el caso de ríos y canales, los métodos de aforo se presentan en el libro *Sistemas de Medición del Agua: Producción, Operación y consumo*, del MAPAS entre estos se consideran:

- Aforo con molinete
- Aforo con flotador
- Aforo con limnómetro
- Aforo con limnógrafo
- Medición de la velocidad del agua por efecto doppler

3.2.3. CALIDAD DEL AGUA

En México la calidad microbiológica del agua se reglamenta. En el caso del consumo humano la NOM-127-SSA1-1994, establece todas las características físicas, químicas y bacteriológicas, que debe cumplir el agua potable para que sea apta para el consumo humano.

Para el caso de las descargas de aguas residuales vertidas a aguas y bienes nacionales, así como descargas vertidas a suelo (uso en riego agrícola), la NOM-001-SEMARNAT-96 establece los límites máximos permisibles de contaminantes.

Estas dos normas son de gran interés para la concepción de un sistema de desinfección o de tratamiento de aguas residuales, ya que sobre estos límites es que se concibe una parte del diseño y dimensionamiento de estos sistemas. El MAPAS, incluye un total de 16 libros que hacen referencia a la calidad del agua para el diseño de sistemas de desinfección, potabilización y tratamiento dentro del submódulo de Potabilización y Sistemas de Tratamiento de Agua residuales.

3.2.4. SITIOS DE VERTIDO

En proyectos de plantas de tratamiento de aguas residuales, se deben analizar las distintas opciones de cuerpo receptor como pueden ser: ríos, lagos, campos de descarga, mar, uso de aguas residuales en agricultura, etcétera teniéndose en cuenta la capacidad de recepción de los desechos desde los puntos de vista hídrico y ambiental, considerándose los distintos grados de tratamiento de depuración que será necesario utilizar para preservar los usos a los que está destinado acorde con su capacidad de autodepuración, y analizando además la legislación vigente, relacionada con la descarga de efluentes.

Se deberán proponer alternativas sobre los cuerpos receptores posibles de ser utilizados como destino final, adjuntando los estudios correspondientes, y la selección de la solución finalmente elegida, con su fundamentación y evaluación de su comportamiento ante la descarga, ejecutado de acuerdo a la normativa en vigencia.

Estos análisis se presentan, de manera general para todos los procesos, en el libro de *Introducción al tratamiento de aguas residuales municipales*, del MAPAS y de forma particular para cada uno de ellos en los libros del submódulo de Potabilización y Sistemas de Tratamiento de Agua residuales del MAPAS, que contiene 14 libros específicos para el diseño de sistemas de tratamiento.

Información adicional a considerar:

- Cuenca a la que pertenece el curso receptor. Usos del mismo aguas abajo y aguas arriba, incidencia del proyecto sobre éstos y de éstos sobre el proyecto
- Análisis de agua. Datos estadísticos
- Estudios hidrológicos del cuerpo receptor. Síntesis de los mismos. Estimación de cotas de nivel mínimo, medio y máximo, que puede alcanzar en la zona de descarga del efluente
- Cuadros comparativos gasto (Q), demanda biológica de oxígeno (DBO), Número Más Probable (NMP) de coliformes, oxígeno disuelto (OD) del cuerpo receptor, para distintas épocas (máximo, medio y mínimo); y del líquido efluente de la planta de tratamiento, para un normal funcionamiento de ésta, y en situación de no funcionamiento de la misma
- Calidad estética o turística de importancia que deba ser considerada
- Aspectos ambientales a ser considerados
- Determinación de la calidad del efluente: requerimiento límite de calidad de líquido a descargar, admitido de acuerdo al uso aguas abajo y capacidad de autodepuración del cuerpo receptor elegido

3.3. TOPOGRAFÍA

Para la elaboración de un proyecto ejecutivo, será obligatorio realizar un levantamiento topográfico, ya que en éste estudio se basa el análisis hidráulico y la cuantificación de cantidades de obra para el proyecto, por lo que no se deberá utilizar la cartografía, topografía o modelos digitales de elevaciones disponibles en internet u otro medio que no sea corroborado en campo.

Los modelos digitales de elevaciones (MDE) son una herramienta adecuada para el diseño de la infraestructura hidráulica, sin embargo, para que esto sea válido, los MDE deberán construirse a partir del levantamiento topográfico del sitio. Sólo de esa forma se garantiza su viabilidad.

En el Libro *Estudios técnicos para proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Topografía y mecánica de suelos*, del MAPAS, se detalla la forma en que deben recabarse los datos, la forma de clasificar dicha información con el fin de tener una organización eficiente y estandarizada de la información de campo. Se define, también la manera de elaborar los planos topográficos utilizando la información obtenida en campo y gabinete.

3.4. GEOTECNIA

3.4.1. ESTUDIOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS

Los estudios de geotécnica y mecánica de suelos, comprenden las pruebas de campo y laboratorio necesarios para determinar las características físicas, mecánicas y capacidad portante del terreno donde se ubicará la captación, el tanque elevado, la planta potabilizadora y otras instalaciones de cierta importancia; y aquellos estudios especiales para determinar ciertas características particulares de suelos en algunas condiciones, que se requieran, de acuerdo al tipo de proyecto se determinará el tipo de suelo y su clasificación; resistencia, agresividad, posición de la napa freática, etcétera.

En el Libro *Estudios técnicos para proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Topografía y mecánica de suelos*, del MAPAS, podrán encontrarse los lineamientos a seguir para llevar a cabo los estudios de geotecnia pertinentes, en él se detallan:

- Metodología para la elaboración de sistemas de agua potable y alcantarillado,

técnicas de exploración en suelos y rocas y los estudios geotécnicos relevantes

- Objetivos y etapas de los estudios geotécnicos, detallando la forma en que debe recopilarse la información técnica, los pasos para el reconocimiento en el área del proyecto, las distintas etapas de los estudios geotécnicos, y el campo de aplicación de los mismos
- Normas y manuales técnicos útiles como referencia para los estudios
- Métodos para la realización de las exploraciones geotécnicas y las técnicas de perforación para estudios del subsuelo, tanto en suelos blandos como duros
- Métodos para la realización correcta de los muestreos y los distintos tipos de muestras que se deben tomar
- Determinación de las propiedades físicas y mecánicas en campo y en laboratorio
- La forma en la que se deben realizar los estudios geotécnicos en obras, detallando los casos para las estructuras en obra de toma, las distintas líneas de conducción y redes tanto de agua potable como de alcantarillado, las plantas de bombeo, los tanques de almacenamiento, las torres de oscilación, los cruces con vías de comunicación, ríos y canales; plantas potabilizadoras y de tratamiento, y sus subsecuentes vialidades

En todos los casos el informe debe reunir los resultados de los ensayos efectuados, con su interpretación gráfica y conclusiones, aconsejando el tipo más adecuado de obra a ejecutar e incluyendo las cifras básicas necesarias que permitan realizar el cálculo estructural sin necesidad de interpretar o analizar los ensayos realizados.

3.4.2. ESTUDIOS DE BANCO DE MATERIALES

Cuando se requiera utilizar material de un banco y este se encuentre dentro de los alcances del proyecto, se deben localizar los bancos de materiales de acuerdo con la utilización que se realizará de ellos conforme al uso (relleno, mezclas de concreto, bases, etcétera). En el Libro *Estudios técnicos para proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Topografía y mecánica de suelos*, del MAPAS, se abordan las características específicas para evaluar los bancos de materiales.

Dependiendo de la magnitud de la obra, deberán reportarse los bancos utilizables por cada tipo de material, su ubicación, distancias medias a la obra, régimen de propiedad y regalías que en su caso, deben pagarse. De cada banco, se debe estimar el volumen disponible, el cual debe estar acorde con las necesidades de la obra.

A través del portal de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se podrán consultar los inventarios de bancos de materiales de toda la República Mexicana, los cuales se publican anualmente y de ellos se puede obtener información básica sobre la localización y aprovechamiento de los bancos de materiales pétreos.

3.5. TENENCIA DE LA TIERRA

Un estudio completo de las condiciones del sitio donde se efectuará la obra, debe considerar el análisis de la tenencia de la tierra en los

sitios donde se pretende construir la infraestructura o a lo largo del trazo por donde habrán de instalarse las líneas de conducción; ya que un factor que ha evitado la construcción de diversas obras (no sólo de infraestructura hidráulica) está relacionado con la tenencia de la tierra y los conflictos sociales que de ella emanan, por consiguiente el trazo de cualquier infraestructura hidráulica estará condicionado a poder utilizar los derechos de vía existentes o poder adquirir el terreno donde se instalará la obra y los accesos a ésta.

En cuestiones de infraestructura pública, la experiencia ha demostrado que no es conveniente pactar el uso de tierras privadas con los dueños, sin adquirir el terreno en cuestión. Ya que al ser obras con un tiempo de vida útil de 30 o 50 años (por ejemplo), no se puede garantizar que el acuerdo se respete, si es que el terreno cambia de dueño.

El proyecto técnico ejecutivo, deberá acompañarse del documento que avale el uso del terreno sobre el cual se va a construir la obra, según sea el caso, deberá adjuntarse el título de propiedad, de cesión de derechos, permiso de uso de derechos de vía, etcétera. Es indispensable respaldar el diseño con la presentación del documento correspondiente.

3.5.1. TIERRAS EJIDALES

En materia legal y para efectos de la regularización de la tenencia de la tierra a fin de obtener un marco legal que permita un régimen de propiedad justa, se creó el artículo 27 de la Cons-

titución y la Ley Agraria, donde se decretan los principios que rigen la existencia y funcionamiento de los núcleos agrarios.

El marco legal reformado en 1992 (artículo 27 y Ley Agraria respectiva) reconoce tres formas de propiedad de tierras y aguas: pública, privada y social; ésta última corresponde a los núcleos agrarios (ejidos y comunidades agrarias).

- **Ejido.** Es la porción de tierras, bosques o aguas que el gobierno entregó a un núcleo de población campesina para su explotación. Las tierras ejidales son inembargables, imprescriptibles e inalienables
- **Comunidad.** Es el núcleo de población formado por el conjunto de tierras, bosques y aguas que fueron reconocidos o restituidos a dicha comunidad, y de los cuales ha tenido presuntamente la posesión por tiempo inmemorial, con costumbres y prácticas comunales

Y con la finalidad de frenar la expansión territorial desordenada y garantizar que las tierras que se han obtenido legítimamente puedan aprovecharse para beneficio propio por medio de la escrituración se han creado comisiones como la Comisión para la Regularización de la Tenencia de la Tierra (CORETT), dependiente de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU).

Se pueden consultar también las “Normas técnicas para la delimitación de las tierras al interior del ejido”, publicadas por la SCT en donde

se establecen los lineamientos técnicos necesarios para llevar a cabo la delimitación de tierras al interior del ejido.

3.5.2. PERMISOS DE OCUPACIÓN DE DERECHOS DE VÍA

Se le denomina derecho de vía a la porción de terreno a utilizar para la construcción, protección, remodelación de infraestructura de propiedad del estado o compañías concesionarias, y su uso está limitado a la legislación vigente.

Se pueden mencionar tres tipos de derecho de vía:

- a) En caminos
- b) En líneas eléctricas
- c) En cauces y cuerpos de agua

De los cuales a continuación se realiza una breve descripción:

3.5.2.1. Derechos de vía en caminos

El derecho de vía, es la franja de terreno en la cual están alojados todos los elementos que constituyen la infraestructura de las carreteras, autopistas y puentes, asimismo puede alojar obras e instalaciones de carácter diverso (SCT, 1997).

Cuando se requiere construir una instalación de forma paralela al camino (Instalación marginal), la cual puede ser para la instalación o tendido de ductos, cableados y similares, se debe construir a 2.5 metros dentro del límite del derecho de vía de una carretera (ver la Ilustración 3.1).

Cruce de caminos

Cuando se requiere cruzar, de un lado a otro de la carretera, con una obra superficial, subterránea o elevada, la longitud del cruzamiento no debe exceder de 200 metros dentro del derecho de vía. Además se deberán respetar los siguientes lineamientos generales:

- Para cruces aéreos, la altura mínima será de 7.25 m medidos del nivel de la parte más baja de la instalación, con respecto al nivel de la rasante de la autopista (Ilustración 3.2)
- Al realizarse la instalación, no deberá interrumpirse el escurrimiento de las aguas en el derecho de vía o en obras de drenaje. Tampoco deberá obstaculizarse la visibilidad en la autopista. Por último, no se deberá afectar ningún elemento de la infraestructura de la autopista
- De forma general, se establece, que la franja de terreno que se requiere para la construcción, conservación, ampliación, protección y en general para el uso adecuado de una vía general de comunicación cuya anchura y dimensiones fija la

Ilustración 3.1 Ubicación de instalación marginal (SCT, 1997)

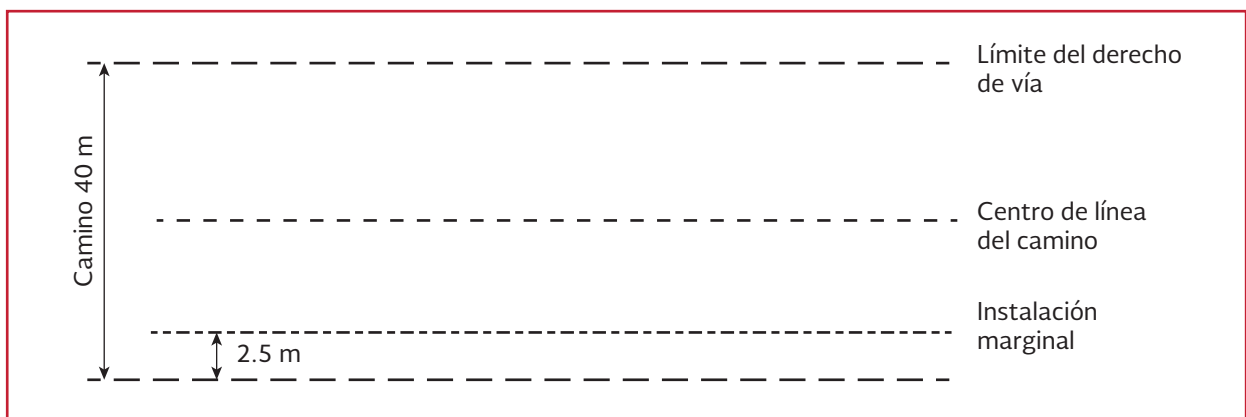
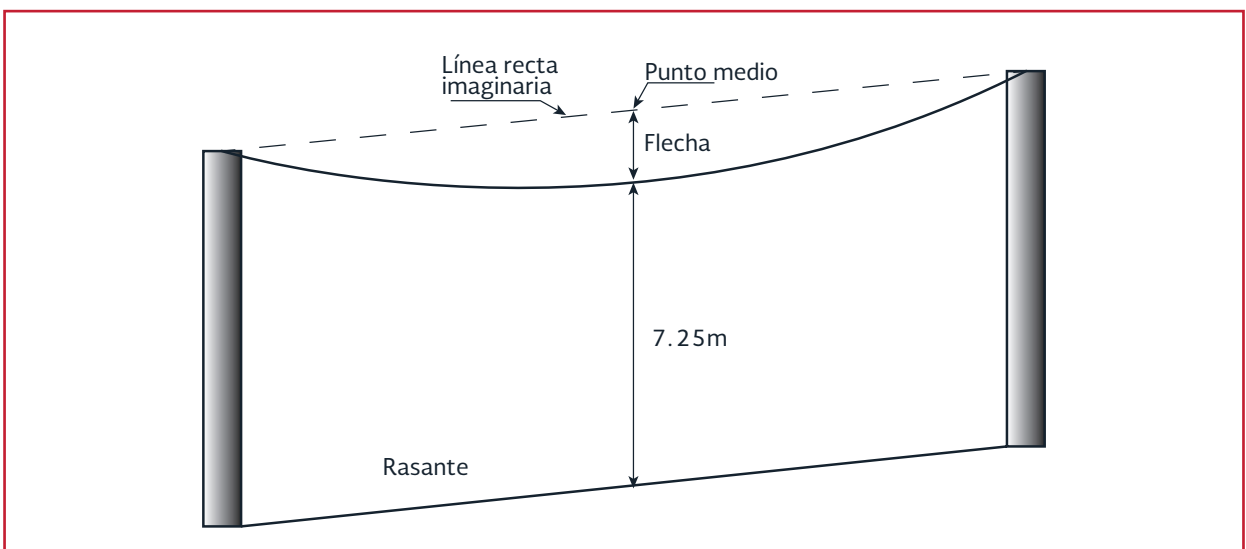


Ilustración 3.2 Ubicación de instalación marginal (NRF-014-CFE-2004)



Secretaría, no podrá ser inferior a 20 metros a cada lado del eje del camino. Tratándose de carreteras de dos cuerpos, se medirá a partir del eje de cada uno de ellos

Aprovechamiento del derecho de vía de carreteras federales y zonas aledañas

Cuando se requiere cruzar una obra de infraestructura, como una conducción de agua potable, por una carretera federal o conducirla de forma paralela al camino (dentro del derecho de vía) se debe realizar el siguiente procedimiento:

1. Solicitar permiso a la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) de acuerdo con la necesidad específica. Existen dos tipos de solicitud:
 - a) Construcción de accesos, cruza-mientos, e instalaciones marginales, en el derecho de vía de las carreteras federales
 - b) Construcción, modificación o ampliación de obras en el derecho de vía
2. Entre otros documentos, se debe especificar:
 - a) La carretera, tramo y kilómetro en donde se llevará a cabo la obra o instalación
 - b) Acreditar la propiedad, posesión de la superficie o autorización para su aprovechamiento
 - c) Presentar croquis con medidas y colindancias en las que se delimite la ubicación del predio; y todo dato adicional que solicite la dependencia

3. Además la SCT solicita información de:
 - a) El uso que se dará al predio
 - b) Descripción de las instalaciones, calendarizando las diferentes etapas de ejecución
 - c) El plano del proyecto

Otros caminos

En el caso de caminos estatales y municipales, las especificaciones y requerimientos para aprovecharlos pueden ser diferentes a los de administración federal. En estos casos deberán atenderse las disposiciones locales, ya sea estatales o municipales.

3.5.2.2. Derecho de vía en líneas eléctricas

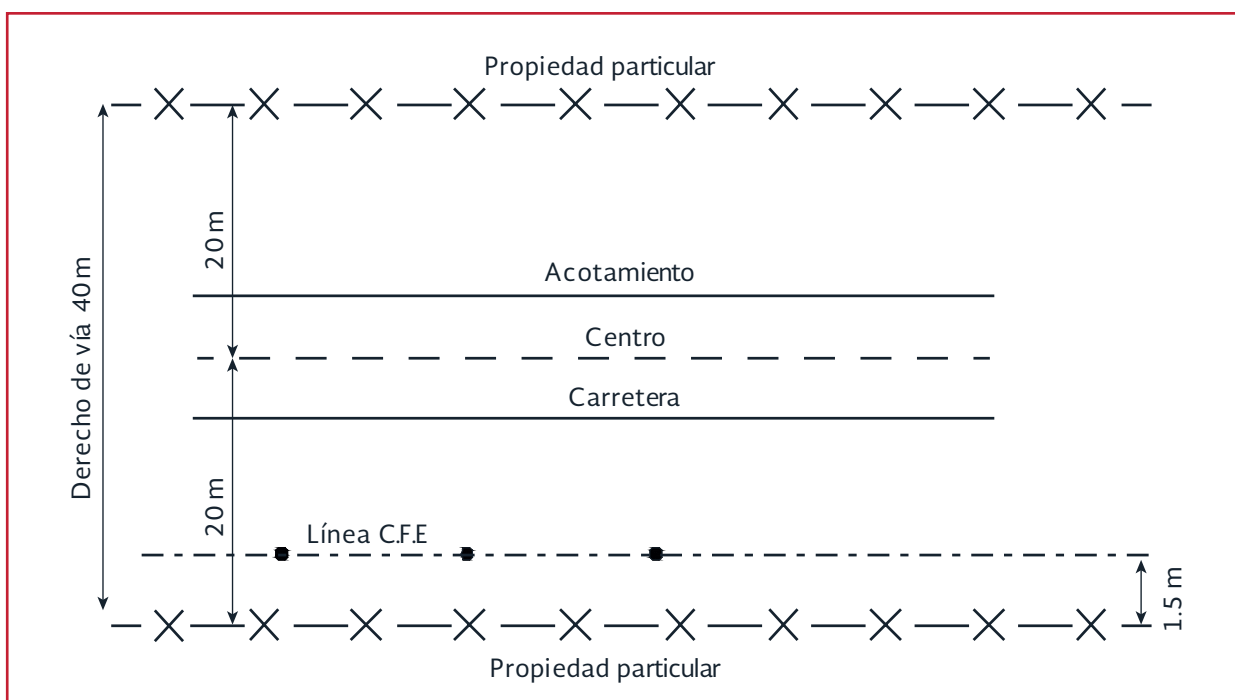
Se le denomina a una franja de terreno que se ubica a lo largo de cada línea eléctrica aérea, cuyo eje coincide con el central longitudinal de las estructuras o con el trazo topográfico.

Cuando existen líneas eléctricas dentro del derecho de vía de una carretera o vía de ferrocarril, éstas se construyen dentro del derecho de vía a 1.5 metros a partir del límite de la propiedad particular (ver la Ilustración 3.3).

En caso de que por el mismo derecho de vía exista otro tipo de infraestructura, se utiliza el lado opuesto para evitar conflictos.

A la línea sobre el derecho de vía no se le instalan retenidas transversales.

Ilustración 3.3 Derecho de vía en líneas eléctricas (CFE, 2004)



Parámetros que influyen en la determinación del ancho del derecho de vía

El ancho del derecho de vía está integrado por el doble de la suma de las siguientes distancias: separación horizontal mínima eléctrica de seguridad (distancia A); proyección horizontal de la flecha del conductor y de la longitud de la cadena de aisladores de suspensión (en su caso), según el ángulo de oscilación que produce la presión del viento (distancia B); del eje de la estructura al conductor extremo en reposo (distancia C); (ver Ilustración 3.4). Estos parámetros varían de acuerdo con: la tensión eléctrica nominal, el calibre del conductor, la magnitud de la presión del viento, el tipo de estructura, la zona y la altitud respecto al nivel del mar en que se ubique la línea aérea de transmisión de energía eléctrica.

La sumatoria de las distancias A+B+C, multiplicado por 2, es el ancho del derecho de vía, es decir: $2 (A+B+C)$, esto se aplica para:

- Valores aplicados para altitud hasta 1 000 m
- Para líneas de subtransmisión de 138 kV se consideran las mismas distancias que para 115 kV (ver la Tabla 3.2)

Para tensiones de 85 kV y 69 kV se deben aplicar los valores que aparecen en la Tabla 3.3 y Tabla 3.4.

Para las estructuras que no se contemplen en las tablas presentadas, es necesario aplicar la metodología de la norma NRF-014-CFE vigente perteneciente a derecho de vía de la Comisión Federal de Electricidad.

Para el trazo y diseño de obras de infraestructura hidráulica, como conducciones, es necesario tomar en cuenta estas especificaciones para poder ubicar de forma adecuada la línea de conducción y no incurrir en violaciones a la normatividad vigente o poner en riesgo la propia instalación.

