Regresar

Comisión Nacional del Agua

MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO

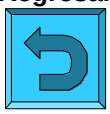
LINEAMIENTOS TECNICOS PARA LA ELABORACIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO

Diciembre de 2007

www.cna.gob.mx

Búsqueda por palabra

Regresar



ADVERTENCIA

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

Esta publicación forma parte de los productos generados por la Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, cuyo cuidado editorial estuvo a cargo de la Gerencia de Cuencas Transfronterizas de la Comisión Nacional del Agua.

Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

Edición 2007
ISBN: 978-968-817-880-5

Autor: Comisión Nacional del Agua
Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo
C.P. 04340, Coyoacán, México, D.F.
Tel. (55) 5174-4000
www.cna.gob.mx

Editor: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Boulevard Adolfo Ruiz Cortines No. 4209 Col. Jardines de la Montaña,
C.P 14210, Tlalpan, México, D.F.

Impreso en México
Distribución gratuita. Prohibida su venta.

Búsqueda por palabra

Comisión Nacional del Agua

Ing. José Luis Luege Tamargo
Director General

Ing. Marco Antonio Velázquez Holguín
Coordinador de Asesores de la Dirección General
Ing. Raúl Alberto Navarro Garza
Subdirector General de Administración
Lic. Roberto Anaya Moreno
Subdirector General de Administración del Agua
Ing. José Ramón Ardavín Ituarte
Subdirector General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento
Ing. Sergio Soto Priante
Subdirector General de Infraestructura Hidroagrícola
Lic. Jesús Becerra Pedrote
Subdirector General Jurídico
Ing. José Antonio Rodríguez Tirado
Subdirector General de Programación
Dr. Felipe Ignacio Arreguín Cortés
Subdirector General Técnico

Lic. René Francisco Bolio Halloran
Coordinador General de Atención de Emergencias y Consejos de Cuenca
M.C.C. Heidi Storsberg Montes
Coordinadora General de Atención Institucional, Comunicación y Cultura del Agua
Lic. Mario Alberto Rodríguez Pérez
Coordinador General de Revisión y Liquidación Fiscal
Dr. Michel Rosengaus Moshinsky
Coordinador General del Servicio Meteorológico Nacional

C. Rafael Reyes Guerra
Titular del Órgano Interno de Control

Responsable de la publicación:
Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento

Coordinador a cargo del proyecto:
Ing. Eduardo Martínez Oliver
Subgerente de Normalización

La Comisión Nacional del Agua contrató la Edición 2007 de los Manuales con el

INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA según convenio
CNA-IMTA-SGT-GINT-001-2007 (Proyecto HC0758.3) del 2 de julio de 2007
Participaron:

Dr. Velitchko G. Tzatchkov
M. I. Ignacio A. Caldiño Villagómez

Búsqueda por palabra

Regresar

CONTENIDO GENERAL

CAPÍTULO		
1	DATOS BASICOS	1
2	TOPOGRAFIA	32
3	GEOTECNIA	46
4	GEOHIDROLOGIA	72
5	AGUA POTABLE	95
6	ALCANTARILLADO SANITARIO	130
7	ESTRUCTURAS	156
8	ELÉCTRICA	189
9	MECÁNICA	198
10	EVALUACIÓN DE PARÁMETROS AGRESIVOS A LAS TUBERIAS DE ACERO Y CONCRETO PREFORZADO	208
11	BANCO DE MATERIALES	217

Búsqueda por palabra

Regresar

CONTENIDO

1. DATOS BASICOS 1

1.1. GENERALIDADES 1

1.1.1. Población 2
1.1.2. Período de diseño y vida útil 3
1.1.3. Zanjas para la instalación de tuberías 5
1.2. PROYECTOS DE AGUA POTABLE 8

1.2.1. Demanda 8
1.2.2. Coeficientes de variación 12
1.2.3. Gastos de diseño 12
1.2.4. Cálculo hidráulico 14
1.2.5. Velocidades 17
1.2.6. Regulación 18
1.2.7. Zanja para la instalación de tuberías 23
1.3. PROYECTOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO 24

1.3.1. Aportación de aguas negras 24
1.3.2. Coeficientes de variación 24
1.3.3. Gastos de diseño 26
1.3.4. Cálculo hidráulico 27
1.3.5. Parámetros Hidráulicos Permisibles 28
1.3.6. Zanja para la instalación de tuberías 30

2. TOPOGRAFÍA 32

2.1. DISPOSICIONES GENERALES 32

2.2. DEFINICIONES 33

2.2.1. Estudios Topográficos 33
2.2.2. Levantamientos topográficos de baja precisión 33
2.2.3. Levantamientos topográficos definitivos 33
2.3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN 33

2.4. POLIGONALES 33

2.4.1. Trazo de apoyo 33
2.4.2. Brecheo 34
2.4.3. Monumentación 34
2.4.4. Orientaciones astronómicas 35
2.4.5. Poligonales abiertas 36
2.4.6. Poligonales cerradas 37
2.5. NIVELACIÓN 38

2.5.1. Bancos de nivel 38
2.5.2. Monumentación 39
2.5.3. Nivelación diferencial 39
2.5.4. Nivelación de perfil 39

Búsqueda por palabra

Regresar

2.5.5. Nivelación de secciones transversales 39
2.6. LEVANTAMIENTOS ESPECIALES 40
2.7. PRESENTACIÓN DE PLANOS 41
2.7.1. Elaboración de planos topográficos 41
2.7.2. Dibujo de secciones transversales 41
2.7.3. Elaboración de planos para los sitios de las estructuras especiales 42
2.8. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EN COMUNIDADES RURALES 42
2.9. FOTOGRAMETRÍA 43
2.9.1. Vuelos fotogramétrícos 43
2.9.2. Comprobación de trabajos fotogramétricos de campo 44
2.10. INFORME FINAL 44

3. GEOTECNIA 45

3.1. OBJETIVOS Y ETAPAS DE ESTUDIO 45
3.1.1. Recopilación de información técnica 45
3.1.2. Reconocimiento geotécnico en el área de proyecto 45
3.1.3. Etapas de los estudios geotécnicos 46
3.1.4. Campo de aplicación 46
3.2. NORMAS Y MANUALES TÉCNICOS DE REFERENCIA 47
3.3. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS 49
3.3.1. Símbolos 49
3.3.2. Abreviaturas 49
3.4. EXPLORACIÓN 50
3.4.1. Métodos indirectos 50
3.4.2. Métodos semidirectos 51
3.4.3. Métodos directos 51
3.4.4. Técnicas de perforación 52
3.5. MUESTREO 53
3.5.1. Muestras representativas alteradas 53
3.5.2. Muestras inalteradas 55
3.6. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO 56
3.6.1. Propiedades índice 57
3.6.2. Propiedades mecánicas e hidráulicas 57
3.6.3. Propiedades índice y mecánicas en núcleos de roca 59
3.6.4. Pruebas de campo 59
3.7. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS EN OBRAS 59
3.7.1. Estructuras en obra de toma 61
3.7.2. Línea de conducción, colector, interceptor, emisor y redes de distribución de agua potable o de alcantarillado 61
3.7.3. Plantas de bombeo, tanques de almacenamiento y torres de oscilación 62
3.7.4. Cruces con vías de comunicación, ríos y canales 62

Búsqueda por palabra

Regresar

3.7.5. Plantas potabilizadoras, de tratamiento y estructuras complementarias 63
3.7.6. Plantas de tratamiento (lagunas). 64
3.7.7. Vialidades en plantas de tratamiento, potabilizadoras y de bombeo 65
3.8. CAMINOS 66
3.9. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS 66
3.10. PROYECTO DE CAMINOS A L0 LARGO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN, DEL COLECTOR, INTERCEPTOR O EMISOR 67
3.10.1. Recopilación de información 67
3.10.2. Reconocimiento geotécnico 68
3.10.3. Topografía deducida 68
3.10.4. Proyecto geométrico 68
3.10.5. Secciones de construcción 69
3.10.6. Dibujo de planos definitivos 69
3.10.7. Caminos existentes 69
3.10.8. Obras de drenaje (claros menores a 6 m) 69
3.10.9. Catálogo de conceptos y memoria descriptiva 70
4. GEOHIDROLOGÍA 71
4.1. DISPOSICIONES GENERALES 72
4.2. REFERENCIAS 72
4.3. SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y DEFINICIONES 73
4.3.1. Símbolos 73
4.3.2. Abreviaturas 73
4.3.3. Definiciones 73
4.4. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN 74
4.5. ESTUDIOS DE GEOLOGÍA 75
4.5.1. Verificación del marco geológico superficial 75
4.6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS HIDRÁULICOS 76
4.7. OBSERVACIONES PIEZOMÉTRICAS 77
4.8. CÁLCULO DE VOLÚMENES DE EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA 78
4.9. TRABAJOS DE NIVELACIÓN 78
4.10. PRUEBAS DE BOMBEO 78
4.11. MUESTREO Y ANÁLISIS 80
4.11.1. Parámetros Físico-Químicos. 80
4.11.2. Análisis de Parámetros Especiales 81
4.11.3. Análisis Isotópicos 82
4.11.4. Análisis bacteriológicos 82
4.12. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES 82
4.13. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN 83
4.13.1. Plano Base. 83

Búsqueda por palabra

4.13.2. Información Climatológica. 83
4.13.3. Censo de Aprovechamientos de Agua Subterránea. 84
4.13.4. Recursos Hidráulicos Superficiales. 84
4.13.5. Geología 84
4.13.6. Interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales. 85
4.13.7. Calidad del Agua Subterránea 86
4.13.8. Piezometría 87
4.14. PRUEBAS DE BOMBEO 88
4.14.1. Métodos de interpretación 88
4.14.2. Distribución de la Transmisividad 89
4.15. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS 89
4.15.1. Análisis de los resultados del balance 89
4.15.2. Evaluación del Impacto Ambiental 90
4.15.3. Recomendaciones para Explotación Futura 90
4.16. INFORMES DE TRABAJO 90
4.16.1. Informes Parciales 90
4.16.2. Informe Final 91
5. AGUA POTABLE 94
5.1. OBRAS DE CAPTACIÓN 94
5.1.1. Definiciones 95
5.1.2. Captación de aguas superficiales 95
5.1.3. Captación de aguas subterráneas 105
5.2. LINEAS DE CONDUCCIÓN 112
5.2.1. Definiciones 113
5.2.2. Conducciones por gravedad 113
5.2.3. Conducciones por bombeo 115
5.2.4. Accesorios 115
5.3. OBRAS DE REGULACIÓN 118
5.3.1. Tanque superficial 119
5.3.2. Tanques elevados 122
5.3.3. Capacidad de reserva 123
5.4. REDES DE DISTRIBUCIÓN 124
5.4.1. Líneas de alimentación 125
5.4.2. Redes primarias 125
5.4.3. Redes secundarias o de relleno 126
5.4.4. Requerimientos contra incendio 127
5.4.5. Cruceros de la red 127
5.4.6. Tomas domiciliarias 128
6. ALCANTARILLADO SANITARIO 129
6.1. RED DE ATARJEAS 130
6.1.1. Definiciones 131