Ilustración 3.4 Integración del derecho de vía (NRF-014-CFE-2004)

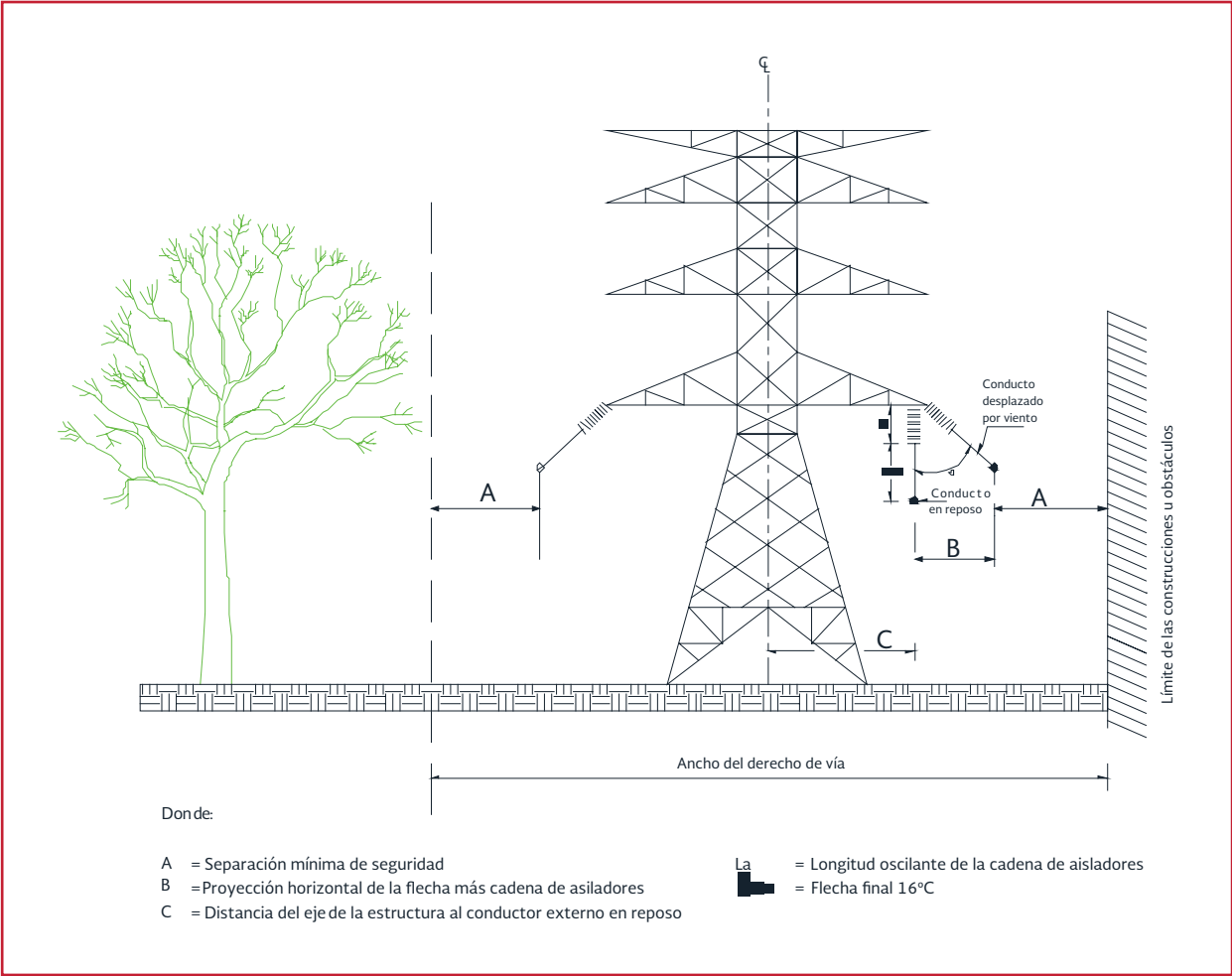


Tabla 3.2 Distancias para líneas de subtransmisión

Tensión (kV)	Distancia A+B (m)	Distancia C		Ancho del derecho de vía (m)
		Un circuito (horizontal) (m)	1 ó 2 circuitos (vertical) (m)	
115		4		20
230		8		32
400		12		42
115			3.25	18.50
230			5	26
400	6		9	36
115	8.5		5	26
230	9		9	36
400	9			

La sumatoria de las distancias A+B+C, multiplicado por 2, es el ancho del derecho de vía, es decir: $2(A+B+C)$.

Nota:

- a. Valores aplicados para altitud hasta 1 000 m
- b. Para líneas de subtransmisión de 138 kV se consideran las mismas distancias que para 115 kV

Tabla 3.3 Ancho del derecho de vía en líneas aéreas con estructura tipo rural para tensiones de 69 kV y 85 kV

Tensión nominal entre fases (kV)	Número de circuitos	Tipo de estructura	Conductor (kCM)	Claro base (m)	Flecha final a 16 °C (m)	Longitud de la cadena de aisladores (m)	Distancia de fase extrema al eje de la estructura (m)	Sepa- ración mínima horizontal 1) (m)	Ancho de derecho de vía 1) (m)	
									Zona urbana 2)	Zona rural 3)
85	2	TA-SF	795	300	8.13	1.06	2.35	2	15	17
69	1	H	266.8	235	3.76	1.12	3.2	1.80	14.5	15.5
			336.4							

Notas:

1) Valores aplicados hasta una altitud de 3 000 m

2) Presión de viento 196 Pa

3) Presión de viento 284 Pa

Tabla 3.4 Ancho del derecho de vía en líneas aéreas con estructura tipo rural para tensiones de 69 kV y 85 kV

Tensión nominal entre fases (kV)	Número de circuitos	Tipo de estructura	Conductor (kCM)	Claro base (m)	Flecha final a 16 °C (m)	Longitud de la cadena de aisladores (m)	Distancia de fase extrema al eje de la estructura (m)	Sepa- ración mínima horizontal 1) (m)	Ancho de derecho de vía 1) (m)	
									Zona rural 2)	
85	2	PA-MS	795	160	5.69	1.06	2.05	2.00	13	17
69	2	PA2S. 69P	477	100	3.12	3)	0.99	1.80	8.5	15.5

Notas:

1) Valores aplicados hasta una altitud de 3 000 m

2) Presión de viento 196 Pa

3) Presión de viento 284 Pa

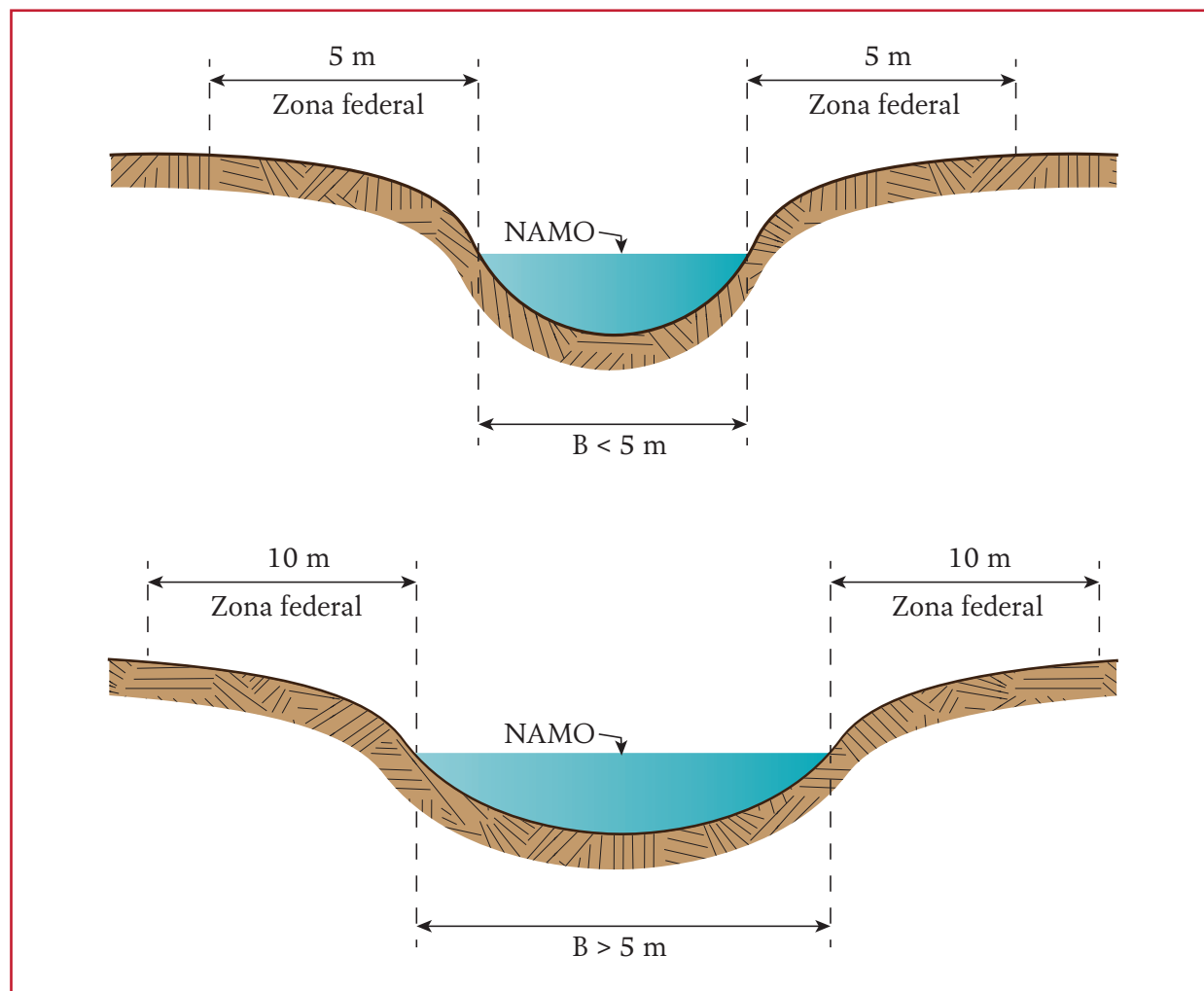
3.5.3. DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS FEDERALES DE LOS CAUCES Y CUERPOS DE AGUA

Se considera que es propiedad de la nación el área dentro de las franjas de diez metros de ancho contiguas al cauce de las corrientes o al vaso de los embalses, medidas horizontalmente a partir del nivel de aguas máximas ordinarias (NAMO). La amplitud de la ribera o zona federal será de cinco metros en los cauces con una anchura no mayor de cinco metros. El NAMO se calculará a partir de la creciente máxima ordinaria que será determinada por la CONAGUA o por el Organismo de Cuenca que corresponda, conforme a sus respectivas competencias. En los ríos, estas fajas se delimitarán a partir de cien

metros río arriba, contados desde la desembocadura de éstos en el mar. En los cauces con anchura no mayor de cinco metros, el nivel de aguas máximas ordinarias se calculará a partir de la media de los gastos máximos anuales producidos durante diez años consecutivos. En los orígenes de cualquier corriente, se considera como cauce propiamente definido, el escurrimiento que se concentre hacia una depresión topográfica y forme una cárcava o canal, como resultado de la acción del agua fluyendo sobre el terreno (Ley de Aguas Nacionales, 2014).

La magnitud de la cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad (observe la Ilustración 3.5).

Ilustración 3.5 Derecho de vía en cuerpos de agua



Aprovechamiento del derecho de vía.

La concesión para la ocupación de terrenos federales cuya administración compete a la Comisión Nacional del Agua, se obtiene a través del trámite CNA-01-006. La CONAGUA otorga un título que da derecho a ocupar las riberas o terrenos contiguos a los cauces de las corrientes y los vasos de lagos, lagunas, esteros o depósitos de propiedad nacional.

El otorgamiento de concesiones de zona federal para explotar, usar o aprovechar bienes nacionales a cargo de la CONAGUA, no implica por sí

mismo la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales ni la extracción de materiales, salvo que así lo señale expresamente el título.

3.5.4. INFORME DE VIABILIDAD TÉCNICA DEL TRAZO Y TENENCIA DE LA TIERRA

Se deberá de elaborar el Informe de Viabilidad Técnica del Trazo y Tenencia de la Tierra, el cual dará sustento a la alternativa que se vaya a proyectar.

- Se deberá contar con la posesión legal de los terrenos en relación a la viabilidad técnica de la traza donde se ejecuten las obras. Se indicará el estado dominial y nomenclatura catastral de los terrenos donde se implantarán las estaciones de bombeo, plantas de tratamiento, cisternas, etcétera
- En el caso que no se cuente con el dominio del/de los terrenos necesarios para construir las obras del proyecto se deberá seguir la política de Adquisición de tierras existente
- Prever que el lugar de descarga sea factible de no producir daños ni perjuicios a la comunidad
- En los lugares donde se instalen estaciones de bombeo se deberá revisar la capacidad prevista, módulos de los equipos, cotas de operación, capacidad del reservorio y condiciones de operación

3.5.5. FACTIBILIDAD DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

3.5.5.1. Introducción y campo de aplicación

Es un procedimiento para la atención de solicitudes de servicio de energía eléctrica que responda a las necesidades de los organismos operadores, comisiones estatales de agua y todas las áreas del sector hídrico, para el suministro de energía eléctrica a los nuevos ser-

vicios, ampliación o modificación de las instalaciones existentes, en alta o media tensión, con apego a los lineamientos aplicables de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica, su Reglamento y el Reglamento en Materia de Aportaciones.

Este procedimiento es de aplicación en el ámbito de la Subdirección de Distribución (CFE) y debe ser observado en todo proyecto del sector hídrico que requiera suministro eléctrico para su operación.

En el libro *Cálculo, Estudio y Diseño de Instalaciones Eléctricas*, del MAPAS, se presenta con detalle este estudio y trámite ante la Comisión Federal de Electricidad.

3.5.6. IMPACTO AMBIENTAL Y EVALUACIÓN COSTO-BENEFICIO

Los estudios de impacto ambiental y la evaluación costo-beneficio, se desarrollan con detalle en el libro *Metodologías de Evaluación Socioeconómica y Estructuración de Proyectos de Inversión (Agua Potable, Alcantarillado, Saneamiento, Mejoramiento de Eficiencia y Protección a Centros de Población)*, del MAPAS.



4

INTEGRACIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO

En este capítulo, se presenta la manera de integrar el expediente que conforma el proyecto ejecutivo y se brindan recomendaciones para su correcta presentación. Considérese que al presentar un documento claro, concreto y bien estructurado, facilitara las labores de revisión, validación, se podrá realizar de forma adecuada la licitación y por consiguiente su construcción.

En cada apartado se describe de forma resumida a que se refiere cada documento y la manera de estructurarlo.

4.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

Producto de la selección de la alternativa más adecuada, se debe integrar un documento que presente el proyecto, que describa el objeto de las obras, los antecedentes y situación previa a las mismas, las necesidades a satisfacer y la justificación de la solución adoptada. Esta información surge de los apartados del capítulo 2 de este libro. Por tanto, la primera parte de la memoria descriptiva es una manera de presentar los trabajos de planeación.

Por otra parte, se debe exponer en forma descriptiva, el desarrollo de la ingeniería de detalle,

de tal forma, que permita una mejor comprensión de las bases de diseño y criterios empleados. Esta información surge de los apartados desarrollados en el capítulo 3.

4.2. MEMORIA DE CÁLCULO

Contiene los estudios y los cálculos de las ingenierías que intervienen en el desarrollo de un proyecto de construcción, de acuerdo al tipo de proyecto esta se puede desglosar en:

- Estudios básicos
- Estudios hidrológicos
- Diseño hidráulico
- Diseño electromecánico
- Diseño estructural
- Diseño funcional o de procesos para la potabilización y tratamiento de aguas residuales

4.2.1. ESTUDIOS BÁSICOS

Se deben presentar, en forma ordenada y lógica, los estudios básicos comentados en el capítulo 3 de acuerdo al tipo de proyecto, indicándose los elementos y criterios adoptados, parámetros, fórmulas, tablas, textos, normas, etcétera.

4.2.2. CRITERIOS DE CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO

Se presentan en forma ordenada y lógica, los cálculos y el dimensionamiento de cada una de las partes que integran el proyecto, indicándose los elementos y criterios adoptados, parámetros de diseño, fórmulas, tablas, textos, normas, etcétera. Fundamentalmente se deben desarrollarán los siguientes puntos:

4.2.2.1. Proyectos de agua potable

- **Captación.** En los casos de fuentes superficiales, las dimensiones y cálculos hidráulicos de los elementos que forman parte de la captación, de acuerdo con los procedimientos presentados en el libro *Obras de Captación Superficiales*, del MAPAS. En el caso de fuentes subterráneas, el diseño de los pozos, ubicación, diámetro y profundidad, encamisados, cálculo del filtro y prefiltro, serán de acuerdo con los procedimientos establecidos en el libro *Captación por Medio de Pozos Profundos*, del MAPAS. Por su parte cálculo de las bombas y equipo electromecánico se deberán apegar a las recomendaciones de los libros *Cálculo, Estudio y Diseño de Instalaciones mecánicas* y *Cálculo, Estudio y Diseño de Instalaciones Eléctricas*, del MAPAS
- **Estaciones de bombeo.** Se deben indicar la totalidad de los cálculos, incluyendo entre otros, los equipos necesarios (gasto, altura manométrica de elevación y potencia de bombas) y su accionamiento,

curvas características del sistema, instalaciones auxiliares, de acuerdo con los procedimientos de los libros *Cálculo, Estudio y Diseño de Instalaciones mecánicas* y *Cálculo, Estudio y Diseño de Instalaciones Eléctricas*, del MAPAS

- **Conducciones:** La traza, longitud, diámetro, materiales, pendientes, tipos de juntas, accesorios, diseño de cruces y dispositivos complementarios, se harán de acuerdo a los libros *Conducciones y Fenómenos Transitorios en Líneas de Conducción*, del MAPAS
 - **Tratamiento.** Se describirá el tratamiento elegido en base a las características del agua cruda, obtenida de los análisis presentados en el apartado de estudios básicos y se presentarán los cálculos hidráulicos de diseño de las unidades, tuberías y cámaras de interconexión, sistema de desagües, sistema de limpieza, elementos de medición y regulación, pérdidas de carga, perfil hidráulico, etcétera, de acuerdo con el libro de *Diseño de Plantas Potabilizadoras de Tecnología Simplificada*, del MAPAS
- En caso de la dosificación de productos químicos, se indicará: descripción, productos a utilizar, dosis, elección de dosificador, reservas, equipos, etcétera. Se informará sobre los lodos generados como producto de las operaciones de potabilización, su cantidad y disposición final. En el caso de incluirse plantas compactas se presentarán los parámetros de diseño de las unidades componentes en función de las características del agua cruda y tratada, para su adecuada especificación

- **Tanques de almacenamiento.** Cálculo de la capacidad, ubicación y tipo se realizará de acuerdo con las especificaciones del libro de *Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable*, del MAPAS
- **Red de distribución.** Tipo de red: material, accesorios, número y tipo de conexiones. Presiones mínimas y máximas. Método y criterio para el cálculo. Gasto hectométrico. Conexiones domiciliarias. Se adjuntará la correspondiente planilla de cálculo o archivo (y sus reportes) del modelo realizado a través de software específico, todo de acuerdo con los procedimientos de los libros *Diseño de Redes de Distribución de Agua Potable* y *Modelación Hidráulica y de Calidad del Agua en Redes de Distribución*, del MAPAS
- **Dispositivos de medición.** Se debe considerar, de acuerdo a los alcances del proyecto, los distintos dispositivos de medición de gasto, presión y niveles en almacenamientos, de acuerdo con el libro *Sistemas de Medición del Agua: Producción, operación y consumo*, del MAPAS

4.2.2.2. Proyectos de alcantarillado y saneamiento

- **Redes de alcantarillado.** Se describirá el tipo de red, pendientes, diámetros, colchón mínimo y máximo, material y tipo de juntas, método y criterios seguidos para el cálculo de las mismas, acompañándose las respectivas hoja de cálculo. Se explicitarán, además, los accesos y empalmes, estaciones de bombeo y equipo, conexiones domiciliarias y demás elementos proyectados. Todo de acuerdo con las especificaciones de los libros *Alcantarillado Sanitario* y *Sistemas alternativos de alcantarillado sanitario*, del MAPAS

- **Tratamiento:** para cada unidad del sistema de tratamiento se indicará su dimensionamiento, criterios de cálculo, ubicación relativa, perfiles hidráulicos, sistemas de limpieza y desagüe, elementos de medición, etcétera. Se informará sobre la cantidad de lodos generados, sus características y cantidad, su tratamiento y disposición final. En el caso de incluirse plantas compactas se presentarán los parámetros de diseño de las unidades componentes en función de las características del agua a tratar y tratada, para su adecuada especificación. Según las especificaciones de los libros del submódulo de *Potabilización y Sistemas de Tratamiento de Agua Residuales* del MAPAS
- **Reúso del efluente tratado:** en el caso que se efectúe el reúso del efluente tratado en campos de riego, se deberán efectuar los balances hídricos correspondientes, indicándose las especies vegetales a cultivar y cuantificando la superficie necesaria. Los terrenos donde se ubicarán los campos de riego deberán estar ubicados en un plano, con indicación de su condición de dominio (público o privado) y nomenclatura catastral. Se deberá indicar además en un informe, la modalidad de gestión del sistema de regadío proyectado, identificándose la entidad que efectuará su operación y mantenimiento. Para tal situación se debe atender las recomendaciones de los libros *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Procesos avanzados con fines de reúso* y *Tratamientos no convencionales de aguas residuales municipales*, del MAPAS

Se debe indicar también el manejo y disposición de los lodos, se deben considerar los siguientes aspectos: posibilidad de afectar napas subterráneas; características del flujo subterráneo en las distintas épocas del año; análisis de vientos; posibilidad de olores en la población; viviendas cercanas; terrenos seleccionados (dimensiones; posibilidad de ampliación; propiedad de los mismos); posibilidad de inundación; cotas; seguridad del área; protección; canal de descarga, etcétera. Todo esto se puede realizar considerando las recomendaciones del libro *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales municipales: Tratamiento y disposición de lodos*, del MAPAS

- **Descarga:** en el caso de cuerpos receptores superficiales y subterráneos, se calcularán las obras de descarga, justificando las características de los elementos que la conforman. En todos los casos, se determinará el régimen legal de las aguas y usos de las tierras afectadas

4.2.2.3. Proyectos de drenaje pluvial

La memoria de cálculo deberá contener, en lo relativo a estudios previos, efectuados para la elaboración del proyecto, lo siguiente:

- Periodo económico del proyecto
- Delimitación de las zonas de construcción, inmediata y futura
- Tablas y resúmenes de cálculo

El proyecto deberá incluir tablas de cálculo hidráulico y geométrico de la red de atarjeas proyectada; se incluirán los cálculos efectuados para obtener los elementos básicos del proyecto y su dimensionamiento, los cuales se presentan en el libro *Drenaje pluvial urbano*, del MAPAS.