Búsqueda por palabra

6.1.2. Modelos de configuración de atarjeas 131
6.1.3. Factores que intervienen en el diseño de la red 133
6.1.4. Diseño hidráulico 134
6.2. COLECTORES, INTERCEPTORES Y EMISORES 138
6.2.1. Definiciones 139
6.2.2. Modelos de configuración para colectores, interceptores y emisores 139
6.2.3. Factores que intervienen en el diseño 140
6.2.4. Diseño hidráulico 141
6.3. ESTRUCTURA DE DESCARGA 144
6.3.1. Definiciones 145
6.3.2. Aspectos por considerar en el proyecto 145
6.3.3. Sitios de Vertido 146
6.4. OBRAS ACCESORIAS 149
6.4.1. Descargas domiciliarias 149
6.4.2. Pozos de visita 150
6.4.3. Sifones invertidos 153
6.4.4. Cruces elevados 154
7. ESTRUCTURAS 155
7.1. DISPOSICIONES GENERALES 156
7.1.1. Clasificación 156
7.1.2. Sismo 156
7.1.3. Viento 160
7.1.4. Planos Estructurales 160
7.1.5. Estructuras 160
7.2. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO. 164
7.2.1. Captación 164
7.2.2. Conducción 168
7.2.3. Estructuras de Almacenamiento y Regulación 179
7.2.4. Distribución 179
7.2.5. Potabilización 180
7.2.6. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales 182
7.2.7. Alcantarillado 183
8. ELECTRICA 188
8.1. LINEAMIENTOS GENERALES 188
8.1.1. Objetivo 188
8.1.2. Normas y Reglamentos que se Aplican 189
8.1.3. Alcance 189
8.1.4. Procedimiento de Cálculo 189
8.1.5. Planos 191
8.1.6. Especificaciones Eléctricas 192
8.1.7. Cantidades de Obra 193

Búsqueda por palabra

Regresar

8.1.8. Presupuesto 193
8.2. LINEAMIENTOS PARTICULARES 194
8.2.1. Pozos 194
8.2.2. Plantas de Bombeo 194
8.2.3. Plantas de Tratamiento 195
8.2.4. Plantas Potabilizadoras 195
9. MECANICA 196
9.1. LINEAMIENTOS GENERALES 196
9.1.1. Objetivo 197
9.1.2. Normas que se Aplican 197
9.1.3. Alcance 197
9.1.4. Procedimiento de Cálculo 197
9.1.5. Planos 199
9.1.6. Especificaciones Mecánicas 200
9.1.7. Cantidades de Obra 202
9.1.8. Presupuesto 202
9.2. LINEAMIENTOS PARTICULARES 202
9.2.1. Pozos 202
9.2.2. Plantas de Bombeo 203
9.2.3. Plantas de Tratamiento 204
9.2.4. Plantas Potabilizadoras 204
9.2.5. Dispositivos de Control de Fenómenos Transitorios 205
10. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS AGRESIVOS A LAS TUBERÍAS DE ACERO Y CONCRETO PREFORZADO 206
10.1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN 206
10.2. REFERENCIAS 207
10.3. PARÁMETROS AGRESIVOS 207
10.3.1. Agua 208
10.3.2. Suelo 208
10.3.3. Variación del nivel freático 209
10.3.4. Métodos de protección para tuberías acero 210
10.3.5. Métodos de protección para tuberías de concreto presforzado 210
10.4. MUESTREO 210
10.4.1. Agua 210
10.4.2. Suelo 211
10.5. MÉTODOS DE PRUEBA 212
10.5.1. Métodos de prueba para agua 212
10.5.2. Métodos de prueba para muestras de suelo 213
10.5.3. Número de ensayes 213
10.5.4. Determinación de la resistividad 213
11. BANCOS DE MATERIALES 215

Búsqueda por palabra

11.1. NORMAS Y MANUALES TÉCNICOS DE REFERENCIA 215
11.2. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS 216
11.2.1. Símbolos 216
11.2.2. Abreviaturas 216
11.3. BANCOS DE ENROCAMIENTO 216
11.3.1. Etapas de estudio 217
11.3.2. Recopilación de información 217
11.3.3. Localización de Bancos 218
11.3.4. Geología superficial 219
11.3.5. Exploración geosísmica 220
11.3.6. Exploración directa del subsuelo 221
11.3.7. Proyecto de explotación 222
11.3.8. Presentación de resultados 223
11.4. BANCOS DE AGREGADOS PÉTREOS (GRAVA-ARENA) 223
11.4.1. Recopilación de Información 223
11.4.2. Localización de bancos 224
11.4.3. Geología superficial 224
11.4.4. Exploración geosísmica 225
11.4.5. Exploración por medio de la excavación de PCAs 226
11.4.6. Exploración por medio de sondeos profundos 226
11.4.7. Pruebas de laboratorio 227
11.4.8. Presentación de resultados 227
11.5. BANCOS DE MATERIALES TÉRREOS (FINOS) 228
11.5.1. Recopilación de información 228
11.5.2. Localización de bancos 229
11.5.3. Geología superficial 229
11.5.4. Exploración geosísmica 230
11.5.5. Exploración geoeléctrica 230
11.5.6. Excavación de Pozos a Cielo Abierto (PCA) y Muestreo 231
11.5.7. Pruebas de laboratorio 232
11.5.8. Presentación de Resultados 233

Búsqueda por palabra

1. DATOS BASICOS

INTRODUCCIÓN

La concentración de la población en núcleos cada vez mayores trae consigo múltiples problemas, dentro de los cuales la Comisión Nacional del Agua 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, en demérito 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 y alcantarillado sanitario.

1.1. GENERALIDADES

Una vez recopilada toda la información disponible de los sistemas de agua potable y alcantarillado en funcionamiento, se hará una síntesis que proporcione un diagnóstico de los sistemas, señalando sus características más importantes, sus deficiencias y los requerimientos de rehabilitación, sustitución o expansión. Con lo anterior se deben plantear alternativas de desarrollo para las posibles áreas de crecimiento inmediato, y programar a futuro aquellas zonas consideradas en los planes de desarrollo urbano.

Se deben identificar las zonas habitacionales por su clase socioeconómica, diferenciándolas en: popular, media y residencial. De igual forma se delimitan las zonas industriales, comerciales y de servicios públicos. Esta información se presenta en un plano general de la localidad.

Lo anterior representa la información de inicio para obtener los datos básicos que son necesarios en la elaboración de estudios y proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario.

Búsqueda por palabra

1.1.1. Población

1.1.1.1. Población actual

Tomando en cuenta las diferentes zonas habitacionales descritas en la sección anterior, se debe definir la población actual correspondiente.
Utilizando la información que proporcionan el Consejo Nacional de Población (CONAPO) y el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), relativa a cuando menos los últimos tres censos disponibles, se realiza la proyección de la población al término del periodo de diseño en que se ejecutan los estudios y proyectos. La proyección de la población debe de realizarse con un estudio que considere los datos disponibles o factibles de obtener para la localidad en cuestión. Para este fin la Comisión Nacional del Agua ha editado la Norma Técnica NT-011-CNA-2001 “Métodos de Proyección de Población” que explica los procedimientos a seguir para ese fin, en diferentes situaciones en cuanto a los datos disponibles.

Los resultados obtenidos de la población actual, por clase socioeconómica, se validan con la información que proporcione la Comisión Federal de Electricidad (CFE), referente a número de contratos de servicio domestico, índice de hacinamiento (número de habitantes / vivienda) y cobertura en el servicio de energía eléctrica.

1.1.1.2 Población de proyecto

De acuerdo con las características socioeconómicas de la población y tornando en cuenta los planes de desarrollo urbano, se definirán las zonas habitacionales actuales y futuras para cada grupo demográfico.

Basándose en el crecimiento histórico, las variaciones observadas en las tasas de crecimiento, su característica migratoria y las perspectivas de desarrollo económico de la localidad, se definirá en caso de ser posible, la tasa de crecimiento en cada grupo demográfico para proyectar la población anualmente en un horizonte de 20 años (referencia 1), Esta tasa podrá ser constante o variable, según sea el caso, indicando los períodos para los cuales corresponde cada tasa de crecimiento. En el documento de datos básicos, correspondiente a la 1a. Sección del libro V del Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (referencia 6) se presentan los métodos para él cálculo de la población de proyecto.

Se deben elaborar las gráficas correspondientes a las tasas de crecimiento para cada zona urbana (residencial, media y popular) para un horizonte de 5, 10 y 20 años.

Para definir la densidad de población futura y las estrategias planteadas por la rectoría municipal para el crecimiento de la localidad, se puede consultar el plan de desarrollo urbano de la localidad, de manera que se determine el área urbana a la que se le deberán proporcionar los servicios.

Búsqueda por palabra

En caso de que el plan no especifique los horizontes de crecimiento a 5, 10 y 20 años, éstos se establecerán dé acuerdo con los lineamientos seguidos en el mismo; si la localidad en estudio no cuenta con plan de desarrollo urbano, se definirán, con ayuda de las autoridades municipales o estatales, las proyecciones de crecimiento de la mancha urbana.

Los factores básicos del cambio en la población son: el aumento natural (más nacimientos que muertes) y la migración neta (movimiento de las familias hacia dentro y hacia fuera de un área determinada).

Se establecerá, junto con las autoridades correspondientes, la consistencia de los planes de desarrollo urbano y programas anteriormente realizados, comparándolos con el crecimiento observado en la ciudad y las razones por las cuales se presentaron diferencias, si éstas resultaran considerables.

1.1.2. Período de diseño y vida útil

1.1.2.1. Período de diseño

Se entiende por período de diseño, el intervalo de tiempo durante el cual la obra llega a su nivel de saturación, este período debe ser menor que la vida útil.

Los períodos de diseño están vinculados con los aspectos económicos, los cuales están en función del costo del dinero, esto es, a mayor tasas de interés menor período de diseño; sin embargo no se pueden desatender los aspectos financieros, por lo que en la selección del período de diseño se deben considerar ambos aspectos.

Considerando lo anterior, el dimensionamiento de las obras se realizará a períodos de corto plazo, definiendo siempre aquellas que, por sus condiciones específicas, pudieran requerir un período de diseño mayor por economía de escala.

Siempre que sea factible se deberán concebir proyectos modulares, que permitan diferir las inversiones el mayor tiempo posible. Se buscará el máximo rendimiento de la inversión, al disponer de infraestructura con bajos niveles de capacidad ociosa en el corto plazo.

De acuerdo con los criterios anteriores, las componentes de los sistemas deberán diseñarse para períodos de cinco años o más. En la tabla 1.1 se presentan los períodos de diseño recomendables para los diferentes elementos de los sistemas de agua potable y alcantarillado.