Cuando los sistemas de drenaje pluvial y alcantarillado sanitario son separados, además de realizar los planos de cada uno, se debe hacer un plano donde se empalmen los dos sistemas, para evitar que no interfieran entre sí.

4.2.2.4. Diseño estructural

- Se debe efectuar el diseño estructural de todas las estructuras involucradas en el proyecto, esto se realizará tomando como base los resultados del diseño hidráulico, electromecánico, funcional y los estudios básicos de mecánica de suelos
- La documentación del diseño estructural proporcionará todos los elementos necesarios para poder interpretar adecuadamente la concepción de la estructura; el cálculo de las solicitaciones a que estará sometida y su dimensionamiento final
- Se detallarán claramente las hipótesis asumidas y se darán las recomendaciones a tener en cuenta durante la construcción de las obras, todo de acuerdo con las recomendaciones del libro *Estudios Técnicos Para Proyectos de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Diseño estructural*

4.3. PLANOS DE PROYECTO

De forma gráfica y específica definen la configuración, ubicación y orientación física de la obra, incluyendo cada detalle constructivo de la misma, así como la delimitación de terrenos, la ubicación y posible restitución de obras inducidas y obras adicionales necesarias para el correcto funcionamiento de la infraestructura y demás instalaciones existentes en la zona.

Formarán parte del proyecto los planos generales y los correspondientes a las distintas partes de la obra, en concordancia con la Memoria de calculo y se deben representar la totalidad de las obras propuestas incluyendo todos los detalles que ayuden a la clara comprensión de la obra.

4.3.1. ESCALAS

Las escalas numéricas se expresan en forma de fracción, como por ejemplo:

Escala 1:200

Indicando que una unidad del dibujo equivale a 200 unidades en el terreno. En otras palabras, indicamos con ello que el dibujo es 200 veces más pequeño que el terreno, que de forma matemática establece que:

$$\frac{1}{x} = \frac{\text{Dimensión}_{\text{trazo}}}{\text{Dimensión}_{\text{real}}} \quad \text{Ecuación 4.1}$$

donde:

x	=	Número de unidades equivalentes por unidad de dibujo
$\text{Dimensión}_{\text{trazo}}$	=	Dimensión del objeto representado medida en el plano
$\text{Dimensión}_{\text{real}}$	=	Dimensión real del objeto representado

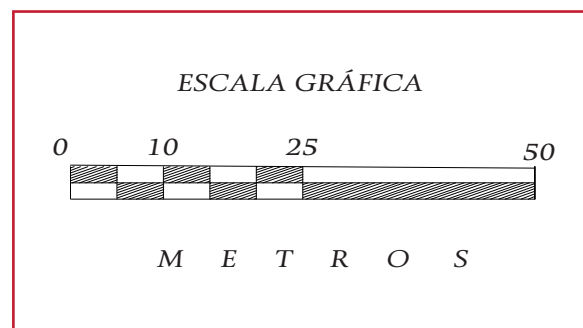
Por tanto:

$$x = \frac{\text{Dimensión}_{\text{real}}}{\text{Dimensión}_{\text{trazo}}} \quad \text{Ecuación 4.2}$$

La escala gráfica consiste en representar sobre el plano una línea dividida en distancias o uni-

dades en correspondencia con la escala escogida (ver Ilustración 4.1).

Ilustración 4.1 Escala gráfica



La escala gráfica debe contener la mayor cantidad de dimensiones posibles para facilitar la comparación de las medidas que se quieran tomar en el plano, y debe estar colocada en un lugar visible, por lo general cerca del recuadro de información del plano.

Las escalas gráficas son indispensables en aquellos planos en donde no se represente el sistema de coordenadas mediante retículas igualmente espaciadas, ya que los planos por lo general son sometidos a procesos de copiado a diversos tamaños, quedando sin valor la escala numérica original, teniendo que recurrirse así a la escala gráfica

Cuando en un plano se presentan dos o más dibujos a diferentes escalas, se deben presentar igual número de escalas gráficas.

Defnición de la escala

Para determinar la escala adecuada para elaborar un plano con una dimensiones determinadas, en un formato específico, se deben relacionar las dimensiones los elementos a dibujar (considerándolo inscrito en un cuadrilátero) con las medidas del lienzo de trabajo (restando los márgenes).

Ejemplo

Considerando un terreno inscrito en un cuadrilátero cuyas dimensiones son: 120 metros de largo por 50 metros de ancho, y que se quiere dibujar en un formato tamaño A4 (dimensiones: 210 x 297)mm, se deben realizar los siguientes pasos:

1. Restar a las medidas del formato los márgenes establecidos

$$210 - 10 = 200$$

$$297 - (25 + 5) = 267$$

2. Aplicando la Ecuación 4.2, las dimensiones horizontales en ambos sentidos resultan:

$$\frac{120m \left(1000 \frac{mm}{m} \right)}{267mm} = 449.43 \approx 500$$

$$\frac{50m \left(1000 \frac{mm}{m} \right)}{200mm} = 250$$

3. Por tanto, ambas escalas resultan:

$$Escala_{Horizontal} = \frac{1}{500}$$

$$Escala_{Vertical} = \frac{1}{250}$$

4. Establecer cual escala es más apropiada para el trazado, que para este ejemplo resulta la escala 1:500, debido a que, por las dimensiones del terreno, no es posible trazarlo horizontalmente sobre este tipo de papel, con la escala 1:250

La escala debe guardar relación con la precisión que se desee obtener, recomendándose utilizar la mayor escala posible. Nótese que mientras mayor sea el denominador de la escala, más pequeña será la representación: una escala 1:200 es mayor que una escala 1:1 000.

Es indispensable conocer la menor medida exacta o apreciación de los instrumentos de medición. Según la *Accuracy Standards for Large Scale Maps* (ASPRS, 1990) la mínima lectura apreciable en una medición con regla graduada es de 0.25 mm, por lo que la máxima precisión en metros que se puede obtener al medir sobre un plano o mapa topográfico dependerá de la escala utilizada y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Precisión = 0.25 \frac{Escala}{1000} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

La Tabla 4.1 presenta las escalas más comunes en el sector hídrico y la máxima precisión en metros que se puede obtener al medir sobre un plano a una escala dada.

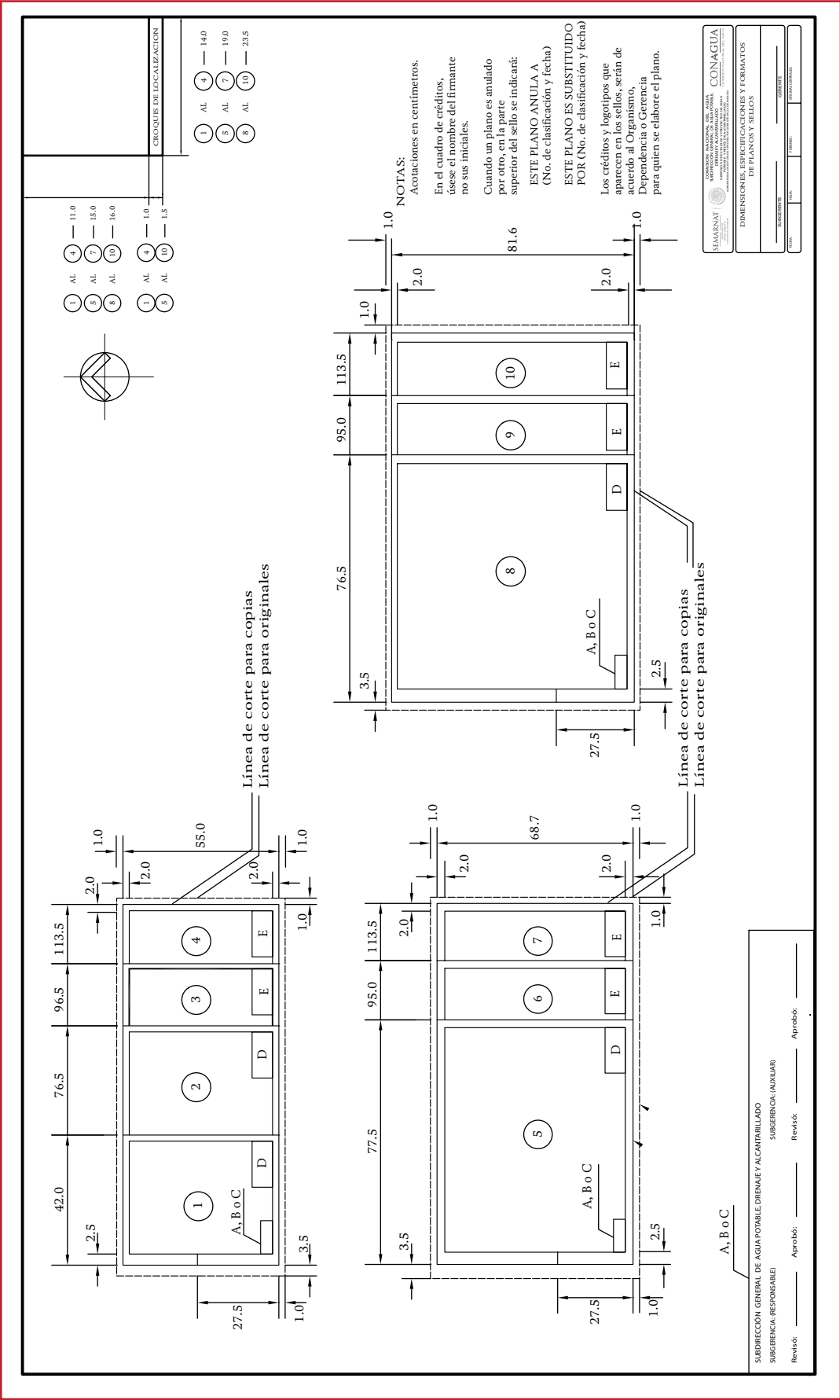
Tabla 4.1 Escalas de uso común en el sector hídrico y su precisión (Casanova, 2010)

Escala	Precisión lograda
	m
1:100	0.0250
1:200	0.0500
1:500	0.1250
1:1 000	0.2500
1:2 000	0.5000

En la elaboración de los planos deben considerarse los siguientes aspectos:

- a) Los planos usados comúnmente en el sector hídrico son de 90 x 60, 105 x 90 y 120 x 90 (cm), con el objeto facilitar su manejo en campo. Se recomienda limitar las dimensiones de largo a 150 cm como máximo. La información contenida deberá estar distribuida adecuadamente, ver Ilustración 4.2 (Se presentan los planos de tipo 1 al 10)

Ilustración 4.2 Dimensiones y acomodo propuesto para planos



- b) Los planos deben realizarse a una sola tinta (Ilustración 4.3)
- c) El grosor de las líneas debe ser tal que ayuden a dar claridad a la información que se pretende mostrar (Ilustración 4.3)
La calidad que se debe asignar a objetos de primer orden (líneas de proyecto) debe estar entre 0.50 y 1.00 mm; las de segundo orden (líneas existentes) debe estar entre 0.35 y 0.50 mm; las líneas de tercer orden (curvas de nivel y carreteras, Paramentos, líneas ocultas, etcétera) deben estar entre 0.1 y 0.35 mm (Ilustración 4.3)
- d) El tipo de letra, su tamaño y grosor deberá ser tal que sea legible la información que se desea transmitir y como mínimo debe ser de 2 mm, excepto en aquellos

- textos que no sean inherentes al proyecto, en los que se podrá aceptar tamaño mínimo de 1.5 mm (Ilustración 4.4)
- e) Todo plano deberá contener la información suficiente para que el constructor no tenga que recurrir a la memoria técnica

Ilustración 4.4 Tamaños recomendados de texto

Ejemplo de tamaño	Tamaño de impresion (mm)	Ejemplo de tamaño	Tamaño de impresion (mm)
A1	1.5	A1	5.0
A1	2.0		
A1	2.5		
A1	3.0	A1	7.5
A1	3.5		
A1	4.0	A1	10.0

Ilustración 4.3 Recomendaciones de estilo para la presentación de planos

Nombre del estilo	Tipo de letra	Estilo de letra	Uso
Estilo 1	Arial Narrow	Regular	Cotas,niveles, pie de plano
Estilo 2	Arial regular	Regular	Nombres de ambiente
Estilo 3	Arial Black	Bold	Titulos

	0.10 mm
	0.20 mm
	0.30 mm
	0.35 mm
	0.40 mm
	0.50 mm
	0.70 mm
	1.00 mm

- f) Para facilitar la integración de los planos a la carpeta se recomienda hacer lo que se indica en la Ilustración 4.5

4.3.2. ELABORACIÓN E INFORMACIÓN DE LOS PLANOS

Los planos del proyecto deben mostrar una correcta organización de la información, todos los datos deben organizarse fomentando la lectura común de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo mostrando un orden y deben contener, al menos, la siguiente información:

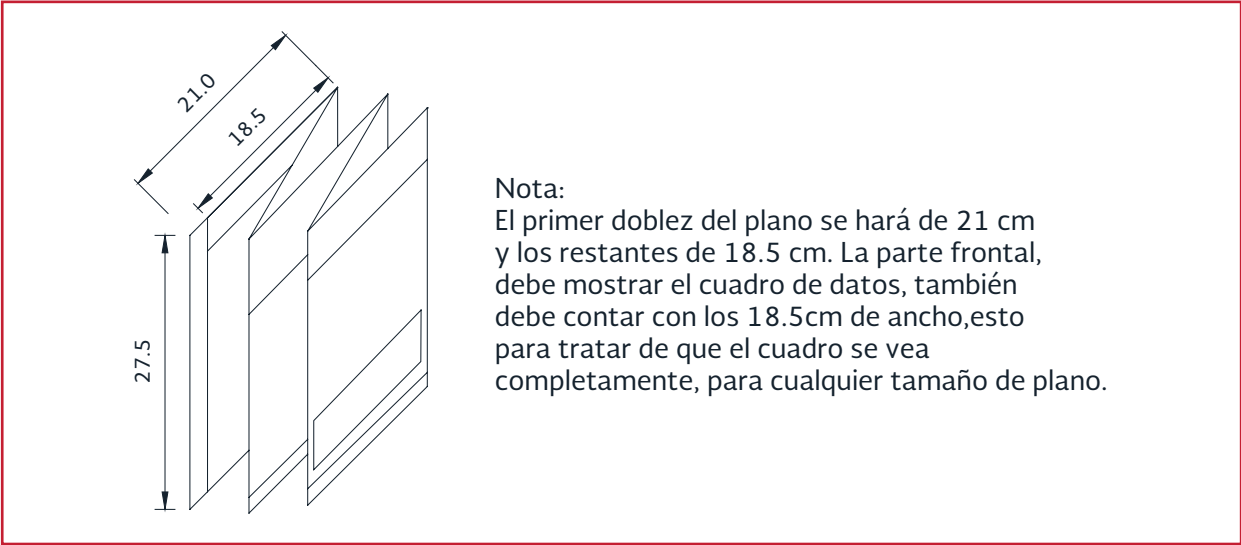
- **Unidades empleadas.** Deben ser acordes con la norma NOM-008-SCFI-2002. En caso de utilizar otras unidades colocarlas entre paréntesis
- **Croquis de localización.** Tiene el objetivo de facilitar su georreferenciación en un sitio determinado. En ocasiones se incluye un croquis de macrolocalización y otro de microlocalización y solo debe llevar aspectos relevantes a la ubicación del proyecto, nunca debe llevar información diferente a este

- **Cantidades de obra.** Se indican las cantidades de metros cuadrados, metros cúbicos, metros lineales, piezas, etcétera, necesarios para la ejecución de cada una de las actividades que comprenden la obra (Tabla 4.2)

Tabla 4.2 Contenido del cuadro tipo de “Cantidades de obra”

Cantidad de obra		
Concepto	Unidad	Cantidad
Excavación en material tipo II en seco hasta 2.0 m	m ³	4 438.9
Plantilla con material producto de banco, compactada al 85% de la prueba próctor estandar	m ³	619.8
Relleno con material producto de banco, compactada al 90% de la prueba próctor estandar	m ³	1 642.8
Relleno con material producto de banco, compactada al 85% de la prueba próctor estandar	m ³	2 176.3
Instalación de tubería PEAD RD-21, de 50 cm de diámetro	m	10 615.3
Instalación de tubería PEAD RD-21, de 76 cm de diámetro	m	598.6
Acarreo de material producto de excavación 1er Km	m ³	2 796.1
Acarreo subsecuente al 1er km de material producto de excavación	m ³ km	13 980.5
Concreto para elaborar atraques	m ³	4.2

Ilustración 4.5 Especificaciones para el doblado de los planos



- **Datos del proyecto.** Contendrá los datos básicos del proyecto. La Tabla 4.3, a manera de ejemplo, los datos correspondientes a un proyecto de agua potable. Deberán realizarse cuadros similares para proyectos de potabilización, alcantarillado sanitario, sistemas de tratamiento de aguas residuales o de drenaje pluvial
- **Símbolos.** Debe contener absolutamente todos y cada uno de los símbolos usados en el plano, perfectamente ordenados y escalados, nunca deformados, tampoco

Tabla 4.3 Contenido del cuadro tipo de "Datos de proyecto"

Datos de Proyecto	
Población actual (2009), hab	637
Población de proyecto (2017), hab	1415
Dotación, L/(hab d)	150.00
Gasto medio diario, L/s	2.46
Gasto máximo diario, L/s	3.44
Gasto máximo horario, L/s	5.33
Coefficiente de variación diaria	1.40
Coefficiente de variación horaria	1.50
Coefficiente de regulación	10.96
Fuente(s) de abastecimiento	Pozo profundo
Tipo de captación	Subterránea
Gasto de la(s) fuente(s), L/s	3.44
Conducción	Bombeo
Capacidad de regulación, m ³	37.7
Distribución	Gravedad

Ilustración 4.6 Contenido del cuadro tipo de "Símbolos"

Símbolos	
Caja de operación de Válvulas TIPO 1,2,5 o 9.	CA - 1
No. Nodo Cota Piezométrica Cota de terreno Carga disponible	
Simbología de la red	
Red de 2" PEAD RD 21	— — — — —
Red de 3" PEAD RD 21	— — — — —
Cajas de válvulas reductoras de presión Tipo 1 ó 2 VR - 1	

deben colocarse símbolos que no aparezcan (Ilustración 4.6). En el anexo A se muestran los símbolos más comunes utilizados en proyectos de agua potable, alcantarillado y saneamiento

- **Notas.** Es el recuadro destinado para dejar registro de indicaciones, aclaraciones o comentarios de los dibujos o proyecto en general (Ilustración 4.7). Debe contener sólo notas relevantes y personalizadas a cada proyecto, por lo que no es válido colocar texto solo para rellenar, si no se consideran notas importantes no es necesaria su localización
- **Escala.** Se representará sobre el plano como una línea dividida en distancias o unidades en correspondencia con la escala escogida y adecuadas a lo que se desee presentar
- **Cuadros de identificación.** El cuadro de identificación del plano y el cuadro de la empresa que elaboró el proyecto estarán de acuerdo con lo establecido en la Ilustración 4.8 e Ilustración 4.9, respectivamente. Deberán de contener las firmas y fechas de los responsables de diseño, revisión y autorización, además de:

Ilustración 4.7 Contenido del recuadro tipo de "Notas"

Notas
- Tubería de pead 2" será con rd - 21 para 7.4 kg/cm ²
- Tubería de pead 3" será con rd - 21 para 7.4 kg/cm ²
- Las dimensiones de la zanja están dadas por las recomendaciones del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) de la CONAGUA
- De acuerdo a las recomendaciones de CONAGUA, para diseño de redes en comunidades rurales con menos de 2 500 habitantes, el horizonte de proyecto se deberá adaptar de 5 a 7 años, en este caso se seleccionó un horizonte de 7 años, hasta el año 2017.

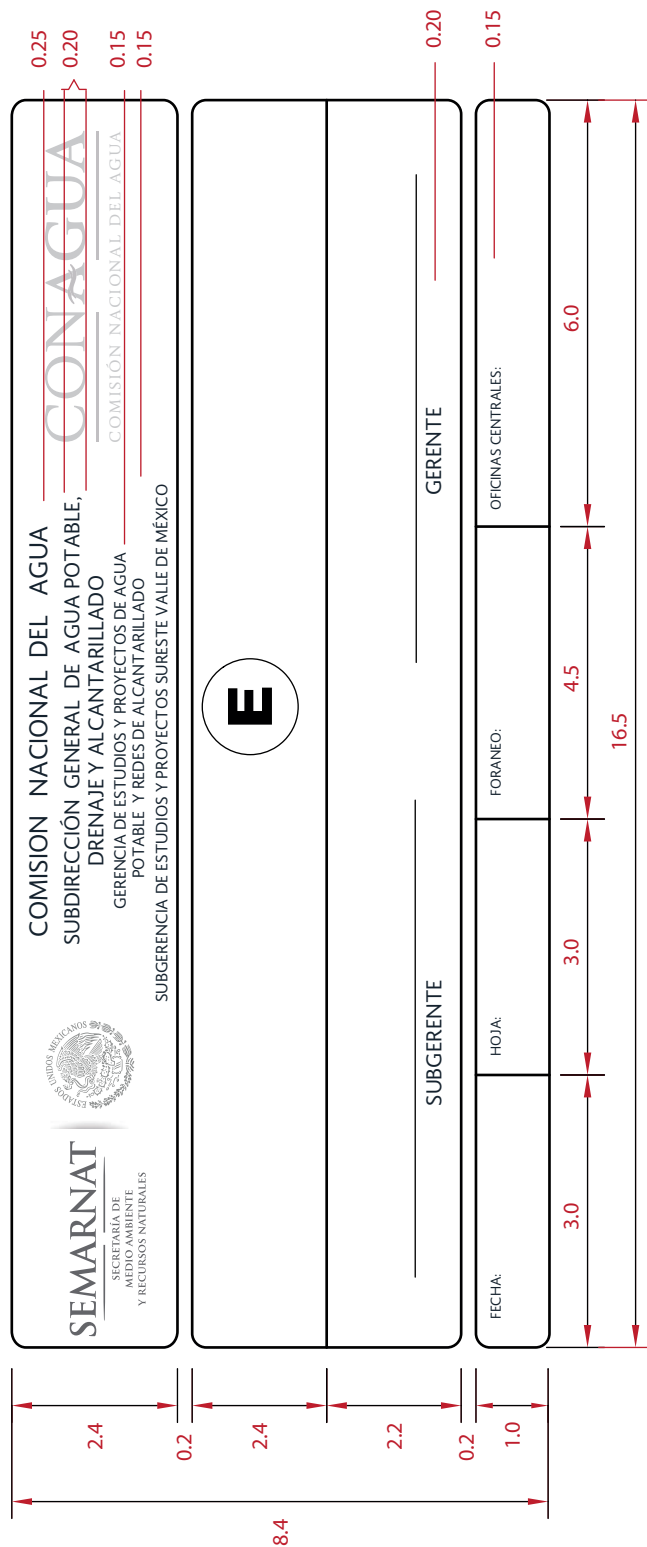
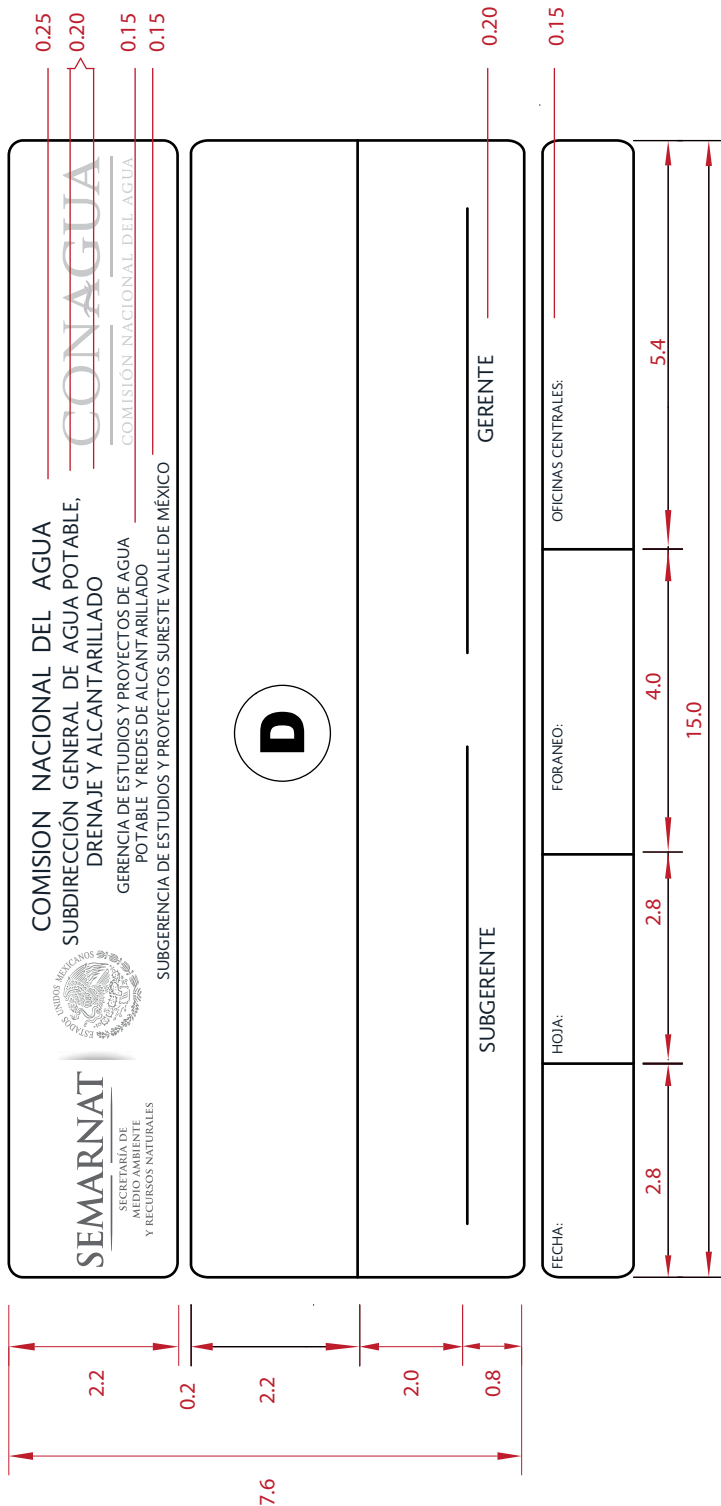
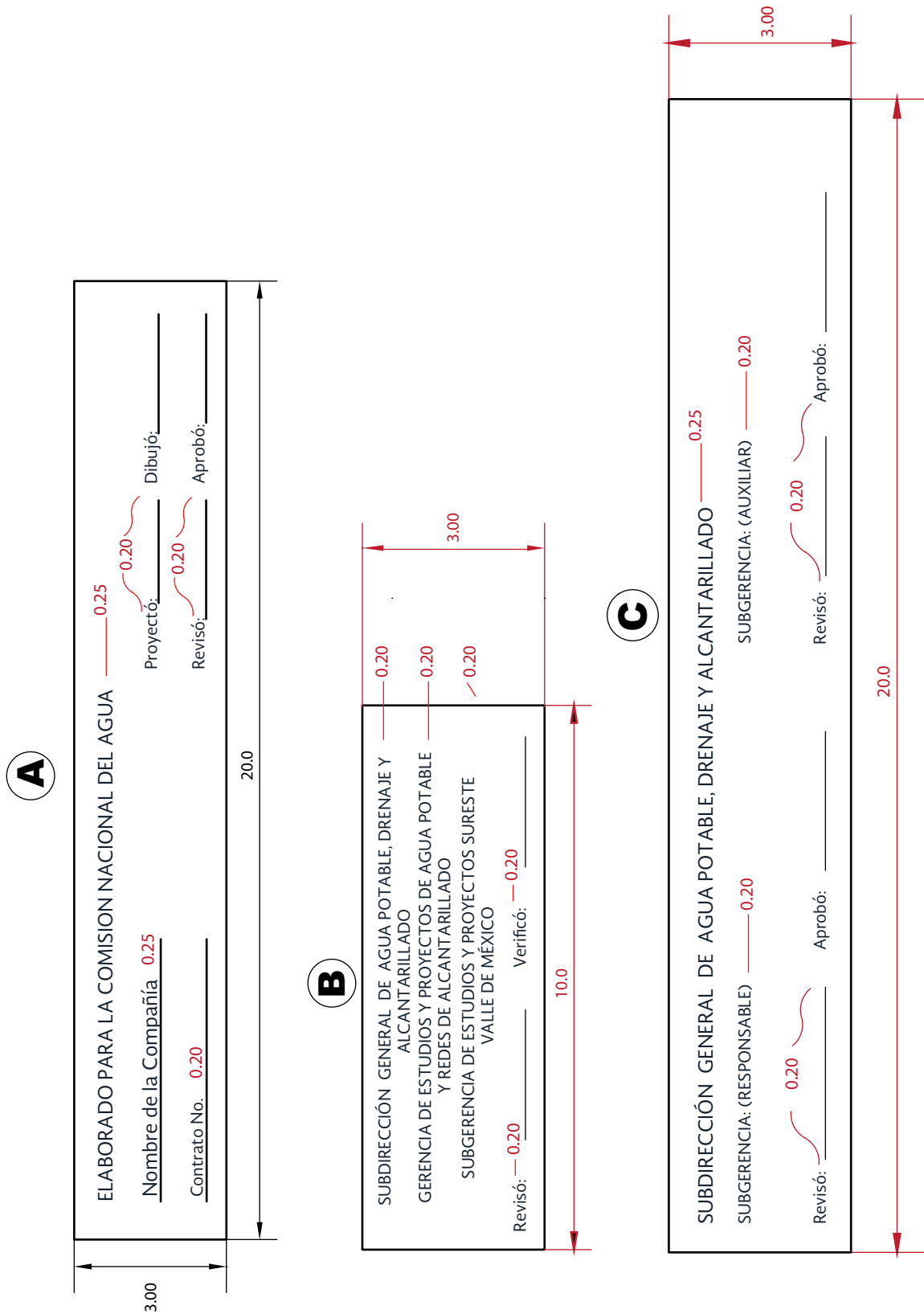


Ilustración 4.9 Datos de identificación del plano (2)



1. Nombre del proyecto y tipo de plano
2. Lugar y fecha de ejecución del plano
3. Número de plano
4. Clave del plano
5. Escala
6. Logotipo y nombre de la empresa que elaboró el proyecto

Se deben indicar los nombres de los profesionistas responsables de la elaboración del proyecto, indicando número de cédula profesional

Las letras A, B, C, D y E corresponden a la nomenclatura de la Ilustración 4.2

- **Detalles constructivos.** Se deberán de incluir los detalles constructivos, que se consideré por su complejidad o importancia representar a mayor detalle (Ilustración 4.10 e Ilustración 4.11)
- **La cuadrícula.** Es la representación gráfica, a intervalos iguales o enteros, de

los ejes de coordenadas utilizados en el mapa

En la mayoría de los casos la representación de la cuadrícula se hace mediante el trazado de líneas finas continuas; sin embargo, en aquellos planos muy densos, y con el objeto de despejar un poco el dibujo, es aconsejable trazar líneas cortas alrededor del marco del dibujo en lugar de las líneas continuas, o marcar cada uno de los vértices de la cuadrícula con una pequeña cruz

En la intersección de las líneas de la cuadrícula con el borde del plano es necesario rotular la coordenada correspondiente Especial cuidado debe tenerse en el dibujo de la cuadrícula, ya que en la elaboración de un proyecto, algunas medidas son tomadas directamente del plano, pudiendo cometerse errores grandes debido

Ilustración 4.10 Detalles constructivos

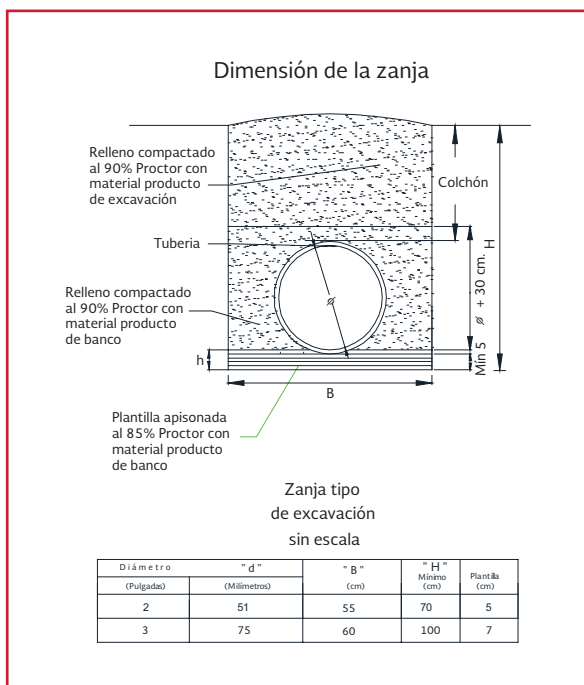
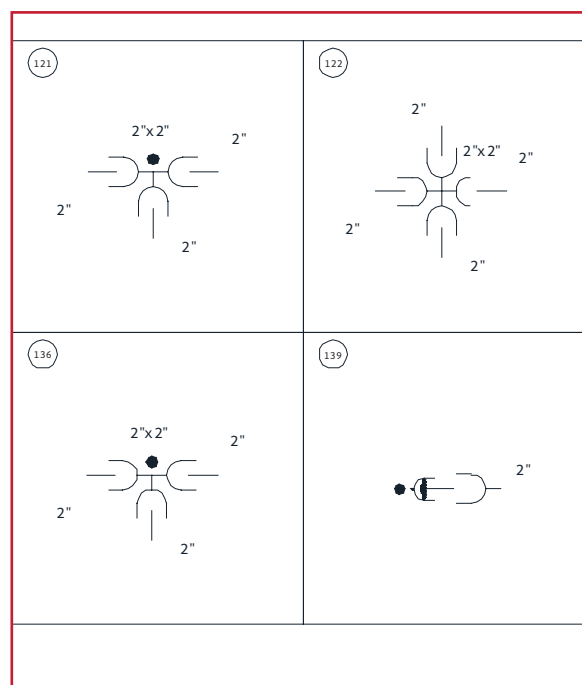


Ilustración 4.11 Detalles constructivos (2)



a la impresión de la cuadrícula y al espesor del trazo

Generalmente, la cuadrícula se dibuja con lados de 5 x 5 cm o de 10 x 10 cm

- **Símbolo de orientación del norte.** Es un importante elemento del plano, por lo que se recomienda se coloque en un lugar visible con un tamaño de no menos de 10 cm de largo, indicando si se trata del norte geográfico o del norte magnético
- En aquellos planos en donde no se haya representado la cuadrícula, es indispensable el uso del símbolo de orientación del norte

Nota Importante:

Todos los recuadros usados en el plano, como croquis, cantidades de obra, datos, notas, símbolos, solapas, etcétera, deben ser exclusivos de cada plano, no es válido copiar información, de un plano a otro y que no se vea reflejada en el mismo.

4.4. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

El proyectista debe realizar una serie de recomendaciones para los procesos constructivos y de instalación de equipos, estos deben ir de forma resumida en el área de notas de los planos y de forma detallada, con esquemas, tablas y fotografías en un documento adjunto.

4.5. MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Con el propósito de garantizar la correcta operación y mantenimiento de las obras se deberá preparar un plan de Operación y Mantenimiento. El mismo puede ser preparado durante la etapa de construcción de la obras, pero antes de la finalización de las mismas.

El propósito del mantenimiento es conservar las obras comprendidas en el Proyecto en las condiciones de operación en que se encontraban al momento de su terminación, dentro de un nivel compatible con los servicios que debe prestar.

El plan de mantenimiento deberá incluir:

- a) Detalle de operación y mantenimiento (Manual) de las obras
- b) Asignación de tareas y sus costos y los recursos que serán empleados
- c) Costos anuales de operación y mantenimiento
- d) Se deberá analizar para un período de vida útil de acuerdo al horizonte de diseño utilizado para la obra
- e) El plan será revisado una vez al año y la jurisdicción/operador deberá presentar anualmente un informe sobre el estado de las obras, equipos y la revisión del plan anual para el siguiente año

Este documento es fundamental para los proyectos de plantas potabilizadoras y de tratamiento de aguas residuales.

En los libros del módulo de Operación y Mantenimiento del MAPAS se presentan ejemplos de estos manuales.

4.6. CATÁLOGO DE CONCEPTOS Y PRECIOS UNITARIOS

Es la caracterización y cuantificación de cada trabajo a realizar para ejecutar la obra. Se presenta en forma de listado en el cual se describen las cantidades y características de todos los materiales y servicios necesarios para la construcción de la obra.

Estos datos son extraídos de los planos y a cada concepto se le asigna: clave, descripción, unidad de medición y la cantidad. En cada concepto se considera la cantidad de mano de obra necesaria, las herramientas y materiales necesarios por unidad de medida establecida. La función del catálogo de conceptos es la de facilitar la cotización del proyecto y control de obra.

La CONAGUA, publica anualmente en el *Catálogo general de precios unitarios para la construcción de sistemas de agua potable y alcantarillado* donde se incluyen los conceptos más comunes que se utilizan en el sector. El catálogo se clasifica en nueve partes:

1. Terrecerías
2. Agua potable
3. Alcantarillado
4. Obra civil
5. Perforación de pozos
6. Instalaciones hidráulicas y eléctricas
7. Instalaciones generales
8. Suministros
9. Acarreos y fletes

El catalogo de conceptos que publica la CONAGUA está integrado por cuatro columnas (Tabla 4.4):

1. **Clave:** Indica la especificación que le corresponde a cada concepto
2. **Concepto:** Describe cada elemento, componente o equipo que integra el proyecto ejecutivo. El contenido que se describa en este apartado debe contener la información mínima necesaria que permita la identificación del elemento, componente o equipo del sistema. La descripción debe ser clara y precisa, de forma tal que evite confusiones que ocasionen la adquisición de un componente sin las características apropiadas para el proyecto o de calidad inferior. De preferencia se deberá utilizar el sistema general de unidades (otras unidades deben especificarse en paréntesis)

Tabla 4.4 Extracto del catálogo de conceptos de la CONAGUA

Clave	Concepto	Unidad	Precio
4000 00	Mampostería de piedra, con paramentos rostreados, junteados con....		
4000 01	Mortero cemento-arena 1:5.	m ³	1 041.62
4000 02	Mortero cemento-arena 1:3.	m ³	1 148.03
4001 00	Zampeado de piedra.....		
4001 01	Colocado en seco.	m ³	576.44
4001 02	Mortero cemento-arena 1:5.	m ³	881.49
4001 03	Mortero cemento-arena 1:3.	m ³	970.17

3. **Unidad:** Especifica la unidad de medición del concepto (puede ser pieza, metro, metro cuadrado, metro cúbico, hectárea, litro, etcétera)
4. **Precio unitario:** Indica el precio promedio del mercado de cada concepto, expresado generalmente en moneda nacional

Para el desarrollo del catálogo, que forma parte del proyecto ejecutivo, además de estos conceptos, deberá presentarse el precio unitario con número y letra; además se adicionará una columna de Importe, que resulta de la multiplicación de la cantidad por el precio unitario.

Instrucciones para la utilización del catálogo de conceptos y precios unitarios de la CONAGUA

1. Se emite un solo precio general para cada concepto, tomando en cuenta las insignificantes variaciones en los salarios mínimos en las áreas geográficas y por tratarse de un catálogo cuyo uso es para elaboración de presupuestos. Cabe mencionar que de ser el caso, se deberán de hacer los ajustes necesarios de acuerdo al grado de dificultad y a la situación que en particular tengan los proyectos o las obras
2. Todos los conceptos de trabajo están valuados como precios unitarios, es decir, están afectados por un Factor de indirectos, financiamiento, utilidad y cargos adicionales, excepto los suministros que aparecen a precios de lista de proveedor o distribuidor, estos valores corresponden precisamente a listas sin considerar descuento que son función de la política de cada empresa por lo que solamente podrán considerarse como referencia
Se recomienda que para integrar el costo

total del suministro, se considere además de los descuentos obtenidos, las manobras, fletes y acarreos hasta el sitio de la obra o almacén de la misma, ya que se tratan de suministros libres a bordo fábrica (lab) y/o lo indicado en el concepto. En todos los casos deberán observarse que los suministros cumplan con las especificaciones y normas establecidas para el caso

3. Los análisis de los conceptos de trabajo contemplan condiciones medias y generales por lo que deben ser considerados únicamente con fines presupuestales
4. Todos los precios unitarios que se encuentran en este catálogo están expresados en pesos (\$)

En caso del proyecto a realizar requiera un concepto que no se encuentre dentro del catálogo CONAGUA, se deberán realizar los análisis de precios unitarios correspondientes. En el caso de conceptos para obra civil e instalaciones, se deberán integrar en su expresión mínima por actividad, por lo que las unidades deberán ser m, m², m³, kg, Pieza, y no se aceptaran unidades como lote o bloque. Caso contrario para equipos electromecánicos y de procesos que se adquieran totalmente habilitados y puestos en obra, por parte del fabricante.

Como parte de la presentación del proyecto, deberán adjuntarse los números generadores que justifique las cantidades de obra asentada en el catálogo.

4.7. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Es imprescindible conocer el alcance de cada concepto por lo que el catálogo se acompaña con las *Especificaciones generales para la cons-*

trucción de sistemas de agua potable y alcantarillado, que al igual que el catálogo es publicado anualmente por la Subgerencia de Apoyo Técnico Normativo en Ingeniería de Costos, de la Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento de CONAGUA.

Este documento describe de forma detallada cada uno de los conceptos definidos en el catálogo, las regulaciones para su ejecución, las obligaciones de orden técnico que correspondan al ejecutor, la manera en que se llevará a cabo la medición de las unidades ejecutadas, el control de calidad de personal, herramientas y materiales empleados, así como del producto o servicio terminado al que hace referencia la especificación.

Las especificaciones técnicas son documentos en los cuales se definen las normas, exigencias y procedimientos a ser empleados y aplicados en todos los trabajos de construcción de obras, elaboración de estudios, fabricación de equipos;

basados en los resultados de la experiencia y del desarrollo tecnológico.

En el caso de la realización de estudios o construcción de obras, éstas forman parte integral del proyecto y complementan lo indicado en los planos respectivos y en el contrato. Son muy importantes para definir la calidad de los trabajos en general y de los acabados en particular. Las especificaciones técnicas pueden dividirse en generales y específicas.

Para cada concepto definido se deberá presentar su especificación la cual debe incluir tres aspectos fundamentales (observe la Tabla 4.5):

- a) **Definición del concepto.** En este primer punto se especifica cuál es el objetivo del concepto, quién lo ejecutará, si depende de un concepto previo para su ejecución y cualquier característica o recomendación necesaria para su correcta ejecución

Tabla 4.5 Especificaciones para los conceptos de la Tabla 4.4

Concepto	Mampostería y zampeado para estructuras
Clave	4000.01 al 4000.02 y 4001.01 al 4001.03
Definición y ejecución	Se entenderá por "mampostería de piedra" la estructura formada por fragmentos de roca unidos por mortero de cemento-arena; cuando la mampostería se construya sin el uso de mortero para el junteado de las piedras únicamente por acomodo de las mismas, se denominará "Mampostería seca o Zampeado". Cuando el zampeado ya construido en seco según la especificación anterior se recubra y se llenen sus juntas con una capa de mortero de cemento-arena, se conocerá como "zampeado con mortero de cemento-arena.
Actividades de obra	Comprende el suministro de todos los materiales que intervienen en la construcción; la piedra deberá ser de buena calidad, homogénea, fuerte, durable y resistente a la acción de los agentes atmosféricos, sin grietas ni partes alteradas; sus dimensiones serán fijadas por el Residente, tomando en cuenta las dimensiones de la estructura correspondiente, y no se admitirán piedras en forma redondeada. Cada piedra se limpiará cuidadosamente y se mojará antes de colocarla, debiendo quedar sólidamente asentada sobre las adyacentes, separadas únicamente por una capa adecuada de mortero. El mortero de cemento-arena que se emplee para juntar la mampostería, deberá tener la proporción que señale el proyecto y/o lo indique el Residente. El mortero podrá hacerse a mano o con máquina, según convenga de acuerdo con el volumen que se necesite.
Medición y pago	La mampostería y el zampeado serán medidos para fines de pago en metros cúbicos con aproximación a dos decimales. Al efecto se determinará directamente en la obra los volúmenes realizados por el Contratista según lo especificado en el proyecto y/o las órdenes del Residente..
	El pago de estos conceptos se realizara en función de lo realmente ejecutado y de acuerdo con las definiciones de cada concepto; correspondiendo el suministro de todos los materiales en el lugar de utilización, incluyendo fletes, acarreos, maniobras, movimientos, abundamiento, mermas y desperdicios, así como el equipo y la mano de obra necesaria.
	No se estimará para fines de pago, los volúmenes de mampostería o zampeados contruidos fuera de las secciones del proyecto y/o las órdenes del Residente.

- b) **Actividades de obra.** Incluye la descripción de cada uno de los trabajos que se consideran en el concepto
- c) **Medición y pago.** Establecerá la unidad de medida para su cuantificación, el alcance del concepto, es decir, los trabajos y materiales que se incluye, así como los criterios de medición para pago

Es importante mencionar que cada concepto del Catálogo de conceptos requiere de una especificación y están ligados mediante una clave de identificación.

Cada concepto está identificado con una clave, misma que existe sola o formando parte integral de un grupo de conceptos semejantes que para evitar especificaciones repetitivas se maneja como una sola. En general los conceptos seleccionados representan la mayoría de los trabajos que competen a las obras de Agua Potable y Alcantarillado; sin embargo, sería utópico presuponer que resuelvan de manera integral todas las alternativas de un Proyecto, por lo que para los trabajos adicionales que pudiesen existir en una obra determinada o en la elaboración de un Catálogo de Conceptos para Concurso, es conveniente asignarles una clave acorde con la nomenclatura aquí propuesta dándole un ordenamiento racional. Estos conceptos adicionales, tomando en cuenta su grado de repetición, previa solicitud de las Unidades Administrativas serán estudiados e incorporados a esta edición.