Búsqueda por palabra

Tabla 1.1 Período de Diseño

ELEMENTO	PERÍODO DE DISEÑO (años)
Fuente	
Pozo	5
Embalse (presa)	hasta 50
Línea de conducción	de 5 a 20
Planta potabilizadora	de 5 a 10
Estación de bombeo	de 5 a 10
Tanque	de 5 a 20
Distribución primaria	de 5 a 20
Distribución secundaria	a saturación (*)
Re e atarjeas	a saturación (*)
Colector y Emisor	de 5 a 20
Planta de tratamiento	de 5 a 10

(*) En el caso de distribución secundaria y red de atarjeas, por condiciones de construcción difícilmente se podrá diferir la inversión.

1.1.2.2. Vida útil

La vida útil es el tiempo que se espera que la obra sirva a los propósitos de diseño, sin tener gastos de operación y mantenimiento elevados que hagan antieconómico su uso o que requiera ser eliminada por insuficiente.

En la tabla 1.2 se indica la vida útil de algunos elementos de un sistema de agua potable, considerando una buena operación y mantenimiento.

Se deben tomar en cuenta todos los factores, características y posibles riesgos de cada proyecto en particular, para establecer adecuadamente el período de vida útil de cada una de las partes del sistema.

Búsqueda por palabra

Tabla 1.2 Vida útil

ELEMENTO	VIDA ÚTIL (años)
Pozo	
Civil	de 10 a 30
Electromecánica *	de 2 a20
Línea de conducción	de 20a4O
Planta potabilizadora	
Civil	40
Electromecánica *	de 5 a 20
Estación de bombeo	
Civil	40
Electromecánica *	de 5 a 20
Tanque	
Superficial	40
Elevado	20
Distribución primaria	de 20 a 40
Distribución secundaria	de 15 a 30
Red de atarjeas	de 15 a 30
Colector y Emisor	de 20 a 40
Planta de tratamiento	
Civil	40
Electromecánica	de 15 a 20

* La vida útil del equipo electromecánico, presenta variaciones muy considerables, principalmente en las partes mecánicas, como son cuerpos de tazones, impulsores, columnas, flechas, portachumaceras, estoperos, etc. La cual se ve disminuida notablemente debido a la calidad del agua que se maneja (contenido de fierro y manganeso) y a sus condiciones de operación.

1.1.3. Zanjas para la instalación de tuberías

Las tuberías se instalan sobre la superficie o enterradas, dependiendo de la topografía, clase de tubería y tipo de terreno.

Para obtener la máxima protección de las tuberías se recomienda que se instalen en condición de zanja, debiendo ser ésta de paredes verticales, como mínimo hasta el lomo M tubo y con el ancho indicado en la tabla 1.3. El tipo de instalación que se adopte, debe considerar otros factores relacionados con la protección de la línea, como son el deterioro o maltrato por personas y animales, la exposición de los rayos solares, variación de temperatura, etc.

En terreno rocoso debe analizarse la conveniencia de instalar la tubería superficialmente sobre apoyos adecuados, y esta no podrá ser en ningún caso de policloruro de vinilo (PVC), y solo en casos excepcionales de Asbesto-Cemento (A-C) y concreto, garantizando su protección y seguridad.

Búsqueda por palabra

1.1.3.1. Ancho de zanja

En la tabla 1.3 se indica el ancho recomendable de la zanja, para diferentes diámetros de tubería.

Es indispensable que a la altura del lomo del tubo, la zanja tenga realmente el ancho que se indica en la tabla 1.3; a partir de este punto puede dársele a sus paredes el talud necesario para evitar el empleo de ademe. Si resulta conveniente el empleo de un ademe, el ancho de zanja debe ser igual al indicado en la tabla 1,3 más el ancho que ocupe el ademe.

Tabla 1.3 Ancho de zanja

DIÁMETRO NOMINAL		ANCHO
(cm)	(pulgadas)	(cm)
2.5	1.0	50
3.8	1.5	55
5.0	2.0	55
6.3	2.5	60
7.5	3.0	60
10.0	4.0	60
15.0	6.0	70
20.0	8.0	75
25.0	10.0	80
30.0	12.0	85
35.0	14.0	90
38.0	15.0	95
40.0	16.0	95
45.0	18.0	90
50.0	20.0	115
61,0	24.0	130
76,0	30.0	150
91.0	36.0	170
107.0	42.0	190
122.0	48.0	210
152.0	60.0	250
183.0	72.0	280
213.0	84.0	320
244.0	96.0	355

1.1.3.2. Plantilla o cama

La plantilla o cama consiste en un piso de material fino, colocado sobre el fondo de la zanja que previamente ha sido arreglado con la concavidad necesaria para ajustarse

Búsqueda por palabra

a la superficie externa inferior de la tubería, en un ancho cuando menos igual al 60% de su diámetro exterior (De). El resto de la tubería debe ser cubierto hasta una altura de 30 cm arriba de su lomo con material granular fino colocado a mano y compactado cuidadosamente, llenando todos los espacios libres abajo y adyacentes a la tubería. Ese relleno se debe hacer en capas que no excedan de 15 cm de espesor (figura 1.1).

Deberán excavarse cuidadosamente las cavidades o conchas para alojar la campana o cople de las juntas de los tubos, con el fin de permitir que la tubería se apoye en toda su longitud sobre el fondo de la zanja o la plantilla apisonada. El espesor mínimo sobre el eje vertical de la tubería será de 5 cm (Fig. 1.1).

En caso de instalar tubería de acero y PEAD y si la superficie del terreno lo permite no es necesaria la plantilla. En lugares excavados en roca o tepetate duro, se preparará la cama de material suave que pueda dar un apoyo uniforme al tubo, con tierra o arena suelta.

El relleno de la zanja puede ser a volteo o compactado, según se especifique en el proyecto el criterio para seleccionar el tipo de relleno será dependiendo del lugar en que se instale la tubería, por ejemplo, en el arroyo de una vialidad con transito vehicular intenso y que requiera la inmediata reposición del pavimento, todo el relleno será compactado para evitar en lo posible, asentamientos posteriores y fractura del pavimento; y en zonas rurales o con poco flujo vehicular, se optará por el relleno a volteo (figura 1.1)

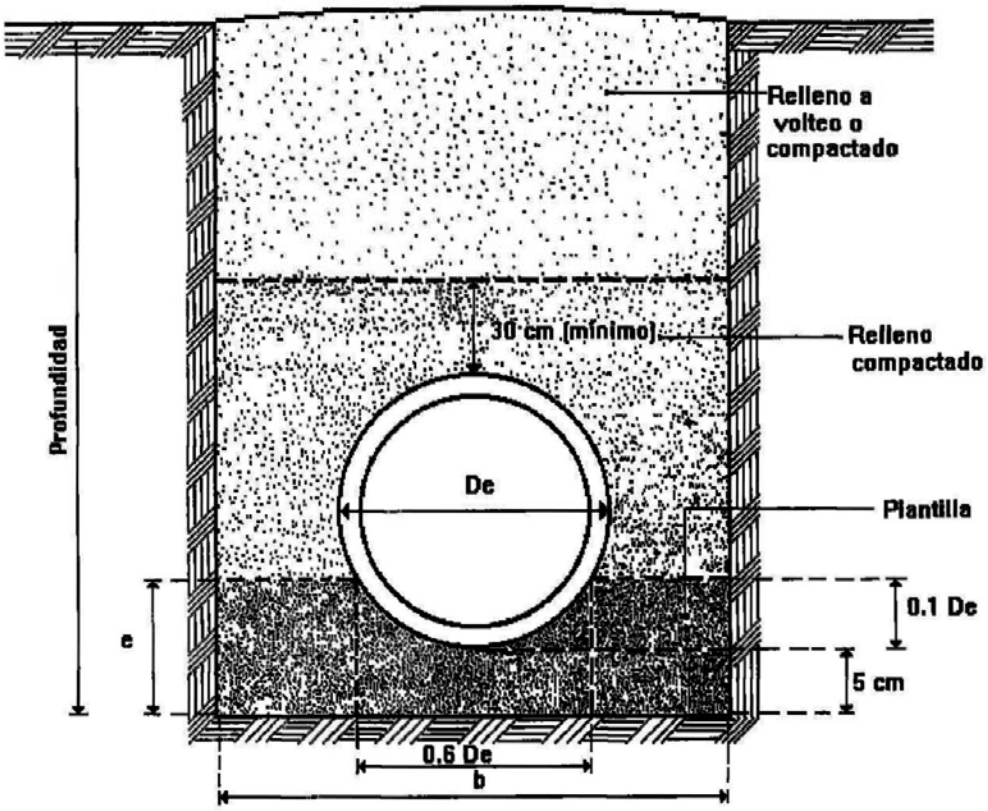


Figura 1.1 Relleno de zanja

El material del relleno, se procurará sea el mismo producto de la excavación, seleccionado y libre de piedras, si esto no es posible por el tipo de suelo, se hará con material de banco

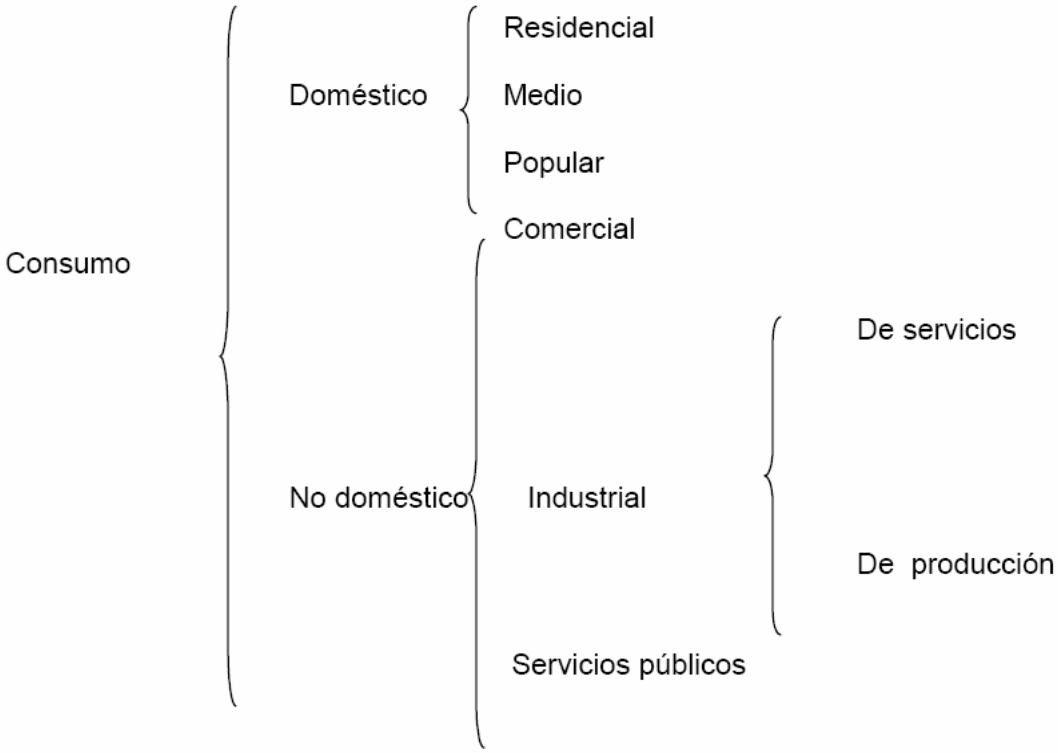
1.2. PROYECTOS DE AGUA POTABLE

1.2.1. Demanda

1.2.1.1. Consumo

El consumo de agua se determina dé acuerdo con el tipo de usuarios, se divide según su uso en: doméstico y no-doméstico; el consumo doméstico, se subdivide según la clase socioeconómica de la población en residencia¡, medio y popular. El consumo no doméstico incluye el comercial, el industrial y de servicios públicos a su vez, el consumo industrial se clasifica en industrial de servicio e industrial de producción (fábricas), esta clasificación se resume en el siguiente diagrama:

Búsqueda por palabra



Los consumos se obtendrán con base en los histogramas, de preferencia de un año, de los registros del organismo operador. En caso de no disponer de esta información se podrán considerar los valores de consumos domésticos que se dan en la tabla 1.4, que son los resultados medios obtenidos en el "Estudio de actualización de dotaciones en el país" efectuado por la CNA a través del IMTA, en varías ciudades de la República Mexicana, durante los años de 1992 y 1993.

Tabla 1.4 Consumos dométicos per cápita

CLIMA		CONSUMO POR CLASE SOCIOECONOMICA		
			(l/hab/dia)	
		RESIDENCIAL	MEDIA	POPULAR
Cálido		400	230	185
Semicalido		300	205	130
Templado		250	195	100

NOTAS:
1) Para los casos de climas semifrío y frío se consideran los mismos valores que para el clima templado
2) El clima se selecciona en función de la temperatura media anual (Tabla 1.5)

Búsqueda por palabra

Tabla 1.5 Clasificación de climas por su temperatura

TEMPERATURA MEDIA ANUAL (ºC)	TIPO DE CLIMA
Mayor que 22	CALIDO
De 18 a 22	SEMICALIDO
De 12 a 17.9	TEMPLADO
De 5 a 11.9	SEMIFRIO
Menor que 5	FRIO

1.2.1.2. Demanda actual

El consumo promedio calculado para cada tipo de usuario, se multiplicará por la población actual de cada sector socioeconómico, por las unidades comerciales, industriales y de servicios públicos existentes, determinados en la sección 1.1.1.2, para calcular el volumen consumido correspondiente a cada tipo de usuario. A este consumo debe agregarse el porcentaje de pérdidas físicas correspondiente a fugas, ya sea que éstas sean definidas por medición mediante un estudio de evaluación de pérdidas o se basen en estimaciones obtenidas por comparación con una o varías localidades similares en cuanto a nivel socioeconómico, tamaño de población, costumbres de uso del agua, etc. que ya dispongan de un estudio similar al indicado.

En caso de no disponer de esta información en él capitulo 2.2.2 del documento de "Datos Básicos" de este Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ref. 6) se dan algunas recomendaciones para la evaluación de los porcentajes de pérdidas.

Para determinar la demanda de agua potable de una ciudad deben considerarse factores como: tamaño de la ciudad, distribución de la población por estrato socieconómico, clima y sus variaciones en el año, existencia de alcantarillado, y otros. Una especial importancia en esta determinación reviste el concepto de *elasticidad de la demanda* que expresa la reacción de los usuarios cuando cambia algún parámetro de influencia (como precio unitario del producto, ingreso familiar, clima, etc.). La elasticidad de la demanda es un parámetro esencial en el estudio de evaluación socioeconómica, que ahora es necesario para justificar la necesidad de cualquier proyecto de agua potable.

La Comisión Nacional del Agua ha editado la Norma Técnica NT-009-CNA-2001 “Cálculo de la Demanda de Agua Potable” que explica los procedimientos a seguir para este fin, así como documentos para la evaluación socioeconómica de proyectos.

1.2.1.3. Proyección de la demanda

La proyección de la demanda de agua potable se realiza con base en los consumos de las diferentes zonas socioeconómicas y a la demanda actual, tomando en cuenta las consideraciones siguientes:

Búsqueda por palabra

- En condiciones normales, el consumo doméstico debe presentar una tasa decreciente en el tiempo, lo que significa que el volumen diario que se asigna por persona tiende a disminuir año con año, como resultado de la aplicación de políticas de uso racional de agua potable, actividad obligatoria y cuyo responsable es el organismo operador.
- En caso de aplicar una tasa creciente al consumo doméstico, se deberá justificar ampliamente la razón de dicha tasa.
- La proyección del volumen doméstico total se realiza utilizando las proyecciones de población por estrato con sus correspondientes consumos para cada año, dentro del horizonte de proyecto.
- Cuando las demandas comercial, industrial y turística sean poco significativas con relación a la demanda doméstica, y no existan proyectos de desarrollo para estos sectores, las primeras quedan incluidas en la demanda doméstica.
- Cuando las demandas de los sectores comercial, industrial y turístico sean importantes, deberán considerarse las tendencias de crecimiento histórico con los censos económicos o con los proyectos de desarrollo, de¡ sector público o de la iniciativa privada (sección 1.1.1.2), y se aplicarán los consumos de cada sector a las proyecciones correspondientes.
- Por lo que se refiere a los volúmenes de agua no contabilizada, su valor se estima a partir de los volúmenes producidos y consumidos. En este punto se analizan las tendencias y causas probables del agua no contabilizada, tales como: pérdidas físicas, errores de macro y micro medición, catastro desactualizado, etc.
- A partir del Plan Maestro se obtiene el comportamiento esperado en la eficiencia del sistema, durante el período de diseño. Con esta información se calculan las pérdidas que se estiman para cada año.
- El cálculo de la demanda se debe realizar anualmente para un período de 20 años, y se obtiene con la suma de los consumos por sector, incluyendo el agua no contabilizada.

1.2.1.4. Demanda contra incendio

En pequeñas localidades, salvo casos especiales, se considera innecesario proyectar sistemas de abastecimiento de agua potable que incluyan protección contra incendios. En localidades medianas o grandes el problema debe ser estudiado y justificado en cada caso, de acuerdo con las características particulares de cada localidad.

1.2.1.5. Dotación

Se entiende por dotación el volumen de agua que considera el consumo de todos los servicios que se hacen por habitante por día, incluyendo pérdidas físicas. La dotación se obtiene a partir de las demandas (secciones 1.2.1.2 a 1.2.1.4).

Búsqueda por palabra

1.2.2. Coeficientes de variación

Los coeficientes de variación se derivan de la fluctuación de la demanda debido a los días laborables y otras actividades.

Los requerimientos de agua para un sistema de distribución no son constantes durante el año, ni durante el día, sino que la demanda varía en forma diaria y horaria. Debido a la importancia de estas fluctuaciones para el abastecimiento de agua potable, es necesario obtener los gastos máximo diario y máximo horario, los cuales se determinan multiplicando el coeficiente de variación diaria por el gasto medio diario y el coeficiente de variación horaria por el gasto máximo diario respectivamente,

1.2.2.1. Coeficientes de variación diaria y horaria

Para la obtención de los coeficientes de variación diaria y horaria adecuado es:

- Hacer un estudio de demanda de la localidad.

Si no se puede llevar a cabo lo anterior:

- Considerar los valores de los coeficientes de variación diaria y horaria medios, que se obtuvieron del estudio de "Actualización de dotaciones del país", llevado a cabo por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua; En donde se determinó la variación del consumo por hora y por día durante un período representativo en cada una de las estaciones del año, calculándose los coeficientes por clase socioeconómica y por clima.
- Del análisis de la información de este trabajo, se identificó que no había una diferencia significativa entre el tipo de usuario, clima y estaciones del año, por lo que se pueden utilizar valores promedio, que se dan a continuación:

Tabla 1.6 Coeficientes de variación diaria y horaria

CONCEPTO	VALOR
Coeficiente de variación diaria (CVc)	1.40
Coeficiente de variación horaria (CVh)	1.55

1.2.3. Gastos de diseño

1.2.3.1. 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.

Búsqueda por palabra

La expresión que define el gasto medio diario es la siguiente:

$$Q_{med} = \frac{P\ D}{86{,}400}$$

Donde:

Q_{med} : Gasto medio diario, en l/s
P : Número de habitantes
D : Dotación, en l/hab/día
86,400 : segundos/día

1.2.3.2. Gasto máximo diario

Es el caudal que debe proporcionar la fuente de abastecimiento, y se utiliza para diseñar la obra de captación, su equipo de bombeo, la conducción y el tanque de regulación y almacenamiento.

Este gasto se obtiene como:

$$Q_{MD} = CV_d \,.\, Q_{med}$$

Donde:

Q_{MD} : Gasto máximo diario, en l/s
CV_d : Coeficiente de variación diaria
Q_{med} : Gasto medio diario, en l/s

1.2.3.3. Gasto máximo horario

El gasto máximo horario, es el requerido para satisfacer las necesidades de la población en el día de máximo consumo y a la hora de máximo consumo.

Este gasto se utiliza, para calcular las redes de distribución. Se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q_{MH} - CV_h - Q_{MD}$$

Donde:

Q_{MH} : Gasto máximo horario, en l/s
CV_h : Coeficiente de variación horaria
Q_{MD} : Gasto máximo diario, en l/s

Búsqueda por palabra

1.2.4. Cálculo hidráulico

1.2.4.1. Fórmulas para diseño

Existe una gran variedad de fórmulas para calcular la resistencia al flujo en las tuberías, destacándose entre ellas las de Darcy-Weisbach, HazenWilliarris y Manníng.

La C.N.A., a través del I.M.T.A. realizó estudios para definir cual de estas fórmulas simula mejor los fenómenos de escurrimiento; resultando la formula de Darcy-Weisbach como la más adecuada para conducciones a presión.

La expresión de la fórmula de Darcy-Weisbach es la siguiente:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

donde:

h_f : pérdida de energía por fricción, en m
f : coeficiente de fricción (adimensional)
L : longitud de la tubería, en m D = diámetro interno de la tubería, en m
V : velocidad media de flujo, en m/s
g : aceleración de la gravedad, en m/s^2

1.2.4.2. Coeficiente de fricción

Para encontrar el valor del coeficiente de fricción "*f*", se usa la formula de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.71} + \frac{2.51}{\mathrm{Re}\sqrt{f}} \right)$$

Donde:

f : coeficiente de fricción (adimensional)
ε : rugosidad, en mm
D : diámetro interior del tubo, en mm
Re : número de Reynolds (adimensional)

El número de Reynolds está dado por la expresión

$$\mathrm{Re} = \frac{V D}{\nu}$$

donde:

V : velocidad media, en m/s
D : diámetro interior del tubo, en mm
ν : Viscosidad cinemática del agua, en cm^2/s

La viscosidad cinemática "ν" varia con la temperatura ver figura 1.2.