En caso de que las condiciones de una obra específica difieran con lo asentado en el documento de *Especificaciones generales para la construcción de sistemas de agua potable y alcantarillado*, las variaciones se deben indicar

generando un nuevo concepto, pero tomando como base el que se encuentra ya definido, al que se le harán las adecuaciones en las Especificaciones Particulares; indicando únicamente las adiciones o cancelaciones según la naturaleza de los trabajos; esto permitirá el análisis y elaboración de los precios unitarios requeridos.

4.8. PRESUPUESTO BASE

Está conformado por precios unitarios para cada concepto establecido en el catálogo, los cuales al multiplicarlos por la cantidad de unidades generará un costo por concepto. La suma de todos estos costos generará el costo de la obra. Con ello se establece el costo total de la obra proyectada.

Las actividades de programación y presupuestación están entrelazadas entre sí, no se pueden delimitar como dos etapas diferentes, antes y después del presupuesto se dan actividades de programación. La programación implica la anticipación de cómo se ejecutará una obra, involucra la formulación de un plan de acción para la ejecución y definición de los recursos necesarios para lograrlo en tiempo, costo y calidad, acorde a especificaciones previas (Varela 2009).

Un programa de obra consta de diversas actividades, no solamente de las de tipo constructivo, involucra actividades como instalaciones de oficina, logística, así como las relativas a la terminación y entrega de obra y cabe mencionar que son todas necesarias para la realización de una obra.

En cada actividad se debe seleccionar adecuadamente la unidad de medida, de ello dependerá que la función de programación cumpla su objetivo en la etapa del control, para efecto de

comparar lo programado contra lo ejecutado. Así mismo, es de igual importancia la cantidad programada para cada actividad, en el caso de las actividades relativas a la ejecución de obras se obtiene directamente de los planos, a esta actividad se le conoce como cuantificación. Posteriormente, en la etapa de la ejecución y control de la obra, se obtendrán las actividades reales directamente de lo ejecutado en obra mediante la actividad que se denomina medición.

Para efecto de tener un programa de ejecución de obra lo más apegado a la realidad, aparte de contar con todos los elementos del proyecto, es importante contar con el presupuesto base definitivo de obra.

4.9. CALENDARIO DE EJECUCIÓN Y PROGRAMACIÓN DE OBRA

En este documento se muestra en orden cronológico como se desarrollarán todos los trabajos necesarios para la realización de la obra, con el tiempo de ejecución y costo. Esto nos brindará una idea clara del tiempo necesario para la construcción, el orden de las actividades a realizar, los tiempos para adquirir los insumos y la asignación del presupuesto

La programación de una obra consiste en el ordenamiento adecuado e idóneo, de los procedimientos y políticas emanadas del presupuesto de la obra, previa garantía de la fluidez económica y operativa que se establezca para ello (dependiendo de la prioridad de la misma). Una

vez determinado el ordenamiento a seguir, la programación nos permite desarrollar la ejecución de los conceptos de obra, considerando los aspectos: economía, seguridad y eficacia. Algunos aspectos importantes de la planeación y el control a destacar son:

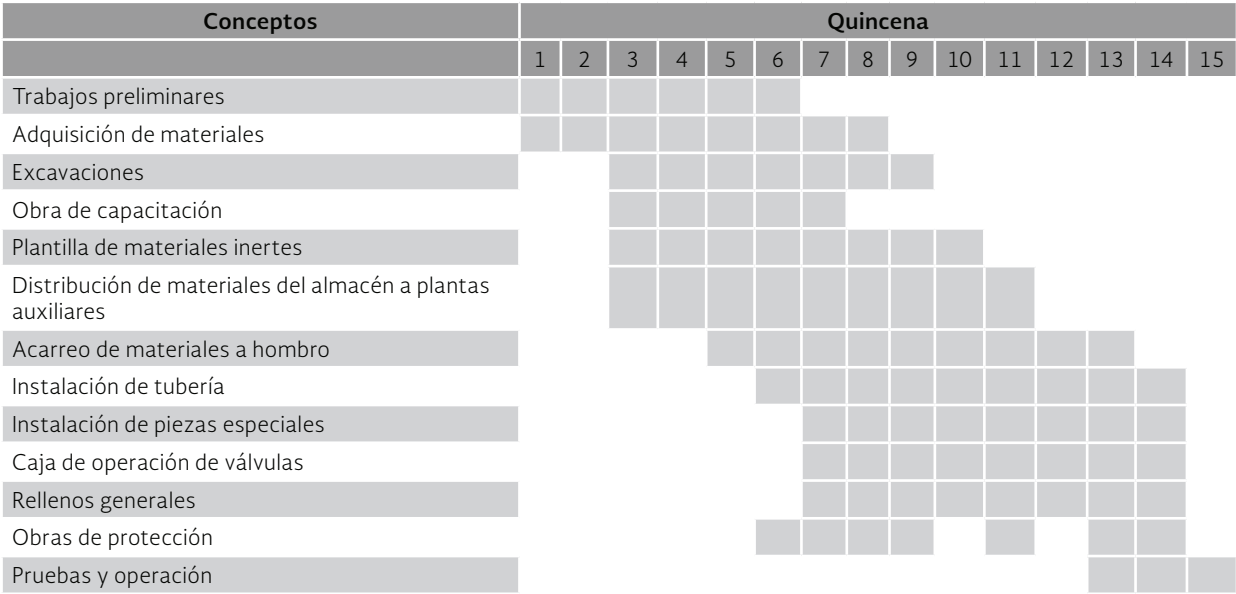
- La Planeación requiere desglosar el proyecto en actividades, estimar recursos, tiempo e interrelaciones entre actividades
- La Programación requiere detallar fechas de inicio y terminación
- El Control requiere información sobre el estado actual y analiza posibles trueques cuando surgen dificultades

Algunas de las herramientas de planeación, programación y control de obra más usadas son:

- Gráficas o diagramas de Gantt (Tabla 4.6)
- Modelos de redes:
 - Redes deterministas (Critical Path Method (CPM) = Método de la ruta crítica)
 - Redes probabilistas (PERT = Técnica de evaluación y revisión de programas)

No existe una diferencia significativa entre los métodos CPM y PERT salvo que el segundo presupone un estudio probabilístico que estime 3 duraciones: optimista, más probable y pesimista; ahora bien, es nuestra opinión que para el caso de la construcción en la República Mexicana nuestra atención debe enfocarse al *Critical Path Method* (Suarez C., 2002).

Tabla 4.6 Programa de obra (Diagrama de Gantt)



En México el *Critical Path Method* ha sido usado desde 1961 para la construcción de grandes obras con inmejorables resultados por instituciones como la SCT, CAPUFE, CFE, etcétera.

Ventajas de la programación CPM

1. Permite conocer los diferentes órdenes de importancia de las actividades
2. Permite conocer cuáles son las actividades que controlan el tiempo de duración de un proceso
3. Permite conocer los recursos requeridos para cualquier momento de la ejecución del proceso
4. Permite analizar el efecto de cualquier

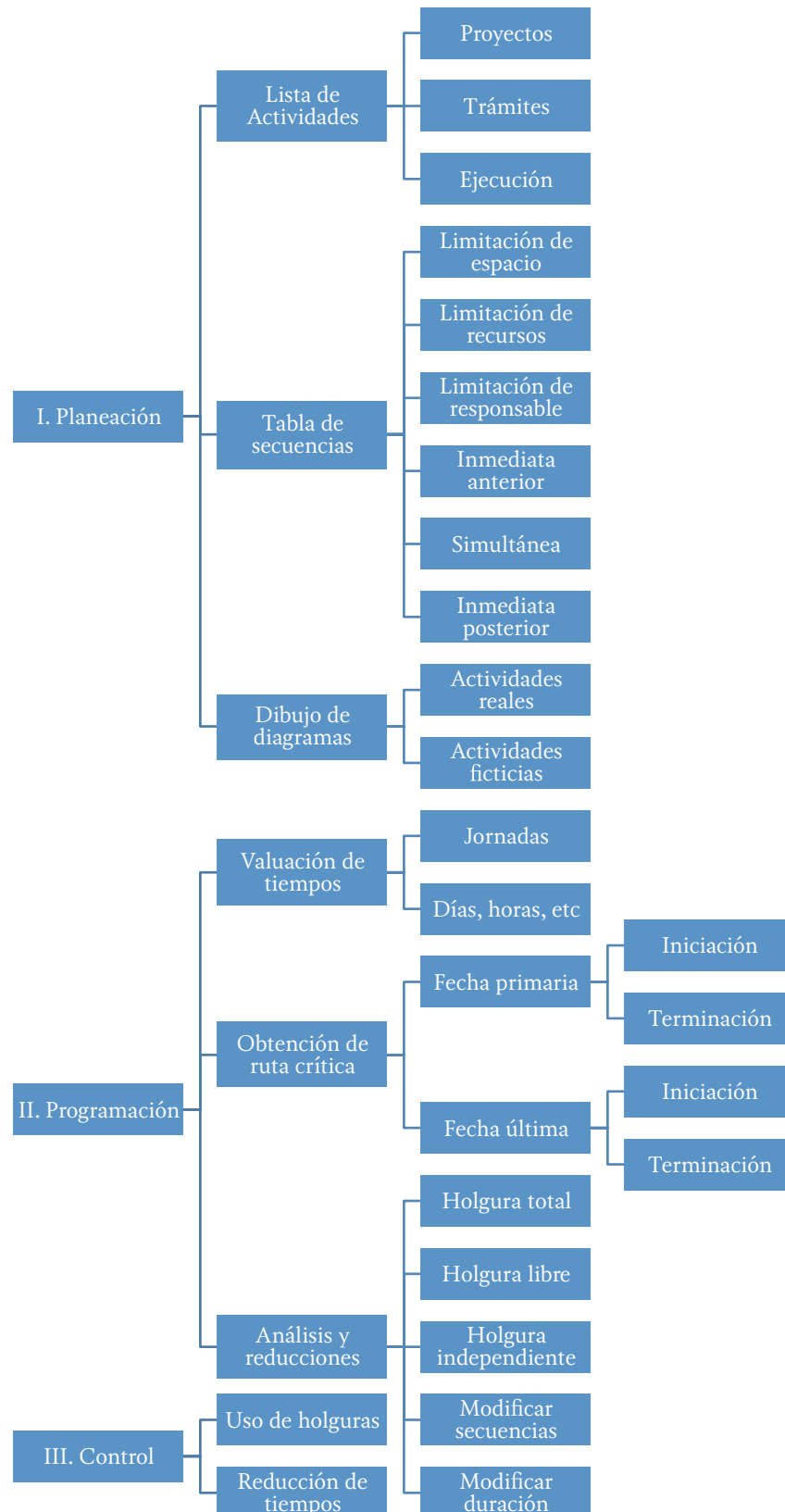
situación imprevista y sus consecuencias en la duración total del proceso

5. Permite deslindar responsabilidades de los diferentes organismos que intervienen en un proceso
6. Permite programar más lógicamente

El diagrama de la Ilustración 4.12 resume la estructura y los aspectos que considera la programación CPM para un proceso productivo:

La elección de un método para realizar la programación de obra, la planeación y llevar el control de una obra, será decisión del proyectista o dependencia a cargo del proyecto.

Ilustración 4.12 Pasos necesarios para la realización de un proceso productivo (Suarez C., 2002)



4.10. ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Es imprescindible contar, desde el momento de la elaboración del proyecto ejecutivo, con un Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (PSST), el cual debe basarse en las normas NOM de STPS para las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo.

Toda obra de construcción debe contar con un Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo, que contenga los mecanismos técnicos y administrativos necesarios para garantizar la integridad física y salud de los trabajadores y de terceras personas, durante la ejecución de las actividades previstas en la ejecución de obra y trabajos adicionales que se deriven de esta.

Un Plan de Prevención de Riesgos (PPR) debe de integrarse al proceso de construcción de la obra, desde la concepción del presupuesto, el cual debe incluir una partida específica denominada "Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo" en la que se estime los costos de implementación de los mecanismos técnicos y administrativos contenidos en el plan.

El Jefe de Obra o Residente de Obra es responsable de que se implemente el PSST, antes del inicio de los trabajos contratados, así como garantizar su cumplimiento en todas las etapas de ejecución de la obra.

En toda obra los contratistas y subcontratistas deben cumplir los lineamientos del Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo del contratista titular y tomarlo como base para elaborar sus planes específicos para los trabajos que tengan asignados en la obra.

El PSST deberá contener como mínimo los puntos siguientes:

1. Investigación y reporte de accidentes de trabajo y enfermedades ocupacionales
2. Estadística de accidentes y enfermedades ocupacionales
3. Calificación de empresas contratistas
4. Equipo de protección personal
5. Protecciones colectivas
6. Orden y limpieza
7. Gestión de residuos
8. Herramientas manuales y equipos portátiles
9. Trabajos en espacios confinados
10. Almacenamiento y manipuleo de materiales
11. Protección de trabajos con riesgo de caídas
12. Uso de andamios
13. Manejo y movimiento de cargas
14. Excavaciones
15. Protección contra incendios
16. Trabajos de demolición

CONCLUSIONES DEL LIBRO

Con el presente documento se da una guía para la elaboración de proyectos ejecutivos para agua potable, alcantarillado y saneamiento, que aseguren la adecuada presentación de los mismos y el éxito en su ejecución.

Recabar la información, en cuanto a los datos básicos necesarios, se vuelve significativo para dar una perspectiva de la situación en la zona donde se ejecutara el proyecto y el problema que se busca resolver con el mismo. Las fases previas que involucran la estructuración de un proyecto son de gran importancia, por ello se deben de ejecutar con precisión y con el tiempo suficiente, para que estudios como los geohidrológicos, topográficos e hidrométricos integren la información necesaria que sea veraz y con fundamentos sólidos, lo que consecuentemente nos permitirá continuar con las fases consecuentes en el proyecto

En este documento se presentan los puntos básicos para realizar el correcto diseño de un Proyecto Ejecutivo en materia de agua potable, alcantarillado y saneamiento, para lo cual se hace referencia a los distintos libros de MAPAS y a bibliografía útil.

La estructuración del proyecto siguiendo un orden adecuado, ayudara a los involucrados durante la realización, revisión y aprobación, así como también una perspectiva más amplia sobre la problemática que se desea resolver, los alcances, los costos, el tiempo de ejecución y los beneficios ligados al Proyecto, desde la etapa de su planeación hasta la culminación y evaluación de la obra que se pretenda realizar.

Es importante hacer énfasis en que el presente documento, es un libro nuevo que forma parte del MAPAS que edita la CONAGUA, que busca ser un documento de consulta y apoyo para personas interesadas y personal de los organismos operadores, y que no debe considerarse de ninguna manera como una Norma Oficial



A

SÍMBOLOS

Es importante tener en cuenta que el desarrollo de los símbolos dentro de un plano requiere de una secuencia lógica, ya que a pesar de que siempre se acompaña en la solapa un cuadro descriptivo de cada uno, el entendimiento lógico ahorra tiempo a la hora de dar lectura a la información. Por esta razón es importante que siempre mantengan una escala proporcionada en los ejes X, Y, y una calidad adecuada (no presentar símbolos ilegibles y/o distorsionados).

Los símbolos para tubería de agua potable tales como puntos, cruces, taches y guiones deben dibujarse acorde a la escala del dibujo y con la calidad de la línea. Los símbolos de tuberías para representar tanto infraestructura de proyecto como la existente, son los mismos; la diferencia radica en que la calidad de la tubería de proyecto es lo suficientemente superior que las identifica inmediatamente en el plano, observe la Ilustración A.1.

Los símbolos para representar las piezas especiales, se utilizan en el diseño de cruceros de líneas de conducción y redes de agua potable (ver de la Ilustración A.2 a la Ilustración A.5).

Para representar los arreglos de fontanería en tanques, plantas de bombeo, pozos, instalación de placas, válvulas reguladoras de presión, etcétera, los dibujos se realizan a detalle, representando las dimensiones, distancias, y separación entre piezas consideradas. Por esta razón es un error representar cualquier tipo de pieza especial existente.

Los símbolos usados para el alcantarillado son los tradicionalmente usados, sin diferenciar si es pluvial o sanitario y se presentan en la Ilustración A.6.

Para los símbolos generales a usarse en la representación de planos topográficos deben ser los presentados en los planos de INEGI (Ilustración A.7).

	Proyecto	Existente	Fuera de servicio
1370 mm (54")	— XXI — XXI — XXI —	— XXI — XXI — XXI —	— XXI — XXI — XXI —
1220 mm (48")	— XXX — XXX — XXX —	— XXX — XXX — XXX —	— XXX — XXX — XXX —
1070 mm (42")	— XX — XX — XX —	— XX — XX — XX —	— XX — XX — XX —
915 mm (36")	— XI — XI — XI —	— XI — XI — XI —	— XI — XI — XI —
760 mm (30")	— X — X — X —	— X — X — X —	— X — X — X —
610 mm (24")	- - + - + - + - + -	- - + - + - + - + -	- - + - + - + - + -
500 mm (20")	— — — — —	— — — — —	— — — — —
450 mm (18")	— — — — —	— — — — —	— — — — —
400 mm (16")	— + — + — + —	— + — + — + —	— + — + — + —
350 mm (14")	— + — + — + — + —	— + — + — + — + —	— + — + — + — + —
300 mm (12")	— — — — —	— — — — —	— — — — —
250 mm (10")	— — — — —	— — — — —	— — — — —
200 mm (8")	* * * * *	* * * * *	* * * * *
150 mm (6")	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /
100 mm (4")	— — — — —	— — — — —	— — — — —
75 mm (3")			
60 mm (2 1/2")	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /
50 mm (2")			
38 mm (1 1/2")	/ / / / /	/ / / / /	/ / / / /
25 mm (1")	— — — — —	— — — — —	— — — — —

Ilustración A.2 Símbolos generales para planos de agua potable

<i>Designación</i>	<i>Símbolo</i>	<i>Designación</i>	<i>Símbolo</i>
Válvula de desfogue		Cruce de tubería sin conexión	
Hidrante público		Caja rompedora de presión	
Túnel o galería		Planta de tratamiento	
Pozo		Garza	
Desfogue a alcantarillado		Tapa ciega	
Hidrante para incendio		Cambio de diámetro	
Válvula de seccionamiento		Tanque elevado y superficial	
Válvula check		Planta de bombeo	

Ilustración A.3 Símbolos convencionales para piezas especiales

Válvula reductora de presión		Codo de 90° de fo.fo. con brida	
Válvula de altitud		Codo de 45° de fo.fo. con brida	
Válvula aliviadora de presión		Codo de 22° 30' de fo.fo. con brida	
Válvula para expulsión de aire		Reuducción de fo.fo. con brida	
Válvula de flotador		Carrete de fo.fo. con brida (corto y largo)	
Válvula de retención (Check) de fo.fo. con brida		Extremidad de fo.fo.	
Válvula de seccionamiento de fo.fo. con brida		Tapa con cuerda	
Cruz de fo.fo. con brida		Tapa ciega de fo.fo.	
Te de fo.fo. con brida		Junta Gibault	

Ilustración A.4 Símbolos convencionales para piezas especiales de PVC

<i>Cruz</i>		<i>Reducción espiga</i>	
<i>Te</i>		<i>Codo de 90°</i>	
<i>Extremidad campana</i>		<i>Codo de 45°</i>	
<i>Extremidad espiga</i>		<i>Codo de 22° 30'</i>	
<i>Reducción campana</i>			

Ilustración A.5 Símbolos convencionales para piezas especiales de PEAD

<i>Silleta de servicio unión Socket</i>		<i>Codo de 90° unión Tope</i>	
<i>Silleta de ramaleo unión Tope</i>		<i>Codo de 45° unión Tope reducción</i>	
<i>Tapón unión Socket</i>		<i>Unión Socket Reducción unión</i>	
<i>Tapón unión Tope</i>		<i>Tope</i>	
<i>Te unión Socket</i>		<i>Brida unión tope</i>	
<i>Te unión Tope</i>		<i>Brida unión Socket</i>	
<i>Cople unión Socket</i>		<i>Contra brida metálica</i>	
<i>Codo de 90° unión Socket</i>			

Ilustración A.6 Símbolos convencionales para proyectos de drenaje y alcantarillado

<i>Emisor</i>		
<i>Colector</i>		
<i>Subcolector</i>		
<i>Atarjea</i>		
<i>Cabeza de atarjea</i>		
<i>Pozo de visita común</i>		
<i>Pozo de visita especial</i>		
<i>Pozo caja</i>		
<i>Pozo caja unión</i>		
<i>Pozo caja deflexion</i>		
<i>Pozo con caída</i>		
<i>Caída escalonada</i>		
<i>Caja de caída adosada a pozo de visita</i>		
<i>Estación de bombeo</i>		
<i>Línea a presión</i>		
<i>Elevación de terreno</i>		
<i>Elevación de plantilla</i>		
<i>Longitud - pendiente - diámetro (m - miles - cm)</i>		
<i>Relleno</i>		
	<i>Construcción futura</i>	<i>Construido</i>
<i>Emisor</i>		
<i>Colector</i>		
<i>Subcolector</i>		
<i>Atarjea</i>		
<i>Estación de bombeo</i>		

Poblaciones

Con más de 500 000 habitantes

De 50 001 a 500 000 habitantes

De 15 001 a 50 000 habitantes

De 2 501 a 15 000 habitantes

De 1 000 a 2 500 habitantes

Con menos de 1 000 habitantes

Temporal o nombre del lugar

PUEBLA
CUERNAVACA
ALVARADO
Allende
Bachiniva
Los Sauces
Santa Rosa

Vías terrestres

Carretera de más de dos carriles, de cuota, libre

Carretera de dos carriles, de cuota, libre

Caseta de peaje

Número de carretera, Federal, Estatal

Terracería

Brecha

Vereda

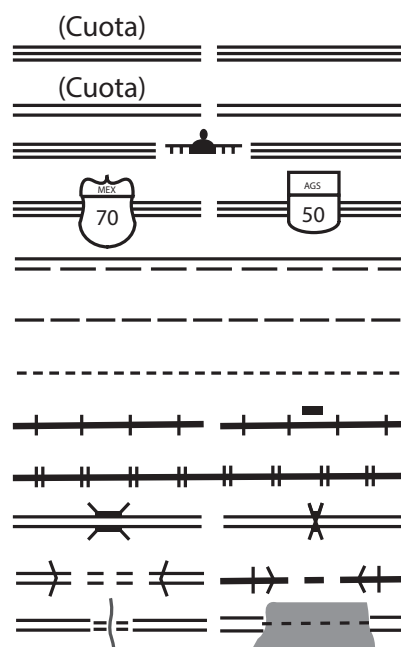
Vía sencilla de ferrocarril, Estación de ferrocarril

Vía doble de ferrocarril

Puente vial, peatonal

Túnel de carretera, túnel de ferrocarril

Vado, ruta de embarcación



Aeropuertos

Internacional, Nacional, Local

Pista pavimentada, pista de tierra



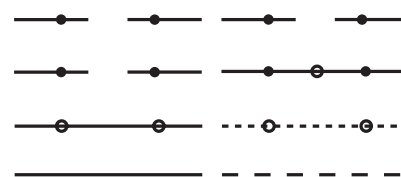
Líneas de conducción

Telefónica, telegráfica

Eléctrica, subestación eléctrica

Conducto superficial, conducto subterráneo

Acueducto superficial, Acueducto subterráneo



B

GLOSARIO

Abatimiento. Descenso del nivel piezométrico; diferencia entre el nivel estático y el nivel dinámico.