La grafica que relaciona estas expresiones es conocida como Diagrama de Moody, ver figura 1.3

Normalmente para el cálculo hidráulico de una red de tuberías, trabajando a presión, se utiliza únicamente la carga disponible para vencer las pérdidas por fricción, ya que en este tipo de obras las pérdidas secundarias no se toman en cuenta por ser muy pequeñas.

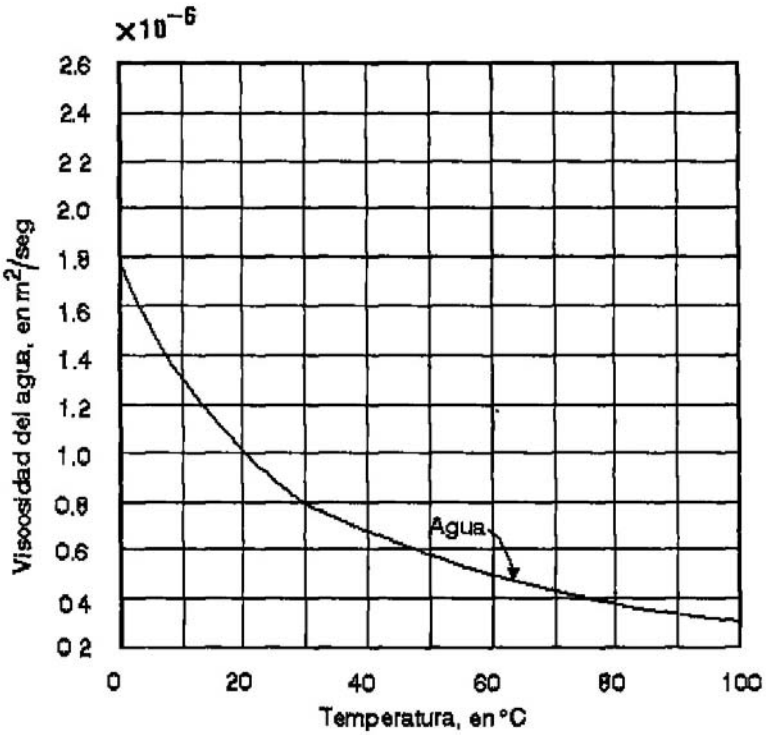


Figura 1.2. Variación de la viscosidad cinemática con la temperatura

Se han obtenido expresiones explicitas ajustadas a los resultados de la ecuación de Colebrook-White para poder aprovechar las ventajas que tiene ésta. Dentro de estas expresiones las más recomendables y con menos porcentaje de error son:

Ecuación de Swamee y Jain:

Búsqueda por palabra

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.71} + \frac{5.74}{\mathrm{Re}^{0.90}}\right)\right]^2}$$

Ecuación de Guerrero:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.71} + \frac{G}{\mathrm{Re}^{T}}\right)\right]^2}$$

donde:

G =	4.555 y T = 0.8764	para	4000	$\leq$ Re $\leq$	10^5
G =	6.732 y T = 0.9104	para	10^5	$\leq$ Re $\leq$	3×10^6
G =	8.982 y T = 0.9300	para	3×10^6	$\leq$ Re $\leq$	10^8

Es conveniente mencionar que el coeficiente de fricción de una tubería se incrementa con el tiempo, disminuyendo su capacidad de conducción. El deterioro de la tubería con la edad de la misma depende de la calidad del agua y de su tipo de material, por lo cual el tiempo no es el único factor que influye en este problema.

Las tuberías de diámetro pequeño se deterioran más rápidamente que las de diámetro más grande, debido al efecto proporcionalmente mayor de la resistencia de las paredes, ya que el área de la sección queda reducida rápidamente por las incrustaciones.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) realizó en el año de 1991 mediciones de gasto y presión en los acueductos y conducciones de las ciudades de Chihuahua, Chih., Hidalgo del Parral, Chih., Cd. Juárez, Chih. y Tuxtla Gutiérrez, Chis, con el objeto de evaluar el coeficiente de fricción para tuberías de Asbesto Cemento con diferentes edades de operación y se determinaron los coeficientes para diámetros nominales de 254mm a 762mm (10" a 30") y edades de operación de 4 meses hasta 34 años. En la figura 1.3 se muestra una gráfica con los resultados así como la variación de 'f' para otros materiales, obtenidos de estudios similares realizados en los Estados Unidos de Norteamérica.

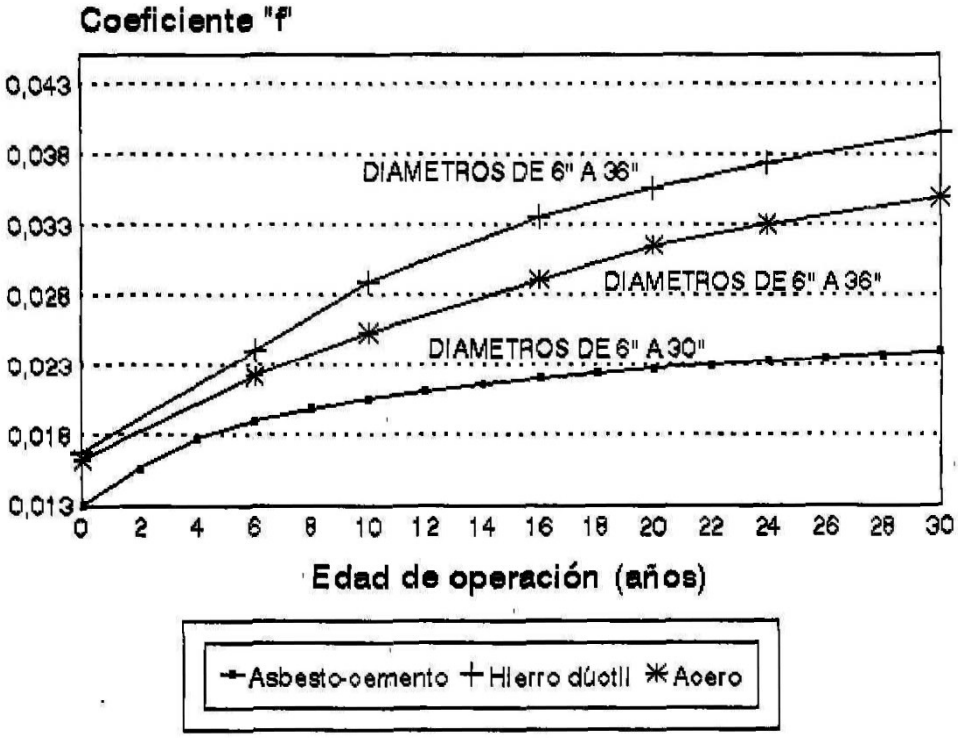


Figura 1.3 Variación del coeficiente de fricción "f" con respecto a la edad de la tubería

1.2.5. Velocidades

Dependiendo de las características topográficas que se tengan, al emplear tubería para la conducción, se está en posibilidad de realizar el análisis hidráulico de los conductos trabajando a superficie libre o a presión.

Las velocidades permisibles están gobernadas por las características del material del conducto y la magnitud de los fenómenos hidráulicos transitorios. Existen límites tanto inferiores como superiores. La velocidad máxima será aquella con la cual no deberá ocasionarse erosión. La velocidad mínima de escurrimiento será de 0.3 m/s, para evitar el asentamiento de las partículas que van suspendidas en el fluido.

La velocidad máxima permisible para evitar erosión, en las diferentes tuberías, se indica en la tabla 1.7.

Búsqueda por palabra

Tabla 1.7 Velocidad máxima permisible

TIPO DE TUBERÍA	VELOCIDAD MÁXIMA (m/s)
Concreto simple hasta 45 cm. de diámetro	3.0
Concreto reforzado de 60 cm. de diámetro o mayores	3.5
Concreto presforzado	3.5
Asbesto cemento	5.0
Acero galvanizado	5.0
Acero sin revestimiento	5.0
Acero con revestimiento	5.0
P.V.C. (policloruro de vinilo)	5.0
Polietileno de alta densidad	5.0

1.2.6. Regulación

La regulación tiene por objeto lograr la transformación de un régimen de aportaciones (de la conducción) que normalmente es constante, en un régimen de consumos o demandas (de la red de distribución) que siempre es variable. El tanque de regulación debe proporcionar un servicio eficiente bajo normas estrictas de higiene y seguridad, procurando que su costo de inversión y mantenimiento sea mínimo.

Adicionalmente a la capacidad de regulación se puede contar con un volumen para alimentar a la red de distribución en condiciones de emergencia (incendios, desperfectos en la captación o en la conducción, etc.). Este volumen debe justificarse plenamente en sus aspectos técnicos y financieros.

La capacidad del tanque está en función del gasto máximo diario y la ley de demandas de la localidad, calculándose ya sea por métodos analíticos o gráficos.

El coeficiente de regulación (R), está en función del tiempo (número de horas/día) de alimentación de las fuentes de abastecimiento al tanque, requiriéndose almacenar el agua en las horas de baja demanda para distribuirlas en las de alta demanda.

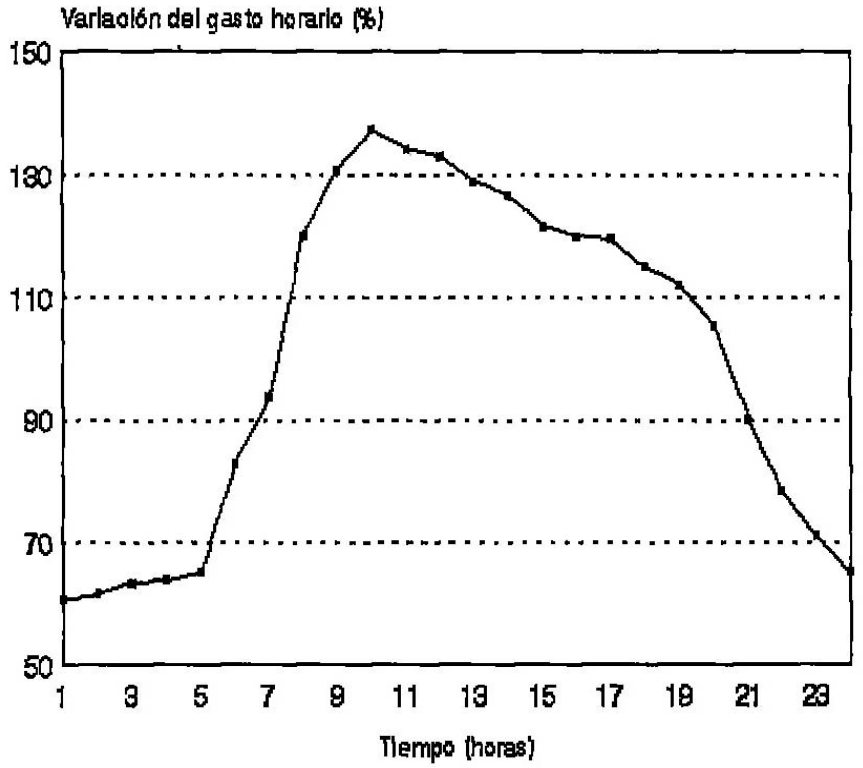
Es por ello importante tomar en consideración para el cálculo de la capacidad de los tanques el número de horas de alimentación o bombeo, como su horario, el cual estará en función de las políticas de operación y los costos de energía eléctrica, los cuales son mayores en las horas de máxima demanda (horas pico).