Acceso. Camino, entrada o paso que se construye para llegar a una obra o estructura.

Acelerante. Producto químico que se incorpora al cemento para reducir el tiempo de fraguado o incrementar la adquisición de resistencia del concreto.

Acidez. Valor inferior a 7 del potencial hidrógeno (pH).

Acometida. Conexión aérea o subterránea que une la red de distribución eléctrica con el punto en que se conecta al servicio. En el caso de alcantarillado: pieza para entroncar la descarga doméstica de agua de desecho con el colector o atarjea.

Acotación. Indicación por medio de líneas de las dimensiones de las partes dibujada en planos.

Acotamiento. Faja contigua a la calzada de un camino comprendida entre sus orillas y las líneas de los hombros del terraplén o en su caso la guarnición de la banqueta o de la faja separadora.

Acueducto. Conducto cerrado o abierto para conducir agua.

Acuífero. Terreno saturado de agua con permeabilidad suficiente para ser explotado.

Ademe. Estructura para contener los empujes del terreno que se originan al realizar una excavación o perforación. Sostenimiento provisional de muros o techos.

Afectación. Daño o pérdida de la propiedad resultante de la ejecución de una obra.

Afine. Trabajos tendientes a alcanzar las líneas y niveles de proyecto de una obra.

Afloramiento. Exposición en la superficie de una capa geológica. Salida del agua a la superficie.

Afluente. Ecurrimiento menor que descarga en una corriente principal.

Aforo. Determinación del caudal de un fluido.

Agua artesiana. Agua subterránea que brota en la superficie a través de un pozo.

Agua corriente. Agua que escurre libremente por gravedad.

Agua de lluvia. Es la proveniente de precipitaciones pluviales que caen en la calle, techos y patios de las casas, etc. y que pueden o no canalizarse por el sistema de alcantarillado pluvial.

Aguas abajo. Dirección o sentido en el que escurre el agua.

Aguas alumbradas. Aguas subterráneas que salen a la superficie.

Aguas arriba. Dirección o sentido contrario al flujo del agua.

Aguas broncas. Son las originadas por precipitaciones pluviales de gran intensidad que escurren desde las zonas altas de una cuenca adquiriendo velocidades altas al escurrir en tramos de gran pendiente ocasionando daño en la parte baja de zonas pobladas.

Aguas negras. Aguas residuales de las poblaciones o industrias sin tratamiento.

Alcalinidad. Valor mayor a 7 del potencial hidrógeno (pH).

Alcantarilla. Conducto cubierto que cruza una corriente de agua, canal, camino, vía del ferrocarril u otro conducto.

Alcantarillado pluvial. Sistema de conductos para alejar las aguas de lluvia en los centros urbanos.

Alcantarillado sanitario. Sistema de conductos cerrados para eliminar las aguas residuales en los centros urbanos.

Alero. Parte de una estructura que se extiende a un lado del cuerpo principal.

Alineamiento. Límite impuesto para construir a los lados de la vía pública.

Aljibe. Cisterna o depósito cubierto en que se recoge o conserva el agua de lluvia.

Aluvión. Depósito de sedimentos acarreados por corrientes de agua.

Amacice. Remoción de materiales sueltos o inestables hasta descubrir terreno firme.

Análisis de sensibilidad. Evaluación del rendimiento económico ante variaciones en las condiciones originales de un proyecto.

Análisis isotópicos. Determinación de isótopos en agua o roca para definir su edad.

Ancla. Unión de elementos estructurales entre sí o con el terreno natural para evitar su desplazamiento. Elemento usado para estabilizar excavaciones o taludes naturales.

ANSI. American National Standards Institute.

Antepecho. Elemento que se coloca en la abertura de un hueco. Brocal en un pozo. Pretil.

Anteproyecto. Proyecto de una obra basado en trabajos anteriores y estudios preliminares.

Anticorrosivo. Sustancia que protege las superficies metálicas contra corrosión.

Aplanado. Recubrimiento con mortero para proteger y decorar superficies.

Arcilla. Producto de la descomposición química de las rocas con partículas laminares de tamaño menor a 0.074 mm, plasticidad según SUCS tal que el $lp > 4$ y se ubique arriba de la línea "A" de la carta de plasticidad.

Área de aportación. Se denomina así al área de la cuenca o de la zona que aporta agua de lluvia por eliminar por un determinado tramo del subcolector, integrada por dos áreas; la llamada propia y la tributaria.

Área hidráulica. Superficie de la sección transversal de un conducto a través de la cual fluye el agua.

Área propia. Es la inmediata al tramo del subcolector de las cuales las aguas pluviales se incorporan a aquél directamente por medio de las bocas de tormenta.

Área tributaria. Es al área más alejada del tramo que la propia, cuyas aguas canalizadas o no por medio de tuberías concurren al tramo mencionado en el pozo de visita ubicado aguas arriba.

Arena. Producto de la desintegración o trituración de las rocas con partículas de tamaño entre 0.074 y 4.76 mm.

Armadura. Conjunto de piezas de madera o de hierro que acopladas forman un elemento estructural.

Arrastre. Material sólido que transporta una corriente natural o artificial y que puede ser de fondo o en suspensión.

Artificios. Elementos utilizados para detonar explosivos.

Asbesto. Mineral de composición y características semejantes a los del amianto, con fibras duras y rígidas que pueden compararse con el cristal hilado.

Asentamiento. Hundimiento de un suelo bajo su propio peso y por efecto de cargas que soporta. Proceso de ocupación de un área por seres humanos.

Asociación de suelos. Unidad cartográfica usada en los planos de suelos.

Ataguía. Terraplén, tablaestacado o muro usado para desviar los escurrimientos de una corriente durante la construcción de una obra.

Atarjea pluvial. Es la tubería que se utiliza para conducir las aguas pluviales desde la estructura que los capta, a la cual se le llama boca de tormenta, hasta las tuberías denominadas subcolectores y colectores que las desaloja de la localidad.

Atarjea. Conjunto de tuberías que recolectan y transportan las aportaciones de las descargas de aguas negras domésticas, comerciales e industriales, hacia los colectores, interceptores o emisores.

Atarquínamiento. Elevar el nivel de un terreno mediante la inundación con aguas turbias que depositan su cieno sobre el mismo. Entarquínamiento.

Atraque. Elemento usado para soportar las fuerzas que se originan sobre tuberías o válvulas por cambios de dirección o velocidad del agua. Empotramientos de la cortina de una presa.

Autoridad correspondiente. Es el Organismo Operador encargado de brindar el suministro de agua potable y alcantarillado sanitario a la comunidad, así como el saneamiento de las aguas residuales para evitar la contaminación del medio ambiente.

Avenida. Crecida de una corriente natural. Calle ancha, generalmente arbolada en las aceras.

Azolve. Sedimentación de sólidos en ríos, embalses y conductos, que produce una reducción de su capacidad hidráulica. Sólidos transportados por una corriente de agua.

Banco con GPS. Vértice de control horizontal y vertical que sirve de referencia y en el cual sus

coordenadas X, Y y Z fueron determinadas con equipo GPS (Global Position System).

Banco de almacenamiento. Sitio de colocación temporal de materiales para su uso posterior.

Banco de desperdicios. Sitio de colocación definitiva de productos no utilizables.

Banco de nivel. Punto fijo con una cota definida que sirve como referencia topográfica.

Banco de préstamo. Sitio donde se obtienen los materiales naturales para la construcción.

Banqueo. Formación de superficies horizontales en una excavación.

Banqueta. Faja horizontal que limita la altura de un talud. Ampliación horizontal de los taludes de las cortinas de materiales granulados. Acera de las calles.

Barrena. Herramienta de perforación.

Barreno. Orificio taladrado en el terreno.

Batiente. Pieza que sirve de tope al cerrar las hojas de una puerta o ventana.

Batimetría. Levantamiento topográfico bajo la superficie del agua.

Bentonita. Arcilla de tipo de montmorillonita que se utiliza en fluidos de perforación, estabilización de zanjas y elaboración de mezclas para inyectado o para impermeabilización.

Bisel. Corte oblicuo en el borde de una pieza.

Bocel. Moldura en forma de cilindro.

Boleo. Fragmento de roca con tamaño mayor de 76.2 mm, con sus aristas redondeadas.

Bomba. Aparato para extraer, elevar o impulsar agua u otro fluido. Fragmento de lava mayor de 76.2 mm, proyectando al aire por un volcán.

Bombeo. Operación de elevar el agua o de retirarla de un área, por medio de artefactos mecánicos. Sobre elevación del centro de una calzada.

Boquilla. Parte de un curso de agua en donde se reduce su sección Hidráulica. Sitio propuesto en un cauce para la construcción de una cortina. Pieza pequeña de metal cilíndrica que refuerza el inicio de un barreno.

Bordillo. Faja de piedra, concreto o ladrillo que delimita la acera y la separa de la calzada.

Bordo libre. Distancia vertical entre el NAME (nivel de aguas máximas extraordinarias) y el nivel de la corona.

Bordo. Terraplén de materiales sueltos o compactados.

Brecha. Abertura que se hace en la vegetación para trazo y nivelación. Roca constituida por fragmentos angulosos. Camino de penetración.

Brida. Elemento de unión o de apoyo o remate entre tuberías y accesorios.

Caballete. Lomo de un tejado. Elemento estructural que forma parte de la subestructura de un puente.

Cabezal. Travesaño superior que forma el marco de una puerta o ventana. Parte superior de una bomba de pozo profundo.

Caída. Diferencia de nivel entre dos puntos de la rasante de un canal. Trayectoria curva del flujo o al principio de un tanque amortiguador. Desnivel brusco en un curso de agua. De tensión, en electricidad, diferencia de voltaje entre extremos de una línea o circuito.

Cámara de válvulas. Recinto formado para la instalación y operación de válvulas y sus mecanismos.

Cambio catiónico. La suma total de cationes intercambiables.

Camino de operación. Vía que se construye para el tránsito de los vehículos dedicados a la operación y mantenimiento de una obra.

Canal de acceso. Cauce excavado para conducir el agua hasta la entrada de alguna estructura. Canal de llamada.

Canal de descarga. Cauce excavado o en postizo para conducir el agua hasta el punto de descarga.

Canal lateral. Canal que alimentado por el principal, domina una división de la zona de riego. Parte integrante de un vertedor con descarga lateral.

Canal principal. Canal que alimentado por la fuente principal, domina toda el área de riego. Parte integrante de un vendedor con descarga lateral.

Canal. Conducto abierto por medio del cual se conduce agua. Perfil laminado.

Canalón. Elemento en forma de canal o teja que se coloca en la base de un techo y sirve como receptor de las aguas pluviales.

Capa. Elemento tabular de una formación geológica sedimentaria. Material colocado entre dos niveles con un espesor fijado previamente.

Capacidad de control. Volumen de un almacenamiento comprendido entre el nivel de conservación y el nivel máximo del agua.

Capacidad interruptiva. Es la potencia de interrupción a una corriente de ruptura para circuitos eléctricos.

Capacidad muerta. Volumen de un almacenamiento comprendido entre el nivel del lecho del río o embalse y el nivel del umbral de la obra de toma más baja.

Capacidad para azolves. Volumen de un almacenamiento reservado para el depósito de azolves.

Capacidad total. Volumen de almacenamiento comprendido entre el nivel del lecho del río y el nivel máximo de agua.

Capacidad útil. Volumen de almacenamiento comprendido entre los niveles mínimos y máximo de operación.

Cárcamo. Depósito colector para extraer y elevar el agua con equipos de bombeo.

Carcasa. Elemento metálico, parte fija exterior de un cuerpo de impulsores de una bomba o turbina.

Carga dinámica. Desnivel que hay que vencer para elevar el agua desde el nivel de toma hasta

el nivel en la descarga, tomando en cuenta todas las pérdidas

Carga estática. Diferencia de nivel de agua entre dos puntos.

Carpeta. Superficie de rodamiento de una calzada. Franja de inyectado somero para consolidación o impermeabilización de una cimentación. Tapete.

Casetones. Elemento utilizado para disminuir el peso muerto de las losas de concreto.

Castillo. Elemento estructural vertical que sirve de amarre en los muros.

Catastro. Inventario de propiedades rurales y urbanas. Tenencia de la tierra.

Cauce. Canal natural o artificial por donde escurre el agua.

Cedazo. Tramo permeable del ademe de un pozo.

Cementante. Material aglutinante de origen natural o elaborado.

Centro de operación. Conjunto de elementos concentrados en un solo lugar que controlan la operación de los mecanismos.

Cerramiento. Elemento estructural en la parte superior de los huecos de los muros que rigidiza.

Chaflán. Superficie formada en una esquina por un plano que la corta diagonalmente.

Chambrana. Moldura que cubre la junta entre el marco de una puerta o ventana con el muro.

Chumacera. Pieza metálica sobre la que se apoya y gira una flecha o un eje.

Ciclo agrícola. Período que comprende el desarrollo de los cultivos desde la preparación de la tierra hasta su cosecha.

Ciclo hidrológico. Proceso sin fin de la circulación del agua entre los océanos, la atmósfera y la corteza terrestre.

Ciclo vegetativo. Secuencia del cambio de un organismo vegetal desde la germinación hasta el fruto.

Cimacio. Umbral de un vertedor con perfil geométrico especial, sobre el que vierte el agua.

Cimentación. Masa del terreno afectada por la carga de una estructura. Elemento estructural que transmite cargas al terreno.

Clave. Se refiere a la parte interna superior del tubo.

Clima. Conjunto de condiciones meteorológicas como la temperatura, la precipitación, la evaporación, el viento y otros factores que caracteriza a una región.

Coefficiente de escurrimiento. Se denomina así a la relación entre el volumen de agua que escurre hasta el punto más bajo de la zona considerada y el volumen de agua que llueve.

Coefficiente de Gini. Indicador global del grado de inequidad que registra la distribución del ingreso.

Coefficiente de rugosidad. Valor asignado a la superficie de un material que da el grado de

resistencia que se opone al escurrimiento del agua. Coeficiente de fricción.

Coeficiente unitario de drenaje. Representa el caudal por desalojar por unidad de área.

Coeficiente unitario de riego. Representa el caudal para riego por unidad de área.

Colada. Cuerpo tabular de un derrame de lava.

Colado. Vaciado del concreto fresco en cualquier cantidad, ya sea con o sin cimbra.

Colapso. Falla súbita del terreno o de un terraplén por pérdida de resistencia de su estructura inter granular o por incremento de carga en exceso de su capacidad. Falla súbita de los elementos resistentes de una estructura.

Colchón amortiguador. Distancia vertical comprendida entre el fondo del tanque amortiguador y la plantilla del canal de descarga.

Colchón. Espesor de material comprendido entre la parte superior de un conducto enterrado y la rasante de una vía de comunicación.

Colector. Conducto cerrado que recibe las aguas negras de las atarjeas, puede terminar en un interceptor, en un emisor o en una planta de tratamiento.

Compactación. Operación mecánica para aumentar la densidad de un material.

Compuerta. Dispositivo que controla el paso del agua en presas, canales, drenes y ríos.

Concentrador. Estructura usada en la descarga de una válvula.

Conchas. Excavación que se realiza debajo de las uniones (espiga-campanas, espiga-espiga con cople etc.), para la instalación y prueba de hermeticidad de la tubería.

Conductividad. Facilidad de conducir una corriente eléctrica a través del suelo o del agua. Medida de la permeabilidad de un medio poroso.

Consolidación. Disminución del volumen de un suelo fino en un lapso, debido a su peso propio o por la acción de una sobrecarga.

Contra cuneta. Canal que se ubica arriba de la intersección de un corte y el terreno natural para interceptar los escurrimientos superficiales.

Contra flecha. Sobre elevación de la corona de una cortina para absorber posibles asentamientos. Sobre elevación que se da en algunos elementos estructurales que trabajan a flexión, a fin de contrarrestar las deformaciones verticales.

Corona. Superficie superior horizontal de una cortina, bordo, dique o ataguía.

Corriente. Flujo de agua o de electricidad.

Corrosión. Conjunto de procesos físicos-químicos que degradan la superficie de un metal.

Cortina. Estructura que se construye en el cauce de una corriente para provocar un incremento en su tirante o un almacenamiento.

Cota. Elevación sobre un plano horizontal de comparación.

Cuchilla. Dispositivo que sirve para desconectar físicamente un circuito eléctrico. Elemento

cortante utilizado en maquinaria agrícola o de construcción.

Cuenca. Área tributaria de una corriente de agua limitada por la línea de parteaguas.

Cuerpo de tazones. Parte de una bomba compuesta de un elemento fijo (carcasa) y otros móviles (impulsores).

Cuneta. Canal que se ubica al pie de los cortes, para interceptar los escurrimientos superficiales.

Curva de Lorenz. Representación gráfica que expresa la distribución relativa de una variable en relación con otra asociada.

Curva de nivel. Línea que une los puntos que tienen la misma cota o altura.

Dado. Elemento de concreto reforzado que sirve de base a un soporte.

Dala. Viga de concreto reforzado horizontal o inclinada que cierra y rigidiza un muro.

Datos pluviográficos. Datos de intensidad de la lluvia para diferentes tiempos de duración, obtenidas de las gráficas de los pluviógrafos en donde quedan registradas las lluvias.

Deflector. Desviador. Tipo de estructura usada para disipación de energía.

Demandas. Régimen de las extracciones de agua que se harán a lo largo de un año.

Dentellón. Muro de concreto o de arcilla que penetra en el terreno natural como elemento de liga con una estructura, o bien para aumentar el paso de filtración o protegerla con-

tra socavación.

Depuración censal. Actualización del número de habitantes de una comunidad.

Derecho de vía. Superficie de terreno cuyas dimensiones fija la dependencia u organismo operador correspondiente, que se requiere para el uso adecuado de una vía de comunicación, canal, tuberías y sus accesorios auxiliares.

Derivadora. Estructura provisional o definitiva construida sobre una corriente de agua con el fin de desviarla hacia un aprovechamiento.

Desagüe. Obra hidráulica destinada a desalojar las aguas de lluvia o de otra índole.

Desazolve. Retiro de sedimentos acumulados en un conducto de agua o en una estructura hidráulica.

Descarga. Lugar o estructura por donde desemboca una corriente de agua. Estructura en la que se conecta la instalación hidráulica de una vivienda o nave industrial para conectarse con el sistema de recolección de la ciudad.

Deslinde. Fijación de los límites o linderos de un predio.

Desplante. Superficie del terreno sobre la cual se cimienta o erige una estructura.

Desvío. Modificación temporal del curso de una corriente para permitir la construcción de obras en el cauce.

Diagnóstico. Evaluación de la situación que prevalece en una zona de estudio.

Diagrama eléctrico. Esquema donde se representan, por medio de símbolos convencionales, los elementos de un sistema eléctrico y su interconexión.

Difusión. Fenómeno de mezclado de dos fluidos por efectos moleculares debido al tiempo de contacto entre los medios. Difusión molecular.

Dilución. Reducción del grado de concentración de una solución.

Disgregar. Acción de romper los terrenos para la construcción de un terraplén.

Dispersión. Efecto de mezclado que sufre la masa de un constituyente en un fluido por la distribución de velocidades en el medio. Difusión convectiva.

Dotación por habitante. Es la cantidad de agua asignada por individuo durante un día en una población.

Dren. Dispositivo para extraer agua, producto de filtraciones en estructuras. Conducto abierto o cerrado para controlar niveles freáticos.

Dureza del agua. Contenido de sales, magnesio y calcio en el agua.

Emisor. Conducto cerrado que recibe y conduce a gravedad o a presión las aguas negras de los colectores o interceptores, el cual termina en las plantas de tratamiento.

Encauzamiento. Obras que se ejecutan en el cauce de un río o corriente de agua que sirve para modificar su curso.

Enrocamiento. Parte de una estructura o talud formada con roca de tamaños definidos, colocadas para protección o estabilidad.

Envolvente de gastos. Gráfica que comprende los caudales máximos registrados en una región hidrológica.

Erodabilidad. Propiedad de un suelo de ser erosionado por flujo de agua.

Erosión. Desgaste del terreno natural, producido por la acción del agua y del viento.

Escala. Relación entre la magnitud real de un objeto y la que se atribuye en un dibujo, plano, maqueta o modelos. Regla para medir niveles de agua.

Escantillón. Regla o patrón para trazar las líneas según las cuales se forman figuras geométricas.

Escorrentía. Estudio de los volúmenes de agua de lluvia que escurren en forma natural sobre la superficie del terreno de una cuenca.

Escurrimiento. Cantidad de agua que fluye por un cauce natural. Puede ser intermitente o perenne.

Estación. Se refiere al kilometraje indicado en cierto punto localizado en la longitud de un conducto, línea o camino.

Estado límite de falla. Condición de esfuerzos debida a sollicitaciones que igualan a la resistencia de una estructura o cimentación.

Estructura de limpia. Parte de una presa derivadora para atrapar azolves y desalojarlos cuan-

do se han acumulado. Desarenador.

Estructura del suelo. La disposición y arreglo de partículas del suelo.

Estructura disipadora. Parte de una obra destinada a disminuir la energía de una corriente de agua.

Estructura. Parte de una obra con una función específica. Disposición en el espacio de las unidades geológicas en un área definida.

Estudio. Recopilación y análisis de datos técnicos, topográficos, hidrológicos, geológicos, climáticos, económicos, financieros, sociales y políticos, con el fin de ver la factibilidad de llevar a cabo un proyecto, donde se plantean alternativas de solución al mismo.

Evaluación. Apreciación comparativa para aplicación de recursos.

Evaporación. Proceso natural de pérdida de agua en una superficie libre de transformarse en vapor.

Evapotranspiración. Pérdida total de agua evaporada por el suelo y la transpirada por la vegetación.

Exploración geofísica. Es la prospección de estructuras geológicas y depósitos minerales realizada por medio de la medición de ciertas cantidades físicas, verificadas en la superficie del terreno como fenómeno que pueden ser interpretados por las leyes fundamentales de la física y el empleo de instrumentos adecuados.

Fallamiento. Rotura de una unidad geológica a lo largo de un plano con desplazamiento relativo a los bloques adyacentes.

Firme. Base que sirve de asiento.

Flecha. Deformación de una estructura debida a las fuerzas que actúan sobre ella.

Flujo de costos. Estimación de la ganancia obtenida de la diferencia de la utilidad aparente de la situación futura menos la utilidad aparente actual.

Fracturamiento. Proceso de rotura de una unidad geológica, a través de uno o varios planos. Proceso de rotura de un elemento estructural.

Fraguado falso. Endurecimiento aparente de un mortero o concreto hidráulico con cemento.

Fraguado. Endurecimiento inicial del mortero, concreto u otras mezclas con cementante.

Frecuencia. Probabilidad expresada en por ciento (%), de que pueda presentarse otra lluvia con igual intensidad en un período de tiempo determinado.

Frente. Sitio elegido en una obra, a partir del cual se inicia el trabajo. Fondo de una excavación subterránea.

Fuerza de filtración. Fuerza de arrastre que se transmite a la masa de un suelo debido al flujo de agua a través de ella.

Fuerza de trabajo. Población que se encuentra en condiciones de edad física y mental para desarrollar una actividad.

Funcionamiento de un vaso. Simulación de las entradas y salidas de un embalse mediante un modelo matemático.

Funcionamiento hidráulico. Estudio de un río, canal o conducto cerrado con caudales asociados a diferentes periodos de retorno, con el objeto de determinar su comportamiento y los niveles del agua. Comportamiento hidráulico de una estructura mediante un modelo a escala reducido.

Galería. Pasillo cerrado a través de una estructura o el terreno, usado para explotación, inspección, drenaje o inyectado.

Gasto de diseño. Caudal con el que se realiza el diseño de una obra.

Gasto máximo. Esguerrimiento extraordinario que con determinada frecuencia puede presentarse en el sitio de estudio.

Gasto. Volumen de agua que pasa en la unidad de tiempo por la sección transversal de un conducto. Caudal.

Geodesia. Ciencia que trata sobre las mediciones de la tierra, considerando el efecto de su curvatura.

Geofísica. Es la ciencia que investiga la naturaleza física de la tierra, otra considera como el conjunto de técnicas físico-matemáticas aplicadas a la explotación del subsuelo, para la búsqueda y estudio de yacimientos de sustancias útiles, por medio de observaciones desde la superficie terrestre o bien rama de la Física Aplicada, que se ocupa del estudio de estructuras ocultas en el interior de la tierra y de la localización en el subsuelo de cuerpos delimitados por el contraste de algunas de sus propiedades físicas con las del medio circundante, por medio de observaciones realizadas en la superficie del terreno.

Geohidrología. La geohidrología es la ciencia que estudia las leyes que rigen la presencia y

movimiento de las aguas subterráneas. Es decir, el acuífero, la migración y volumen almacenado, así como los métodos para su explotación y conservación.

Geomorfología. Estudio de las formas de la superficie terrestre de una región en relación con la geología.

Golpe de ariete. Incremento instantáneo de la presión del agua en un conducto cerrado por la variación brusca del flujo.

GPS. Global Position System (sistema de posición global, por sus siglas en inglés).

Granulometría. Distribución de los tamaños de las partículas de un suelo.

Grava. Producto de la desintegración o trituración de las rocas con partículas de tamaño entre 4.76 mm y 76.2 mm.

Guarnición. Elemento que se emplea para proteger el pavimento y limitar las banquetas, camellones, isletas y la orilla de la calzada.

Hidrograma. Representación gráfica de la distribución de los gastos de esguerrimiento de una corriente con respecto al tiempo.

Hietograma. El hietograma es un gráfico que permite conocer la precipitación de un lugar a través del tiempo de la tormenta

Hombro. Arista formada por la intersección de la corona de la vialidad con el talud del terraplén o de la cuneta.

Horizonte de planeación. Es el tiempo futuro más distante. Período de vida útil de las obras.

Impermeabilizante. Producto natural o artificial que se emplea para evitar la penetración del agua.

Impulsor. Elemento móvil de una bomba, que produce la fuerza centrífuga para el desplazamiento del agua.

Indicadores económicos. Conjunto de elementos que permiten medir la viabilidad de un proyecto.

Información fisiográfica. Información que reporta las características particulares de una región o zona (forma, longitud, área, pendiente, altitud y otras).

Instrumentación. Diferentes aparatos de medición que se instalan en una estructura, con el fin de conocer deformaciones, movimientos, esfuerzos, filtraciones, presiones y otros.

Integración. Recopilación de los principales elementos de cada uno de los estudios básicos y su interrelación.

Intensidad de lluvia. Es la relación entre la caída de lluvia y el tiempo en que cae en mm/h.

Interceptor. Conjunto que recibe las aportaciones de aguas negras de los colectores y terminar en un emisor o en una planta de tratamiento.

Laguna de oxidación. Campo destinado a la aireación natural mecánica de las aguas residuales.

Levantamiento topográfico. Conjunto de operaciones que tienen por objeto determinar posición en un plano.

Licuação. Fenómeno de pérdida momentánea de resistencia al esfuerzo cortante de arenas fi-

nas saturadas, debido a efectos dinámicos.

Limo. Producto de la desintegración de las rocas con partículas equidimensionales de tamaño menor a 0.074 mm; plasticidad según el SUCS, tal que el $Ip < 7$, o se ubique debajo de la línea “A” de la carta de plasticidad. Material fino que transportan los ríos, por lo general de buenas cualidades agrícolas. Légamo.

Línea de ceros. Punto comienzo del corte y punto de terminación del terraplén de la sección transversal de una vialidad

Litología. Descripción petrográfica de una roca.

Lixiviación. Acción de un solvente que penetra a través de un sólido granular, extrayendo uno o varios minerales solubles.

Lloradero. Perforaciones a través de taludes o muros para permitir el escurrimiento del agua hacia el exterior.

Lumbrera. Excavación generalmente vertical para acceso a una excavación o estructura subterránea. Se usa también como elemento de ventilación.

Mca. Abreviación de metro de columna de agua.

Marco geológico. Conjunto de características geológicas de una cuenca o área.

Muestra en canal. Producto fragmentado obtenido del fluido de circulación durante la perforación de un pozo para su clasificación.

NAA. Nivel de agua actual

NAME. Nivel de aguas máximo extraordinario.

NEMA. Nacional Electrical Manufacturers Association (Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos, por sus siglas en inglés).

Nitrógeno aprovechable. El contenido en compuestos nitrogenados solubles.

Nivel freático. Elevación de la superficie del agua subterránea en reposo o en movimiento a la presión atmosférica.

Niveles estático y dinámico. Elevación de la superficie del agua dentro de un pozo, antes y después de un periodo de bombeo.

Noria. Pozo excavado a mano de poca profundidad para extraer agua.

NTN. Nivel de terreno natural.

Obra de control. Estructura que por medio de mecanismos permite el paso del agua, con caudales previamente establecidos.

Obra de toma. Estructura que permite tomar el agua en forma controlada de un depósito.

Pantalla de inyectado. Serie de inyecciones contiguas efectuadas en perforaciones alineadas sobre un eje, con el propósito de formar una barrera que impida el paso del agua.

Pantalla. Elemento estructural que impide el paso del agua arriba del vano de las compuertas radiales.

Paramento. Superficies exteriores de una cortina tanto aguas arriba como aguas abajo. Cara de un muro.

Parteaguas. Es la línea que une los puntos de

mayor elevación del terreno de las diferentes montañas, cerros, montículo, etc., a partir de la cual las pendientes topográficas cambian de sentido determinando la dirección del escurrimiento de las aguas pluviales. Estas líneas constituyen los límites entre las cuencas.

Período de retorno. Es el tiempo en años que transcurre entre la verificación de dos veces consecutivas una lluvia de la misma intensidad.

Período económico. Es el lapso de tiempo en la cual la obra proporcionará servicio eficiente de acuerdo con el periodo de retorno considerado y con el estudio de factibilidad técnica, económica y financiera realizada.

Pila. Elemento de apoyo intermedio entre dos espacios libres de una estructura. Elemento de cimentación.

Planeación. Proceso de elaboración de planes para resolver necesidades, utilizando los recursos disponibles. Planificación.

Plano. Representación gráfica del terreno o de las diversas partes que constituyen un proyecto.

Planta. Proyección horizontal de una estructura o parte de ella.

Plantilla. Ancho del fondo de una excavación. Parte generalmente horizontal, formada por el fondo de la sección de un canal o dren. Capa que se construye sobre un terreno para desplantar cimientos o asentar tuberías. Patrón para recortar piezas en taller. Distribución de barrenos.

Pluviógrafo. Aparato o dispositivo también llamado pluviómetro registrador, integrado por un recipiente y un sistema graficador que registra

la altura del agua caída en función del tiempo.

Pluviograma. Gráfica representativa de la lluvia en que las abscisas tiene tiempo en minutos transcurridos y en que las ordenadas alturas en milímetros (mm) de agua de lluvia acumulada.

Pluviómetro. Instrumento que mide la cantidad de lluvia que cae en un tiempo determinado.

Población rural. Es la que integra un poblado con menos de 15,000 habitantes.

Potencial hidrológico. Disponibilidad del recurso agua, tanto superficial como subterráneo.

Pozo de absorción. Excavación en suelos permeables para infiltración de agua.

Pozo de visita. Estructura de acceso a un conducto cerrado.

Precipitación. Agua en cualquier estado físico que recibe la superficie terrestre proveniente de la atmósfera.

Precolados. Elementos estructurales de concreto, colados fuera de su sitio definitivo.

Presa. Conjunto de estructuras para almacenar o derivar agua.

Programa de obra. Calendarización de las actividades que comprenden una obra.

Propietario. Persona física o moral a nombre de la cual se encuentra inscrita en el Registro Público de la Propiedad y del Comercio y/o Autoridad Correspondiente, el predio en que

se lleva a cabo el proyecto de alcantarillado pluvial.

Protección catódica. Procedimiento eléctrico que se emplea para proteger contra la corrosión a tuberías o elementos estructurales metálicos.

Proyectista. Profesionista responsable de la ejecución de un proyecto relativo al alcantarillado pluvial.

Proyecto. Conjunto de documentos que contienen como mínimo memoria técnica-descriptiva, memoria de cálculos, especificaciones de los materiales, procesos constructivos, volúmenes de obra, presupuesto base, planos constructivos, datos básicos de cálculos, normas y otras indicaciones, conforme a los cuales debe ejecutarse una obra.

Puente canal. Estructura de un conducto de agua abierto para cruzar una depresión topográfica.

Puerto topográfico. Depresión en un parteaguas.

PVSM. Peso Volumétrico Seco Máximo.

Rápida. Estructura inclinada para unir tramos de canal a desnivel. Tramo de un canal con pendiente mayor que la crítica.

Rasante. Proyección del desarrollo del eje del fondo de un conducto de agua o del eje de la corona de un camino sobre un plano vertical.

Rastra. Rastrillo que sirve para emparejar la superficie del terreno.

Recinto. Espacio encerrado entre ciertos límites en colados de concreto. En obras de desvío, zona comprendida entre ataguías.

Rectificación. Corrección que se realiza al curso de un río.

Recubrimiento. Distancia mínima entre la cara del refuerzo y la cara de concreto. Material que cubre o protege a otro elemento.

Refuerzo. Barras y perfiles de acero que se utilizan para reforzar el concreto, con objeto de que al trabajar conjuntamente puedan resistir mayores esfuerzos.

Régimen rápido. Escurrimiento en un conducto abierto que se verifica con un tirante mayor que el crítico.

Régimen. Variación del caudal de una corriente con respecto al tiempo.

Registro. Abertura con tapa para examinar, conservar o reparar una instalación oculta o subterránea.

Rehabilitación. Acción de restituir una obra a su estado original de funcionamiento.

Rejilla. Armazón de elementos metálicos para evitar el paso de cuerpos flotantes.

Represa. Estructura transversal en un canal o dren.

Revestimiento. Material artificial que se coloca sobre una superficie para estabilizarla o impermeabilizarla.

RPM. Revoluciones por minuto que gira un elemento referenciado a un eje.

Salto hidráulico. Cambio brusco del régimen rápido al lento en una corriente.

Sección crítica. Sección de una estructura hidráulica donde se pasa del flujo tranquilo al rápido.

Sección longitudinal. Corte vertical de una estructura por su eje más largo.

Sección transversal. Corte vertical normal al eje longitudinal de una estructura o trazo topográfico.

Sifón invertido. Conducto cerrado que cruza una depresión topográfica.

Silleta. Elemento estructural sobre el cual se soportan tuberías y accesorios. Soporte separador para mantener el acero de refuerzo en posición.

Sistema de tierras. Elementos de protección para equipos electrónicos y electromecánicos conectados a tierra.

SM. Suelo conformado con arenas y limo de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Subcolector. Conjunto que recibe las aportaciones de aguas negras de las atarjeas y termina en un colector.

Subestación eléctrica. Conjunto de equipos y elementos que modifican los parámetros de la corriente eléctrica y la distribuyen.

Subestructura. Conjunto de elementos que sirven de apoyo a la superestructura y transmiten las cargas a la cimentación.

Subpresión. Presión intersticial del agua que actúa sobre una superficie.

Suelo – Cemento. Suelo mejorado a base de agregarle cemento tipo II.

Sumergencia. Tirante o altura mínima del agua en el interior de un depósito necesario para la correcta operación de un equipo de bombeo.

SW. Suelo conformado con arena o arena con grava bien graduada con poco o nada de finos de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

T.M.A. Tamaño máximo de agregado de un material (refiérase al agregado pétreo).

Tajo. Excavación a cielo abierto con taludes laterales.

Talud. Declive del paramento de un muro, corte, terraplén o del terreno natural. Representación gráfica o numérica de la proyección horizontal de la hipotenusa del triángulo rectángulo y su altura de la corteza terrestre y sus deformaciones.

Tectónica. Parte de la geología que trata de la estructura de la corteza terrestre y de sus deformaciones.

Tenencia de la tierra. Posesión de hecho o de derecho de una superficie de terreno.

Terraza. Restos de una capa de aluvión sensiblemente horizontal. Espacio descubierto levantado del suelo rodeado de balaustrada. Fajas de terreno niveladas, utilizadas para conservación de suelos.

Tirante crítico. Profundidad del agua en un conducto abierto con flujo crítico.

Tirante. Elemento estructural que trabaja a la tensión. Distancia vertical entre la plantilla de un canal o río y la superficie libre del agua.

Tolerancia. Rango dentro del cual deben quedar las dimensiones de una excavación, una estructura o un mecanismo con respecto a las de proyecto. Error permisible.

Transformador. Dispositivo que transfiere energía eléctrica de un circuito a otro con un cambio de voltaje.

Transición. Cambio que se realiza en la geometría de un encauzamiento o rectificación. Cambio de forma en la sección transversal de un canal o conducto.

Trazo. Técnica topográfica consistente en seguir una ruta en forma de línea quebrada o de polígono.

Túnel falso. Prolongación a cielo abierto de un túnel.

Umbral. Parte inferior de la entrada de agua a una estructura. Parte inferior de un vano.

Unidad ejecutora. Término que se utiliza para hacer referencia a Organismos y/o Dependencias Gubernamentales que licitan y contratan obra pública.

USBR. United States Bureau of Reclamation (Buró de reclamación de los Estados Unidos de América, por sus siglas en inglés).

V.A. y E.A. Abreviación de válvula de admisión y expulsión de aire.

Vado. Estructura en un camino para el cruce de una corriente de agua en estiaje.

Válvula. Dispositivo compuesto de elementos fijos y móviles que controla, obstruye o admite el paso de un fluido en una tubería.

Vaso. Almacenamiento artificial de agua en una presa.

Vástago. Barra metálica que transmite la fuerza del mecanismo a una compuerta deslizante para su desplazamiento.

Vertedor. Estructura para medición o descarga de excedentes de agua.

Vertido. Es el sitio en que el colector pluvial entrega las aguas de lluvia a un cuerpo receptor (arroyo, río, lago, al mar) para su disposición final.

Zapata. Ampliación de la sección de una columna o el ensanchamiento de la sección a lo largo de un muro de carga para distribuir esfuerzos sobre el suelo o los elementos de apoyo.



BIBLIOGRAFÍA

- ASPRS. 1990. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Accuracy Standards for Large Scale Maps. Vol. LVI, No. 7, July
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión (1993). Reglamento de la Ley Federal Sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas e Históricas.
- Casanova L. (2010) Curso completo de Topografía, Senico, Perú.
- Carrión-Rosende, I., & Berastegi-Vitoria, I. (2010). Guía para la elaboración de proyectos. País Vasco: Instituto Vasco de Cualificaciones y Formación Profesional.
- CAPA (2012) Segunda etapa de restauración ecológica de la laguna Bojórquez, Benito Juárez, Quintana Roo, Secretaria de Ecología y medio ambiente
- CEA-IMTA (2013), Estudio para la integración de un organismo operador intermunicipal de agua potable en Tequesquitengo, Morelos, Jiutepec, Morelos
- Cesar, V. E. (1994). Abastecimiento de agua potable, Volumen 1. México D. F.: UNAM.
- CFE (2004), NRF-014-CFE, Derecho de vía
- CNA/IMTA (1992). Especificaciones para la Selección de Materiales en Instalaciones de Tomas Domiciliarias para Agua. México.
- CNA/IMTA (2005). Selección, Diseño y Evaluación de Sistemas de Riego, Tomo I. México, Diciembre 2005, pp. 372.
- CNA/IMTA (2005). Selección, Diseño y Evaluación de Sistemas de Riego, Tomo 2. México, Diciembre 2005, pp. 477.
- IMTA (1993). Estudio de Actualización de Dotaciones en el País. Semarnat, Jiutepec, Morelos
- Comisión Nacional del Agua (2012). Manual de Mecánica de Suelos. Instrumentación y Monitoreo del Comportamiento de Obras Hidráulicas.
- Comisión Nacional del Agua (2014). Catálogo general de precios unitarios para la construcción de sistemas de agua potable y alcantarillado. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Subgerencia de Apoyo Técnico Normativo en Ingeniería de Costos. México.
- Comisión Nacional del Agua (2014). Especificaciones generales para la construcción de sistemas de agua potable y alcantarillado. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Subgerencia de Apoyo Técnico Normativo en Ingeniería de Costos. México.
- CONAPO (2013). Proyecciones de la Población de México 2010-2050. México D.F.: Secretaria de Gobernación.
- INEGI. (2010). Banco de Información INEGI. Retrieved Julio 30, 2013, from <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/biinegi/default.aspx>

- Instituto Mexicano del Transporte (1999). Normativa para la Infraestructura del Transporte.
- Instituto Nacional de Ecología (2000). La Evaluación del Impacto Ambiental.
- Instituto Nacional de Tuberías Plásticas (1991). Tubos Flexibles, Manual de Construcción de Sistemas para Abastecimiento de Agua Potable con Tubería de PVC, A.C. México.
- Jiménez-Terán, J. M. (n.d.). Manual para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. Veracruz, México: Universidad Veracruzana.
- Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios (MPFIPyS), (S/F). Manual para la formulación de proyectos.
- Perona A., Acorinti J., Bianco J., Vidal E., Amizic F., Toledo G. (2008) Estudios de factibilidad tecnicoeconómica de Proyectos de Ingeniería, Universidad Nacional de Buenos Aires
- SAHOP (1979). Guía General para la Elaboración de Proyectos de Ingeniería de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado. México.
- Santillán Alfredo (2013). Guía para la elaboración de un proyecto ejecutivo de infraestructura hidráulica, Tesis. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de México.
- Secretaría de asentamientos humanos y obras públicas. (1979). Guía general para la elaboración de proyectos de ingeniería de sistemas de agua potable y alcantarillado. México, D. F.
- Secretaría de Comunicaciones y Transporte (1997). Manual de Procedimientos para el Aprovechamiento del Derecho de Vía en Caminos y Puentes de Cuota.
- Secretaría de Economía (2002). NOM-008-SCFI-2002.
- Secretaria de Hacienda y Crédito Público. Lineamientos para la elaboración y presentación de los análisis costo y beneficio de los programas y proyectos de inversión. 2012. Unidad de Inversiones de la Secretaria de Hacienda y Crédito Público. México.
- Varela, L. (2009). Ingeniería de costos. Teoría y práctica en construcción. México, D. F.: Varela, Ingeniería de costos.