La C.N.A. y el I.M.T.A. analizaron demandas para diferentes ciudades del país. Asimismo, el Banco Nacional Hipotecario Urbano y de Obras Públicas,S. A., actualmente Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos(BANOBRAS), elaboró un estudio en la Ciudad de México. Las variaciones del consumo promedio, expresadas como porcentajes horarios del gasto máximo diario se muestran en la figura 1.4 y para la ciudad de México en la figura 1.5.

Búsqueda por palabra

Con la información anterior, se realizó el cálculo de los coeficientes de regulación correspondientes. Conviene mencionar que se consideró bombeo en la fuente de abastecimiento, trabajando las 24 horas del día. Después, en dichos estudios se varió el tiempo de bombeo, analizando 20 y 16 horas por día. Tomando en cuenta la variación horaria en la demanda, resulta que los lapsos más convenientes para estos tiempos de bombeo son:

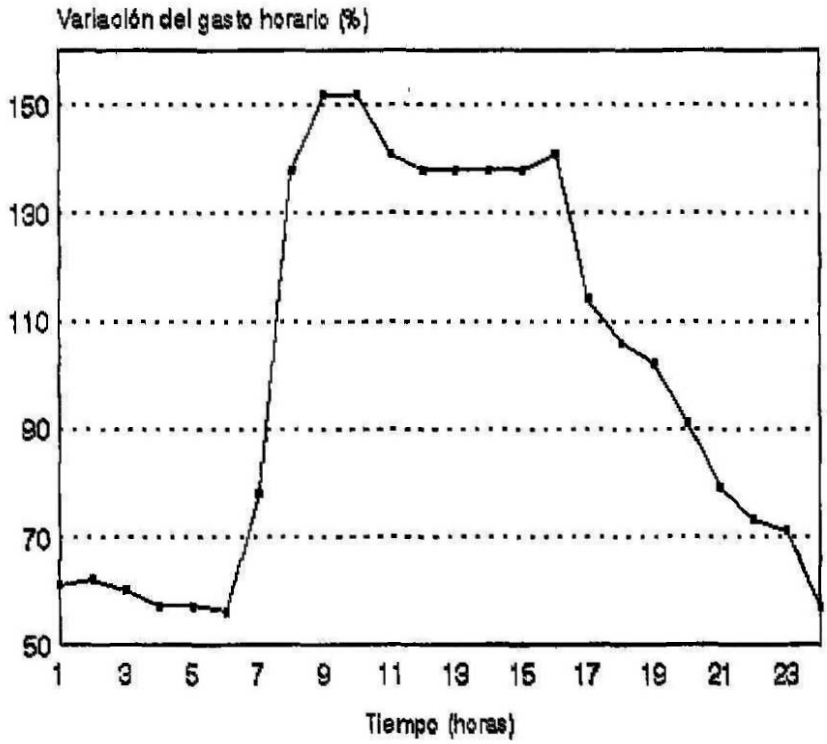
- Para 20 horas de bombeo: de las 4 a las 24 horas
- Para 16 horas de bombeo: de las 5 a las 21 horas
-



Hora	Variación del gasto horario (%)
0- 1	60.6
1- 2	61.6
2- 3	63.3
3- 4	63.7
4- 5	65.1
5- 6	82.8
6- 7	93.8
7- 8	119.9
8- 9	130.7
9-10	137.2
10- 11	134.3
11- 12	132.9
12- 13	128.8
13- 14	126.6
14- 15	121.6
15- 16	120.1
16- 17	119.6
17- 18	115.1
18- 19	112.1
19- 20	105.6
20- 21	90.1
21- 22	78.4
22- 23	71.0
23- 24	65.1

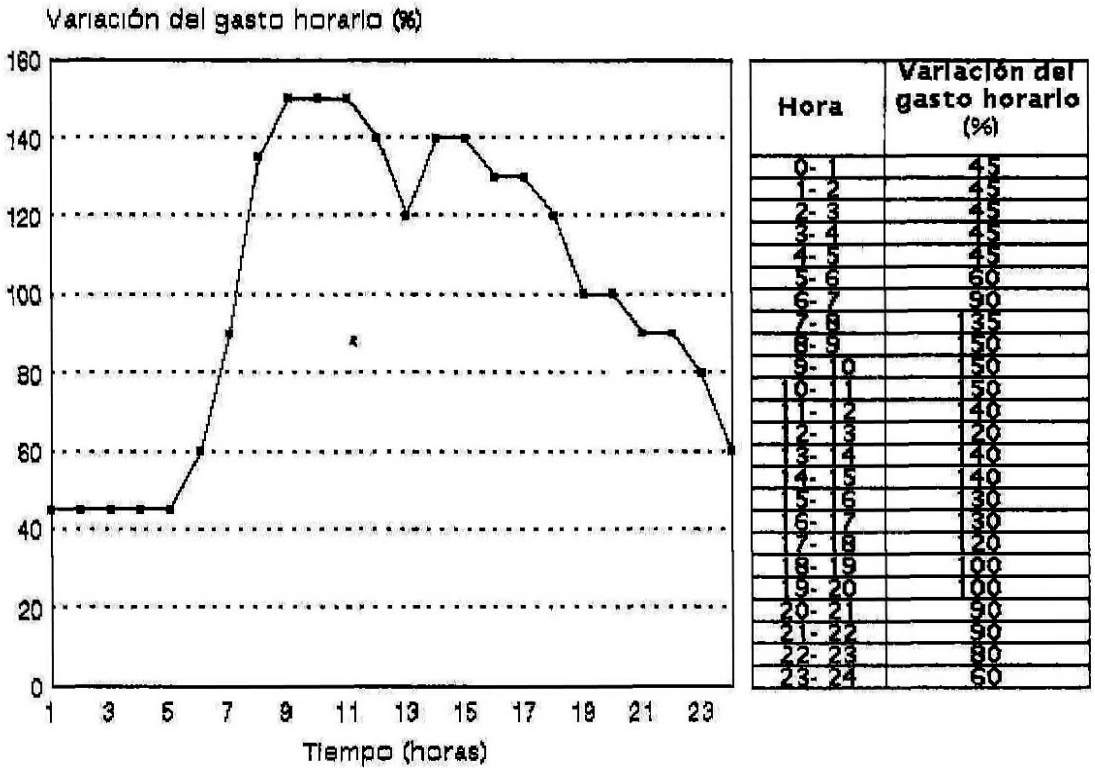
Figura 1.4 Variación de gasto horario para diferentes ciudades del país

Regresar
Búsqueda por palabra



Hora	Variación del gasto horario (%)
0- 1	61.0
1- 2	62.0
2- 3	60.0
3- 4	57.0
4- 5	57.0
5- 6	56.0
6- 7	78.0
7- 8	138.0
8- 9	152.0
9- 10	152.0
10- 11	141.0
11- 12	138.0
12- 13	138.0
13- 14	138.0
14- 15	138.0
15- 16	141.0
16- 17	114.0
17- 18	106.0
18- 19	102.0
19- 20	91.0
20- 21	79.0
21- 22	73.0
22- 23	71.0
23- 24	57.0

Figura 1.5 Variación del gasto horario en la Ciudad de México (BANOBRAS)



Hora	Variación del gasto horario (%)
0- 1	45
1- 2	45
2- 3	45
3- 4	45
4- 5	45
5- 6	60
6- 7	90
7- 8	135
8- 9	150
9- 10	150
10- 11	150
11- 12	140
12- 13	120
13- 14	140
14- 15	140
15- 16	130
16- 17	130
17- 18	120
18- 19	100
19- 20	100
20- 21	90
21- 22	90
22- 23	80
23- 24	60

Figura 1.6 Variación del gasto horario para poblaciones pequeñas

Búsqueda por palabra

Para calcular los coeficientes de regulación se utiliza el método indicado en las tablas 1.8 y 1.9 que son ejemplos para cuando se tiene tiempo de suministro al tanque de 20 y 24 horas por día respectivamente, con las variaciones de consumos de la figura 1.4.

Tabla 1.8 Coeficiente de regulación para suministro de 20 horas/ día

HORAS	SUMINISTRO	DEMANDAS (SALIDAS)		
	(ENTRADAS) *Q* BOMBEO EN %	DEMANDA HORARIA EN %	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS ACUMULADAS
0-1	0	60.60	-60.60	-60.60
1-2	0	61.60	-61.60	-122.20
2-3	0	63.30	-63.30	-185.50
3-4	0	63.70	-6370	-249.20
4-5	120	65.10	54.90	:194.30
5-6	120	82.80	37.20	-157.10
6-7	120	93.80	26,20	-130,90
7-8	120	119.90	0.10	-130.80
8-9	120	130.70	-10.70	-141,50
9-10	120	137.20	-17.20	-158.70
10-11	120	134.30	-14,30	-173.00
11-12	120	132.90	-12.90	-185.90
12-13	120	128.80	-8,80	-194,70
13-14	120	126.60	-6.60	-201.30
14-15	120	121.60	-1.60	-202.90
15-16	120	120,10	-0.10	-203.00
16-17	120	119.60	0.40	-202.60
17-18	120	115.10	-4.90	-197.70
18-19	120	112.10	-7.90	-189.80
19-20	120	105.60	-14.40	-175.40
20-21	120	90.10	29.90	-145.50
21-22	120	78.40	41.60	-103.90
22-23	120	71.00	49.00	-54.90
23-24	12C	65.10	54.90	0
OTAL	2400	2400		

Q_{md} : Gasto máximo diario
C : Capacidad de regulación
R : Coeficiente de regulación
ct : 249.2
R : (249.2/100) (3600/1000) = 8.97; se aproximará a 9.0
C : 9.0 Q_{md}

Búsqueda por palabra

Tabla 1.9 Coeficiente de regulación para suministro de 24 horas/día

HORAS	SUMINISTRO (ENTRADAS) *Q* BOMBEO EN	DEMANDAS (SALIDAS)		
		DEMANDA HORARIA EN %	DIFERENCIAS	DIFERENCIAS ACUMULADAS
0-1	100	60.60	39.40	34.90
1-2	100	61.60	38.40	77.80
2-3	100	63.30	36.70	114.50
3-4	100	63.70	36.30	150.80
4-5	100	65.10	34.90	185.70
5-6	100	82.80	17.20	202.90
6-7	100	93.80	6.20	209.10
7-8	100	119.90	-19.90	189.20
8-9	100	130.70	-30.70	158.50
9-10	100	137.20	-37.20	121.30
10-11	100	134.30	-34.30	87.00
11-12	100	132.90	-32.90	54.10
12-13	100	128.80	-28.80	25.30
13-14	100	126.60	-26.60	-1.30
14-15	100	121.60	-21.60	-22.90
15-16	100	120.10	-20.10	-43.00
16-17	100	119.60	-19.60	-62.60
17-18	100	115.10	-15.10	-77.70
18-19	100	112.10	-12.10	-89.80
19-20	100	105.60	-5.60	-95.40
20-21	100	90.10	9.90	-85.50
21-22	100	78.40	21.60	-63.90
22-23	100	71.00	29.00	34.90
23-24	100	65.10	34.90	0
TOTAL	2400	2400		