TABLA DE CONVERSIONES DE UNIDADES DE MEDIDA

Sigla	Significado	Sigla	Significado
mg	miligramo	kg/m ³	kilogramo por metro cúbico
g	gramo	l/s	litros por segundo
kg	kilogramo	m ³ /d	metros cúbicos por día
mm	milímetro	Sm ³ /h	condiciones estándar de metro cúbico por hora
cm	centímetro	Scfm	condiciones estándar de pies cúbicos por minuto
m	metro	°C	grados Celsius
ml	mililitro	psia	libra-fuerza por pulgada cuadrada absoluta
l	litro	cm/s	centímetro por segundo
m ³	metro cúbico	m/s	metro por segundo
s	segundo	HP	caballo de fuerza (medida de energía)
h	hora	kW	kilowatt
d	día	UNT	unidades nefelométricas de turbiedad
mg/l	miligramo por litro		

Longitud

Sistema métrico	Sistema Inglés	Siglas
1 milímetro (mm)	0.03	in
1 centímetro (cm) = 10 mm	0.39	in
1 metro (m) = 100 cm	1.09	yd
1 kilómetro (km) = 1 000 m	0.62	mi
Sistema Inglés	Sistema métrico	
1 pulgada (in)	2.54	cm
1 pie (ft) = 12 pulgadas	0.30	m
1 yarda (yd) = 3 pies	0.91	m
1 milla (mi) = 1 760 yardas	1.60	km
1 milla náutica (nmi) = 2 025.4 yardas	1.85	km

Superficie

Sistema métrico	Sistema inglés	Siglas
1 cm ² = 100 mm ²	0.15	in ²
1 m ² = 10 000 cm ²	1.19	yd ²
1 hectárea (ha) = 10 000 m ²	2.47	acres
1 km ² = 100 ha	0.38	mi ²
Sistema Inglés	Sistema métrico	
1 in ²	6.45	cm ²
1 ft ² = 144 in ²	0.09	m ²
1 yd ² = 9 ft ²	0.83	m ²
1 acre = 4 840 yd ²	4 046.90	m ²
1 milla ² = 640 acres	2.59	km ²

Volumen/capacidad

Sistema métrico	Sistema inglés	Siglas
1 cm ³	0.06	in ³
1 dm ³ = 1 000 cm ³	0.03	ft ³
1 m ³ = 1 000 dm ³	1.30	yd ³
1 litro (L) = 1 dm ³	1.76	pintas
1 hectolitro (hL) = 100 L	21.99	galones
Sistema Inglés	Sistema métrico	
1 in ³	16.38	cm ³
1 ft ³ = 1 728 in ³	0.02	m ³
1 onza fluida EUA = 1.0408 onzas fluidas RU	29.57	mL
1 pinta (16 onzas fluidas) = 0.8327 pintas RU	0.47	L
1 galón EUA = 0.8327 galones RU	3.78	L

Masa/peso

Sistema métrico	Sistema inglés	
1 miligramo (mg)	0.0154	grano
1 gramo (g) = 1 000 mg	0.0353	onza
1 kilogramo (kg) = 1 000 g	2.2046	libras
1 tonelada (t) = 1000 kg	0.9842	toneladas larga
Sistema Inglés	Sistema métrico	
1 onza (oz) = 437.5 granos	28.35	g
1 libra (lb) = 16 oz	0.4536	kg
1 stone = 14 lb	6.3503	kg
1 hundredweight (cwt) = 112 lb	50.802	kg
1 tonelada larga = 20 cwt	1.016	t

Temperatura

$^{\circ}C = \frac{5}{9}(^{\circ}F - 32)$	$^{\circ}F = \frac{9}{5}(^{\circ}C) + 32$
---	---

Otros sistemas de unidades		Multiplicado por	Sistema Internacional de Unidades (SI)	
Unidad	Símbolo	Factor de conversión	Se convierte a	
Longitud				
Pie	pie, ft.,'	0.30	metro	m
Pulgada	plg, in,"	25.40	milímetro	mm
Presión/esfuerzo				
Kilogramo fuerza/cm²	kg _f /cm²	98 066.50	pascal	Pa
Libra/pulgada²	lb/ plg², PSI	6 894.76	pascal	Pa
atmósfera técnica	at	98 066.50	pascal	Pa
metro de agua	m H ₂ O (mca)	9 806.65	pascal	Pa
mm de mercurio	mm Hg	133.32	pascal	Pa
bar	bar	100 000.00	pascal	Pa
Fuerza/ peso				
kilogramo fuerza	kg _f	9.80	newton	N
Masa				
libra	lb	0.45	kilogramo	kg
onza	oz	28.30	gramo	g
Peso volumétrico				
kilogramo fuerza/m³	kg _f /m³	9.80	N/m³	N/m³
libra /ft³	lb/ft³	157.08	N/m³	N/m³
Potencia				
caballo de potencia	CP, HP	745.69	watt	W
caballo de vapor	CV	735.00	watt	W
Viscosidad dinámica				
poise	μ	0.01	pascal segundo	Pa s
Viscosidad cinemática				
viscosidad cinemática	v	1	stoke	m²/s (St)
Energía/ Cantidad de calor				
caloría	cal	4.18	joule	J
unidad térmica británica	BTU	1 055.06	joule	J
Temperatura				
grado Celsius	°C	tk=tc + 273.15	grado Kelvin	K

Nota: El valor de la aceleración de la gravedad aceptado internacionalmente es de 9.80665 m/s²

Longitud								
de / a	mm	cm	m	km	mi	milla náutica (nmi)	ft	in
mm	1.000	0.100	0.001					
cm	10000	1.000	0.010				0.033	0.394
m	1 000.000	100.000	1.000	0.001			3.281	39.370
km			0.001	1.000	0.621	0.540	3 280.83	0.039
mi			1 609.347	1.609	1.000	0.869	5 280.000	
nmi			1 852.000	1.852	1.151	1.000	6 076.115	
ft		30.480	0.305				1.000	12.000
in	25.400	2.540	0.025				0.083	1.000

Superficie								
de / a	cm ²	m ²	km ²	ha	mi ²	acre	ft ²	in ²
cm ²	1.00						0.001	0.155
m ²	10 000.00	1.00					10.764	1 550.003
km ²			1.000	100.000	0.386	247.097		
ha		10 000.00	0.010	1.000	0.004	2.471		
mi ²			2.590	259.000	1.000	640.000		
acre		4 047.00	0.004	0.405	0.002	1.000		
ft ²	929.03	0.09					1.000	0.007
in ²	6.45						144.000	1.000

Volumen								
de / a	cm ³	m ³	L	ft ³	gal. EUA	acre-ft	in ³	yd ³
cm ³	1.000		0.001				0.061	
m ³		1.000	1 000.000	35.314	264.200			1.307
L	1 000.000	0.001	1.000	0.035	0.264		61.023	
ft ³		0.028	28.317	1.000	7.481			0.037
gal. EUA		0.004	3.785	0.134	1.000		230.974	
acre-ft		1 233.490				1.000		
in ³	16.387		0.016		0.004		1.000	
Yd ³		0.765		27.000				1.000

Gasto								
de / a	l/s	cm ³ /s	gal/día	gal/min	l/min	m ³ /día	m ³ /h	ft ³ /s
l/s	1.000	1 000.000		15.851	60.000	86.400	3.600	0.035
cm ³ /s	0.001	1.000	22.825	0.016	0.060	0.083		
gal/día		0.044	1.000			0.004		
gal/min	0.063	63.089	1 440.000	1.000	0.000	5.451	0.227	0.002
l/min	0.017	16.667	0.000	0.264	1.000	1.440	0.060	
m ³ /día	0.012	11.570	264.550	0.183	0.694	1.000	0.042	
m ³ /h	0.278		6 340.152	4.403	16.667	24.000	1.000	0.010
ft ³ /s	28.316			448.831	1 698.960	2 446.590	101.941	1.000

Eficiencia de pozo			
de	a	gal/min/pie	l/s/m
gal/min/pie		1.000	0.206
l/s/m		4.840	1.000

Permeabilidad							
de	a	cm/s	gal/día/Pie²	millones gal/día/acre	m/día	pie/s	Darcy
cm/s		1.000	21 204.78		864.000	0.033	
gal/día/pie²			1.000		0.041		0.055
millón gal/día/acre				1.000	0.935		
m/día		0.001	24.543	1.069	1.000		1.351
pie/s		30.480			26 334.72	1.000	
Darcy			18.200		0.740		1.000

Peso									
de	a	grano	gramo	kilogramo	libra	onza	tonelada corta	tonelada larga	tonelada métrica
Grano (gr)		1.000	0.065						
Gramo (g)		15.432	1.000	0.001	0.002				
Kilogramo (kg)			1 000.000	1.000	2.205	35.273			0.001
Libra (lb)			453.592	0.454	1.000	16.000			
Onza (oz)		437.500	28.350			1.000			
t corta				907.180	2 000.000		1.000		0.907
t larga				1 016.000	2 240.000		1.119	1.000	1.016
t métrica				1 000.000	2 205.000		1.101	0.986	1.000

Potencia									
de	a	CV	HP	kW	W	ft lb/s	kg m/s	BTU/s	kcal/s
CV		1.000	0.986	0.736	735.500	542.500	75.000	0.697	0.176
HP		1.014	1.000	0.746	745.700	550.000	76.040	0.706	0.178
kW		1.360	1.341	1.000	1 000.000	737.600	101.980	0.948	0.239
W				0.001	1.000	0.738	0.102		
ft lb/s					1.356	1.000	0.138	0.001	
kg m/s		0.013	0.013	0.009	9.806	7.233	1.000	0.009	0.002
BTU/s		1.434	1.415	1.055	1 055.000	778.100	107.580	1.000	0.252
kcal/s		5.692	5.614	4.186	4 186.000	3 088.000	426.900	3.968	1.000

Presión								
de	a	atmósfera	Kg/cm ²	lb/in ²	mm de Hg	in de Hg	m de H ₂ O	ft de H ₂ O
atmósfera		1.000	1.033	14.696	760.000	29.921	10.330	33.899
kg/cm ²		0.968	1.000	14.220	735.560	28.970	10.000	32.810
lb/in ²		0.068	0.070	1.000	51.816	2.036	0.710	2.307
mm de Hg		0.001	0.001	0.019	1.000	0.039	0.013	0.044
in de Hg		0.033	0.035	0.491	25.400	1.000	0.345	1.133
m de agua		0.096	0.100	1.422	73.560	2.896	1.000	3.281
ft de agua		0.029	0.030	0.433	22.430	0.883	0.304	1.000

Energía									
de	a	CV hora	HP hora	kW hora	J	ft.lb	kgm	BTU	kcal
CV hora		1.000	0.986	0.736				2 510.000	632.500
HP hora		1.014	1.000	0.746				2 545.000	641.200
kW hora		1.360	1.341	1.000				3 413.000	860.000
J					1.000	0.738	0.102		
ft.lb					1.356	1.000	0.138		
kgm					9.806	7.233	1.000		
BTU					1 054.900	778.100	107.580	1.000	0.252
kcal					4 186.000	3 087.000	426.900	426.900	1.000

Transmisividad				
de	a	cm ² /s	gal/día/pie	m ² /día
cm ² /s		1.000	695.694	8.640
gal/día/ft		0.001	1.000	0.012
m ² /día		0.116	80.520	1.000

Conversión de pies y pulgadas, a metros												
ft, in/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0.000	0.025	0.051	0.076	0.102	0.127	0.152	0.178	0.203	0.229	0.254	0.279
1	0.305	0.330	0.356	0.381	0.406	0.432	0.457	0.483	0.508	0.533	0.559	0.584
2	0.610	0.635	0.660	0.686	0.711	0.737	0.762	0.787	0.813	0.838	0.864	0.889
3	0.914	0.940	0.965	0.991	1.016	1.041	1.067	1.092	1.176	1.143	1.168	1.194
4	1.219	1.245	1.270	1.295	1.321	1.346	1.372	1.397	1.422	1.448	1.473	1.499
5	1.524	1.549	1.575	1.600	1.626	1.651	1.676	1.702	1.727	1.753	1.778	1.803
6	1.829	1.854	1.880	1.905	1.930	1.956	1.981	2.007	2.032	2.057	2.083	2.108
7	2.134	2.159	2.184	2.210	2.235	2.261	2.286	2.311	2.337	2.362	2.388	2.413
8	2.438	2.464	2.489	2.515	2.540	2.565	2.591	2.616	2.642	2.667	2.692	2.718
9	2.743	2.769	2.794	2.819	2.845	2.870	2.896	2.921	2.946	2.972	2.997	3.023
10	3.048	3.073	3.099	3.124	3.150	3.175	3.200	3.226	3.251	3.277	3.302	3.327
11	3.353	3.378	3.404	3.429	3.454	3.480	3.505	3.531	3.556	3.581	3.607	3.632
12	3.658	3.683	3.708	3.734	3.759	3.785	3.810	3.835	3.861	3.886	3.912	3.937
13	3.962	3.988	4.013	4.039	4.064	4.089	4.115	4.140	4.166	4.191	4.216	4.242
14	4.267	4.293	4.318	4.343	4.369	4.394	4.420	4.445	4.470	4.496	4.521	4.547
15	4.572	4.597	4.623	4.648	4.674	4.699	4.724	4.750	4.775	4.801	4.826	4.851
16	4.877	4.902	4.928	4.953	4.978	5.004	5.029	5.055	5.080	5.105	5.131	5.156
17	5.182	5.207	5.232	5.258	5.283	5.309	5.334	5.359	5.385	5.410	5.436	5.461
18	5.486	5.512	5.537	5.563	5.588	5.613	5.639	5.664	5.690	5.715	5.740	5.766
19	5.791	5.817	5.842	5.867	5.893	5.918	5.944	5.969	5.994	6.020	6.045	6.071
20	6.096	6.121	6.147	6.172	6.198	6.223	6.248	6.274	6.299	6.325	6.350	6.375
21	6.401	6.426	6.452	6.477	6.502	6.528	6.553	6.579	6.604	6.629	6.655	6.680
22	6.706	6.731	6.756	6.782	6.807	6.833	6.858	6.883	6.909	6.934	6.960	6.985
23	7.010	7.036	7.061	7.087	7.112	7.137	7.163	7.188	7.214	7.239	7.264	7.290
24	7.315	7.341	7.366	7.391	7.417	7.442	7.468	7.493	7.518	7.544	7.569	7.595
25	7.620	7.645	7.671	7.696	7.722	7.747	7.772	7.798	7.823	7.849	7.874	7.899
26	7.925	7.950	7.976	8.001	8.026	8.052	8.077	8.103	8.128	8.153	8.179	8.204
27	8.230	8.255	8.280	8.306	8.331	8.357	8.382	8.407	8.433	8.458	8.484	8.509
28	8.534	8.560	8.585	8.611	8.636	8.661	8.687	8.712	8.738	8.763	8.788	8.814
29	8.839	8.865	8.890	8.915	8.941	8.966	8.992	9.017	9.042	9.068	9.093	9.119
30	9.144	9.169	9.195	9.220	9.246	9.271	9.296	9.322	9.347	9.373	9.398	9.423
31	9.449	9.474	9.500	9.525	9.550	9.576	9.601	9.627	9.652	9.677	9.703	9.728
32	9.754	9.779	9.804	9.830	9.855	9.881	9.906	9.931	9.957	9.982	10.008	10.033
33	10.058	10.084	10.109	10.135	10.160	10.185	10.211	10.236	10.262	10.287	10.312	10.338
34	10.363	10.389	10.414	10.439	10.465	10.490	10.516	10.541	10.566	10.592	10.617	10.643
35	10.668	10.693	10.719	10.744	10.770	10.795	10.820	10.846	10.871	10.897	10.922	10.947

La segunda columna es la conversión de pies a metros; las siguientes columnas son la conversión de pulgadas a metros que se suman a la anterior conversión.

Tabla de conversión de pulgadas a milímetros								
Pulgadas	0	1/8	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8
0	0	3.175	6.35	9.525	12.7	15.875	19.05	22.225
1	25.4	28.575	31.75	34.925	38.1	41.275	44.45	47.625
2	50.8	53.975	57.15	60.325	63.5	66.675	69.85	73.025
3	76.2	79.375	82.55	85.725	88.9	92.075	95.25	98.425
4	101.6	104.775	107.95	111.125	114.3	117.475	120.65	123.825
5	127.0	130.175	133.35	136.525	139.7	142.875	146.05	149.225
6	152.4	155.575	158.75	161.925	165.1	168.275	171.45	174.625
7	177.8	180.975	184.15	187.325	190.5	193.675	196.85	200.025
8	203.2	206.375	209.55	212.725	215.9	219.075	222.25	225.425
9	228.6	231.775	234.95	238.125	241.3	244.475	247.65	250.825
10	254.0	257.175	260.35	263.525	266.7	269.875	273.05	276.225
11	279.4	282.575	285.75	288.925	292.1	295.275	298.45	301.625
12	304.8	307.975	311.15	314.325	317.5	320.675	323.85	327.025
13	330.2	333.375	336.55	339.725	342.9	346.075	349.25	352.425
14	355.6	358.775	361.95	365.125	368.3	371.475	374.65	377.825
15	381.0	384.175	387.35	390.525	393.7	396.875	400.05	403.225
16	406.4	409.575	412.75	415.925	419.1	422.275	425.45	428.625
17	431.8	434.975	438.15	441.325	444.5	447.675	450.85	454.025
18	457.2	460.375	463.55	466.725	469.9	473.075	476.25	479.425
19	482.6	485.775	488.95	492.125	495.3	498.475	501.65	504.825
20	508.0	511.175	514.35	517.525	520.7	523.875	527.05	530.225
21	533.4	536.575	539.75	542.925	546.1	549.275	552.45	555.625
22	558.8	561.975	565.15	568.325	571.5	574.675	577.85	581.025
23	584.2	587.375	590.55	593.725	596.9	600.075	603.25	606.425
24	609.6	612.775	615.95	619.125	622.3	625.475	628.65	631.825
25	635.0	638.175	641.35	644.525	647.7	650.875	654.05	657.225
26	660.4	663.575	666.75	669.925	673.1	676.275	679.45	682.625
27	685.8	688.975	692.15	695.325	698.5	701.675	704.85	708.025
28	711.2	714.375	717.55	720.725	723.9	727.075	730.25	733.425
29	736.6	739.775	742.95	746.125	749.3	752.475	755.65	758.825
30	762.0	765.175	768.35	771.525	774.7	777.875	781.05	784.225

Fórmulas generales para la conversión de los diferentes sistemas

Centígrados a Fahrenheit	$^{\circ}\text{F}=9/5^{\circ}\text{C}+32$
Fahrenheit a Centígrados	$^{\circ}\text{C}=5/9 (^{\circ}\text{F}-32)$
Réaumur a Centígrados	$^{\circ}\text{C}=5/4 ^{\circ}\text{R}$
Fahrenheit a Réaumur	$^{\circ}\text{R}=4/9 (^{\circ}\text{F}-32)$
Réaumur a Fahrenheit	$^{\circ}\text{F}=(9/4^{\circ}\text{R})+32$
Celsius a Kelvin	$^{\circ}\text{K}=273.15+^{\circ}\text{C}$
Fahrenheit a Rankine	$^{\circ}\text{Ra}=459.67+^{\circ}\text{F}$
Rankine a Kelvin	$^{\circ}\text{K}=5/9^{\circ}\text{Ra}$

Factores químicos de conversión					
	A	B	C	D	E
Constituyentes	epm a ppm	ppm a epm	epm a gpg	gpg a epm	ppm a ppm CaCO ₃
calcio Ca ⁺²	20.04	0.04991	1.1719	0.8533	2.4970
hierro Fe ⁺²	27.92	0.03582	1.6327	0.6125	1.7923
magnesio Mg ⁺²	12.16	0.08224	0.7111	1.4063	4.1151
potasio K ⁺¹	39.10	0.02558	2.2865	0.4373	1.2798
sodio Na ⁺¹	23.00	0.04348	1.3450	0.7435	2.1756
bicarbonato (HCO ₃) ⁻¹	61.01	0.01639	3.5678	0.2803	0.8202
carbonato (CO ₃) ⁻²	30.00	0.03333	1.7544	0.5700	1.6680
cloro (Cl) ⁻¹	35.46	0.02820	2.0737	0.4822	1.4112
hidróxido (OH) ⁻¹	17.07	0.05879	0.9947	1.0053	2.9263
nitrito (NO ₂) ⁻¹	62.01	0.01613	3.6263	0.2758	0.8070
fosfato (PO ₄) ⁻³	31.67	0.03158	1.8520	0.5400	1.5800
sulfato (SO ₄) ⁻²	48.04	0.02082	2.8094	0.3559	1.0416
bicarbonato de calcio Ca(HCO ₃) ₂	805.00	0.01234	4.7398	0.2120	0.6174
carbonato de calcio (CaCO ₃)	50.04	0.01998	2.9263	0.3417	1.0000
cloruro de calcio (CaCl ₂)	55.50	0.01802	3.2456	0.3081	0.9016
hidróxido de calcio Ca(OH) ₂	37.05	0.02699	2.1667	0.4615	1.3506
sulfato de calcio (CaSO ₄)	68.07	0.01469	3.9807	0.2512	0.7351
bicarbonato férrico Fe(HCO ₃) ₃	88.93	0.01124	5.2006	0.1923	0.5627
carbonato férrico Fe ₂ (CO ₃) ₃	57.92	0.01727	3.3871	0.2951	0.8640
sulfato férrico Fe ₂ (CO ₄) ₃	75.96	0.01316	4.4421	0.2251	0.6588
bicarbonato magnésico Mg(HCO ₃) ₂	73.17	0.01367	4.2789	0.2337	0.6839
carbonato magnésico (MgCO ₃)	42.16	1.02372	2.4655	0.4056	1.1869
cloruro de magnesio (MgCl ₂)	47.62	0.02100	2.7848	0.3591	1.0508
hidróxido de magnesio Mg(OH) ₂	29.17	0.03428	1.7058	0.5862	1.7155
sulfato de magnesio (MgSO ₄)	60.20	0.01661	3.5202	0.2841	0.6312

epm = equivalentes por millón

ppm = partes por millón

gpg = granos por galón

p.p.m. CaCO₃ = partes por millón de carbonato de calcio



ILUSTRACIONES

Ilustración 1.1 Fases de un proyecto	2
Ilustración 1.2 Modelo de secuencia de desarrollo de un proyecto ejecutivo	4
Ilustración 2.1 Fraccionamiento para el ejemplo	14
Ilustración 2.2 Propuesta de red convencional con cárcamo de bombeo	15
Ilustración 2.3 Arreglo propuesto para el SAV de ejemplo	16
Ilustración 2.4 Arreglo propuesto para el SAP de ejemplo	16
Ilustración 2.5 Diagrama para el análisis de supuestos (Aldunate, ND)	21
Ilustración 2.6 Sitio inaccesible para retroexcavadora	24
Ilustración 2.7 Accidente ocasionado por excavación cerca de oleoducto	25
Ilustración 2.8 Extracto de un plano de obras inducidas (CAPA, 2012)	26
Ilustración 2.9 Señalización en vía pública	27
Ilustración 2.10 Tapial para protección de obra	27
Ilustración 2.11 Obras de desvío para tubería de agua potable	28
Ilustración 2.12 Obras de desvío para drenaje pluvial	28
Ilustración 2.13 Daños a la infraestructura urbana por obras	29
Ilustración 3.1 Ubicación de instalación marginal (SCT, 1997)	41
Ilustración 3.2 Ubicación de instalación marginal (NRF-014-CFE-2004)	41
Ilustración 3.3 Derecho de vía en líneas eléctricas (CFE, 2004)	43
Ilustración 3.4 Integración del derecho de vía (NRF-014-CFE-2004)	44
Ilustración 3.5 Derecho de vía en cuerpos de agua	46
Ilustración 4.1 Escala gráfica	53
Ilustración 4.2 Dimensiones y acomodo propuesto para planos	55
Ilustración 4.3 Recomendaciones de estilo para la presentación de planos	56
Ilustración 4.4 Tamaños recomendados de texto	56
Ilustración 4.5 Especificaciones para el doblado de los planos	57
Ilustración 4.6 Contenido del cuadro tipo de “Símbolos”	58
Ilustración 4.7 Contenido del recuadro tipo de “Notas”	58
Ilustración 4.8 Datos de identificación del plano	58
Ilustración 4.9 Datos de identificación del plano (2)	60
Ilustración 4.10 Detalles constructivos	61
Ilustración 4.11 Detalles constructivos (2)	61
Ilustración 4.12 Pasos necesarios para la realización de un proceso productivo (Suarez C., 2002)	69

Ilustración A.1 Símbolos para tubería de agua potable	74
Ilustración A.2 Símbolos generales para planos de agua potable	75
Ilustración A.3 Símbolos convencionales para piezas especiales	75
Ilustración A.4 Símbolos convencionales para piezas especiales de PVC	76
Ilustración A.5 Símbolos convencionales para piezas especiales de PEAD	76
Ilustración A.6 Símbolos convencionales para proyectos de drenaje y alcantarillado	77
Ilustración A.7 Símbolos para la representación de planos topográficos	78

TABLAS

Tabla 1.1 Conformación general de un proyecto ejecutivo	6
Tabla 2.1 Arreglo general para un MET enfocado a proyectos de infraestructura hidráulica	14
Tabla 2.2 MET para el ejemplo de tres alternativas de alcantarillado	17
Tabla 2.3 Descripción de los componentes por alternativa	18
Tabla 2.4 Formato general para análisis FODA	22
Tabla 2.5 Ejemplo de un análisis FODA	22
Tabla 3.1 Gasto de diseño para estructuras de agua	32
Tabla 3.2 Distancias para líneas de subtransmisión	44
Tabla 3.3 Ancho del derecho de vía en líneas aéreas con estructura tipo rural para tensiones de 69 kV y 85 kV	45
Tabla 3.4 Ancho del derecho de vía en líneas aéreas con estructura tipo rural para tensiones de 69 kV y 85 kV	45
Tabla 4.1 Escalas de uso común en el sector hídrico y su precisión (Casanova, 2010)	54
Tabla 4.2 Contenido del cuadro tipo de “Cantidades de obra”	57
Tabla 4.3 Contenido del cuadro tipo de “Datos de proyecto”	58
Tabla 4.4 Extracto del catálogo de conceptos de la CONAGUA	63
Tabla 4.5 Especificaciones para los conceptos de la Tabla 4.4	65
Tabla 4.6 Programa de obra (Diagrama de Gantt)	68