Q_{md} : Gasto máximo diario
C : Capacidad de regulación
R : Coeficiente de regulación
ct : 209.1 + 95.4 = 304.5
R : (3043/100) (3600/1000) = 10.96; se aproximará a 11.0
C : 11 -0 Q_{md}

Cuando se modifique el horario de bombeo a un periodo menor de 24 horas/día, se debe cambiar el gasto de diseño de la fuente de abastecimiento y conducción, incrementándolo proporcionalmente a la reducción del tiempo de bombeo; el gasto de diseño se obtiene con la expresión:

$$QMd = \frac{24_{Md}}{t_b}$$

Donde:

Q_d : Gasto de diseño, en l/s
Q_{Md} : Gasto máximo diario, en l/s
t_b : Tiempo de bombeo, en h/día

Búsqueda por palabra

En la tabla 1.10 se muestran algunos coeficientes de regulación, calculados a partir de la curva de la figura 1.4 de las ciudades estudiadas. Cuando no se conoce la ley de demandas de una localidad en particular, se aplican estos valores.

Tabla 1.10 Coeficientes de regulación

TIEMPO DE SUMINISTRO AL TANQUE (h)	COEFICIENTE DE REGULACION (*R*)
24	11.0
20 (de las 4 a las 24 horas)	9.0
16 (de las 5 a las 21 horas)	19.0

De la misma manera en la tabla 1.11 se muestran los valores de los coeficientes de regulación para la Ciudad de México, para diferentes tiempos de bombeo.

Tabla 1.11 Coeficientes de regulación para la Ciudad de México

TIEMPO DE SUMINISTRO AL TANQUE (h)	COEFICIENTE DE REGULACION (*R*)
24	14.3
20 (de las 4 a las 24 horas)	9.6
16 (de las 6 a las 22 horas)	17.3

Con la información de poblaciones pequeñas, BANOBRAS realizó el cálculo del coeficiente de regulación, el cual se presenta en la tabla 1.12, y en la figura 1.6 se da la grafica y tabla de variación de¡ gasto horario para calcular el valor del coeficiente de regulación a diferentes tiempos de bombeo y horarios.

Tabla 1.12 Coeficientes de regulación para poblaciones pequeñas

TIEMPO DE SUMINISTRO AL TANQUE (h)	COEFICIENTE DE REGULACION (*R*)
24	14.6
20 (de las 4 a las 24 horas)	7.2
16 (de las 6 a las 22 horas)	15.3

1.2.7. Zanja para la instalación de tuberías

1.2.7.1. Ancho de zanja

El ancho de zanjas para la instalación de tuberías se presenta en la sección 1.1.3.1.

1.2.7.2. Profundidad de zanja

La profundidad mínima de las zanjas está en función del diámetro de la tubería por instalar, como se indica en la tabla 1.13.

Búsqueda por palabra

Tabla 1.13 Profundidad mínima de zanja

DIAMETRO DEL TUBO	PROFUNDIDAD MÍNIMA DE ZANJA
Hasta 5 cm	0.70 m
Mayores de 5 cm y hasta 90 cm	0.90m más el diámetro exterior del tubo
Mayores de 90 cm y hasta 12 cm	m más el diámetro exterior del tubo
Mayores de 122 cm	1.30 m más el diámetro exterior del tubo

Las profundidades de zanja indicadas anteriormente, podrán modificarse en casos especiales previo análisis particular y justificación de cada caso. Los principales factores que intervienen para modificar la profundidad son el tipo de tubería a utilizar (polietileno de alta densidad, acero, etc.) el tipo de terreno en la zona (roca, etc.) y las cargas vivas que se puedan presentar.

Por lo que se refiere a la profundidad máxima, deberá realizarse un estudio técnico-económico para cada caso en particular.

1.3. PROYECTOS DE ALCANTARILLADO SANITARIO

1.3.1. Aportación de aguas negras

Se adopta el criterio de aceptar como aportación de aguas negras, el 75% de la dotación de agua potable, considerando que el 25% restante se consume antes de llegar a los conductos.

La CNA a través del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (I.M.T.A.) realiza mediciones en diferentes localidades del país, con objeto de definir el porciento de aportación, el cual será dado a conocer en su oportunidad, en tanto esto concluya se deberá seguir considerando el 75 % de la dotación.

En las localidades que cuenten con zonas industriales y comerciales de consideración, se deberá obtener el porcentaje de aportación para cada una de estas zonas en particular, independientemente a las zonas domésticas.

Se debe tomar en cuenta, la dotación de agua que se requiera para las condiciones inmediata y futura de la localidad, considerando la sección 1.2.1.5.

1.3.2. Coeficientes de variación

Los coeficientes de variación de las aportaciones de aguas negras son dos: uno que cuantifica la variación máxima instantánea (coeficiente de Harmon) de las aportaciones de aguas negras y otro de seguridad. Él primero se aplica al gasto medio y el segundo al gasto máximo instantáneo. 1

Búsqueda por palabra

1.3.2.1. Coeficiente de variación máxima instantánea

Para cuantificar la variación máxima instantánea de las aportaciones, se utiliza la fórmula de Harmon, cuya expresión es:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

Donde:

M : Coeficiente de variación máxima instantánea de aguas negras

P : Población servida acumulada hasta el tramo de tubería considerada, en miles de habitantes

El coeficiente de variación máxima instantánea, o coeficiente de Harmon, se aplica tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- En tramos que presenten una población acumulada menor a los 1 000 habitantes, el coeficiente se considera constante e igual a 3.8.
-
- Para una población acumulada mayor de 63,450 habitantes, el coeficiente se considera constante e igual a 2.17, es decir, se acepta que su valor a partir de esa cantidad de habitantes, no sigue ya la Ley de Variación establecida por Harmon.
-
- Lo anterior resulta de considerar al alcantarillado como un reflejo de la red de distribución de agua potable ya que el coeficiente "M" se equipara con el coeficiente de variación del gasto máximo horario necesario en un sistema de agua potable, cuyo límite inferior es de 1, 40 x I.55 = 2.17

1.3.2.2. Coeficiente de seguridad

Generalmente en los proyectos de redes de alcantarillado se considera un margen de seguridad aplicando un coeficiente,

En el caso de rehabilitaciones a una red existente, previendo los excesos en las aportaciones que puede recibir la red, generalmente por concepto de aguas pluviales, se considera un coeficiente que puede ser igual a 1.5.

Para nuevos asentamientos, siempre y cuando se garantice que las aportaciones pluviales de los lotes urbanizados no se conecten a los albañales o a las atarjeas del alcantarillado sanitario, el coeficiente de seguridad será igual a 1.0.

Búsqueda por palabra

1.3.3. Gastos de diseño

Los gastos que se consideran en los proyectos de alcantarillado son: medio, mínimo, máximo instantáneo y máximo extraordinario. Los tres últimos se determinan a partir del primero.

1.3.3.1. Gasto medio

La cuantificación del gasto medio de aguas negras en un tramo de la red se hace en función de la población y de la aportación de aguas negras. Esta aportación se considera como un porcentaje de la dotación de agua potable, que a su vez está en función de los diferentes usos del suelo (comercial, industrial y habitacional).

La expresión para calcular el valor del gasto medio en zonas habitacionales y condiciones normales, es:

$$Q_{med} = \frac{AP}{86.400}$$

donde:

Q_{med} : Gasto medio, en l/s
A : Aportación de aguas negras, de acuerdo al uso del suelo, en l/hab/día
P : Población de proyecto, en habitantes
86,400 : segundos/día

Para localidades con zonas industriales o comerciales que aportan al sistema de alcantarillado volúmenes de consideración, de acuerdo con la sección 1.3.1, se debe adicionar al gasto medio, el gasto de aportación obtenido.

1.3.3.2. Gasto mínimo

La expresión que generalmente se utiliza para calcular el valor del gasto mínimo es:

$$Q_{min} := 0.5\ Q_{med}$$

donde,-

Q_{min} : Gasto mínimo, en L/s
Q_{med} : Gasto medio, en L/s

El límite inferior de la fórmula anterior debe ser de 1.5 L/s cuando se tengan en la zona excusados de 16 litros de capacidad y 1.0 L/s para excusados de 6 litros. Lo anterior significa que en los tramos iniciales de las redes de atarjeas, cuando resulten valores del gasto mínimo menores a 1.5 L/s 6 1.0 L/s según sea el caso, se debe adoptar este valor para utilizarlo en el diseño.

Búsqueda por palabra

Es conveniente mencionar que 1.5 L/s es el gasto que genera la descarga de un excusado con tanque de 16 litros. Considerando que actualmente se dispone de excusados con tanques de 6 litros el gasto de descarga es de 1.0 L/s.

1.3.3.3. Gasto máximo instantáneo

La estimación del gasto máximo instantáneo, se hace afectando al gasto medio por el coeficiente de variación máxima instantánea "*M*", por lo que:

$$Q_{M1} = M \cdot Q_{med}$$

donde:

Q_{M1} : Gasto máximo instantáneo, en L/s
Q_{med} : Gasto medio, en L/s
M : Coeficiente de variación máxima instantánea (sección 1.3.2.1)

1.3.3.4. Gasto máximo extraordinario

En función de este gasto se determina el diámetro adecuado de los conductos de la red y su valor se calcula multiplicando el gasto máximo instantáneo por el coeficiente de seguridad, es decir:

$$Q_{ME} = CS \cdot Q_{M1}$$

donde:

Q_{ME} : Gasto máximo extraordinario, en l/s
CS : Coeficiente de seguridad (sección 1.3.2.2)
Q_{MI}, : Gasto máximo instantáneo, en l/s

1.3.4. Cálculo hidráulico

1.3.4.1. Fórmula para diseño

Se emplea la fórmula de Manning para calcular la velocidad del agua en las tuberías cuando trabajen llenas, utilizando, además, las relaciones hidráulicas y geométricas de esos conductos, al operar parcialmente llenos.

La expresión algebraica de la fórmula de Manning es:

$$V = \frac{1}{n} \cdot r^{\frac{2}{3}} \cdot s^{\frac{1}{2}}$$

donde:

V : velocidad media del flujo, en m/s
n : coeficiente de rugosidad

Búsqueda por palabra

r : radio hidráulico, en m
S : pendiente

1.3.4.2. Valor del coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad varía según la clase de material de las tuberías. Para el coeficiente "*n*" de Manning en tuberías se pueden tomar los valores indicados en la tabla 1. 14.

Tabla 1.14 Coeficiente de rugosidad

MATERIAL	COEFICIENTE (n)
Asbesto – Cemento nuevo	0.010
Asbesto-cemento usado	0.011 a 0.015
Concreto liso	0.012
Concreto aspero	0.016
Concreto presforzado	0.012
Acero galvanizado	0.014
Fierro fundido	0.013
Acero soldado sin revestimiento	0.014
Acero soldado con revestimiento interior a base de epoxy	0.011
PVC (policloruro de vinilo)	0.009
Polietileno de alta densidad	0.009

En ocasiones se requiere conducir las aguas residuales a través de canales, los valores medios de "n" más utilizados se indican en la tabla 1.1 5.

Tabla 1.15 Coeficiente de rugosidad en canales

MATERIAL DE REVESTIMIENTO	COEFICIENTE (n)
Concreto con buen acabado	0.014
Concreto con acabado regular	0.016
Mampostería con mortero de cemento con buen acabado	0.020

1.3.5. Parámetros Hidráulicos Permisibles

1.3.5.1. Velocidades

- Velocidad máxima. La velocidad máxima permisible, para evitar erosión en las tuberías, está en función del tipo de material que se utilice y sus diferentes valores se presentan en la tabla 1.7 de la sección correspondiente a agua potable.

Para su revisión se utiliza el gasto máximo extraordinario, considerando el tirante que resulte (a tubo lleno o parcialmente lleno).

- Velocidad mínima. La velocidad mínima permisible es de 0.3 m/s, considerando el gasto mínimo y su tirante correspondiente.

Adicionalmente debe asegurarse que dicho tirante tenga un valor mínimo de 1.0 cm en casos de fuertes pendientes y de 1.5 cm en casos normales.

Estas restricciones tienen por objeto evitar el depósito de sedimentos que provoquen azolves y taponamientos en el tubo.

1.3.5.2. Diámetros mínimo y máximo

Los diámetros mínimo y máximo en un alcantarillado sanitario, los fijan las consideraciones siguientes:

- Diámetro mínimo. La experiencia en la conservación y operación de los sistemas de alcantarillado a través de los años, ha demostrado que el diámetro mínimo en las tuberías es de 20 cm, para evitar frecuentes obstrucciones,
- Diámetro máximo. El diámetro máximo está en función de varios factores, entre los que destacan: las características topográficas y de los suelos de cada localidad en particular, el gasto máximo extraordinario de diseño, el tipo de material de la tubería y los diámetros comerciales disponibles en el mercado.

Para el caso de grandes diámetros se debe realizar un estudio técnico-económico para definir la conveniencia de utilizar tuberías paralelas (madrinas) de menor diámetro.

- En cualquier caso, la selección del diámetro depende de las velocidades permisibles, aprovechando al máximo la capacidad hidráulica del tubo trabajando a superficie libre (gravedad).

1.3.5.3. Pendientes

La pendiente de cada tramo de tubería debe ser tan semejante a la del terreno como sea posible, con objeto de tener excavaciones mínimas. Los valores de las pendientes máxima y mínima para cada caso, se obtienen a partir de las restricciones de velocidad marcadas en la sección 1.3.5.11.

En casos especiales de fuertes pendientes es conveniente que en el diseño se consideren tuberías que permitan velocidades altas, y dependiendo del caso hacer estudio técnico-economico para determinar el empleo de pendientes mayores, de tal forma que se pueda tener solo en casos extraordinarios y tramos cortos velocidades de hasta 8 m/s.

El objeto de establecer límites para la pendiente es evitar, hasta donde sea posible, él azolve y la construcción de estructuras de caída que además de encarecer las obras, propician la producción del gas hidrógeno sulfurado, que es muy toxico y aumenta los malos olores de las aguas negras.

1.3.6. Zanja para la instalación de tuberías

1.3.6.1. Ancho de zanja

El ancho de zanjas para la instalación de tuberías se presenta en la sección 1.1.3.1

1.3.6.2. Profundidad de zanja

La profundidad de instalación de los conductos queda definida por:

- La topografía
- El trazo
- Los colchones mínimos
- Las velocidades máxima y mínima
- Las pendientes del proyecto
- La existencia de conductos de otros servicios
- Las descargas domiciliarias
- La economía de las excavaciones
- La resistencia de las tuberías a cargas externas
- La elevación de la descarga

Cuando se presente un cruce del alcantarillado sanitario con una tubería que conduce agua potable, la tubería del alcantarillado debe ir a mayor profundidad que la de agua potable.

Las profundidades a las cuales se instalen las tuberías deben estar comprendidas dentro del ámbito de la mínima y la máxima indicadas a continuación:

- Profundidad mínima. La profundidad mínima la determinan el colchón mínimo necesario para la debida protección de la tubería y la seguridad de permitir que se conecten los albañales domiciliarios. Por lo que se debe tener muy en cuenta la infraestructura existente.

El colchón mínimo necesario para evitar rupturas del conducto, ocasionadas por cargas vivas, está en función del diámetro de la tubería por instalar, como se muestra en la tabla 1. 16.

Búsqueda por palabra

Tabla 1.16 Colchón mínimo

DIÁMETRO DEL TUBO	COLCHÓN MÍNIMO
Hasta 45 cm	0.9 m
Mayores de 45 cm y hasta 122 cm	1.0 m
Mayores de 122 cm y hasta 183 cm	1.3 m
Mayores de 183 cm	1.5 m

Los colchones mínimos indicados anteriormente, podrán modificarse en casos especiales previo análisis particular y justificación de cada caso, Los principales factores que intervienen para modificar el colchón son: el tipo de tubería a utilizar (polietileno de alta densidad, acero, concreto, etc.), el tipo de terreno en la zona (roca, etc.) y las cargas vivas que se puedan presentar,

Para permitir la correcta conexión de los albañales se acepta que el albañal tenga corno mínimo una pendiente de 1% y que el registro interior más próximo al paramento del predio tenga una profundidad mínima de 60 cm.

- Profundidad máxima. La profundidad máxima se debe determinar mediante un estudio económico comparativo entre el costo de instalación del conducto principal con sus albañales correspondientes, y el de atarjea o atarjeas laterales (madrinas), incluyendo los albañales respectivos; no obstante, la experiencia ha demostrado que entre 3 y 4 m de profundidad el conducto principal puede recibir directamente los albañales de las descargas y que a profundidades mayores, resulta más económico el empleo de atarjeas laterales.

2. TOPOGRAFÍA

INTRODUCCIÓN

En este capítulo se establecen los requisitos mínimos que deben cumplir cada una de las actividades de topografía, requeridas para elaborar proyectos de sistemas de agua potable y alcantarillado.

Para una localidad en particular se definirán cuales de las actividades que se cubren en el presente capítulo se deben de realizar, Dicha definición está en función del sistema que se proyecta, de la información disponible, del tipo de localidad y de las condiciones topográficas en la zona de estudio, entre otros.

2.1. DISPOSICIONES GENERALES

Se deben llevar registros de los levantamientos en libretas de campo específicas para cada clase de trabajo, cuyas hojas deben foliarse. En las páginas del lado derecho se hacen los croquis y dibujos alusivos al levantamiento y en las del lado izquierdo, se hacen los asientos de los levantamientos, los asientos equivocados no deben borrarse, sino tacharse de modo que sigan siendo legibles y debe anotarse a un lado el asiento correcto.

Las anotaciones deben hacerse con lápiz de mina relativamente dura (2H o mediano, por ejemplo), para evitar el manchado de las hojas, causado por minas muy blandas, debe evitarse el uso del bolígrafo ya que la tinta se corre, si alguna vez la libreta se llega a mojar.

Se establecerá un control horizontal y otro vertical de los levantamientos que se realicen, como se indica a continuación:

- El control horizontal debe establecerse por la medición de distancias horizontales de los accidentes topográficos y orientación astronómica de la poligonal de apoyo.
- Para el control vertical deberá definirse un banco de nivel referido al nivel medio del mar, cuya localización sea la más próxima a la zona de estudio,

Al terminar la etapa de campo sé continua en la etapa de procesamiento de planos, auxiliándose con las libretas de campo, que sirvieron de apoyo en el levantamiento topográfico.

Las libretas de campo se deben clasificar según el tema y en el orden en que fueron utilizadas en el campo, incluyendo en cada una de ellas el índice de su contenido.

Búsqueda por palabra

2.2. DEFINICIONES

2.2.1. Estudios Topográficos

Es el conjunto de actividades de campo y gabinete que tienen como finalidad proporcionar información altimétrica y/o planimétrica, para representarlas en planos y a una escala adecuada.
Los estudios topográficos se clasifican de acuerdo a su precisión:

2.2.2. Levantamientos topográficos de baja precisión

Son aquellos levantamientos cuya precisión es igual o menor a 1 : 1000 y sirven como planos de reconocimiento para elaborar anteproyectos en zonas urbanas o proyectos en localidades rurales; el equipo empleado en esta clase de levantamiento es: teodolito con aproximación a 0 1 : brújula, nivel de mano y nivel fijo.

2.2.3. Levantamientos topográficos definitivos

Son levantamientos con una precisión igual o mayor de 1:5000. Este tipo de levantamientos se realiza con equipo de primer orden, como son: distanciómetro, estación total y nivel electrónico.

2.3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

Para la elaboración de los levantamientos topográficos, se debe recabar previamente la información cartográfica, fotogramétrica y topográfica existente sobre el área en estudio.

La información mínima que se debe recopilar es la cartografía, editada por las dependencias y entidades de la federación (INEGI, SEDENA, CNA, ETC.) y gobiernos estatales.

De existir levantamientos topográficos anteriores de la zona en estudio, se analiza la información para determinar la posibilidad de utilizarlos, actualizarlos o complementarlos, según sea el caso.

Cuando exista topografía de áreas vecinas, se establecen los puntos de liga con respecto a la nueva área de estudio, los mismos que deben ser referenciados.

2.4. POLIGONALES

2.4.1. Trazo de apoyo

Con objeto de comprobar la alternativa de trazo del eje de un conducto (línea de conducción, colector, emisor, etc.), que sea seleccionada previamente en gabinete

Búsqueda por palabra

con el apoyo de la información cartográfica existente, se debe llevar a cabo un reconocimiento de campo, haciendo las modificaciones pertinentes de acuerdo con los obstáculos, características del suelo, relieve y tenencia de la tierra en la zona.

En general se procura que los trazos se ubiquen por calles, derechos de vía de carreteras, líneas de transmisión eléctricas y ferrocarriles, veredas y límites de predios.

El origen de las coordenadas “X, Y" del trazo de apoyo o poligonal auxiliar, que permite definir el eje del conducto, debe referirse a coordenadas cartesianas determinadas por Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI); en casos extraordinarios, cuando lo anterior no sea posible, se pueden utilizar medios gráficos tomados sobre cartas editadas por alguna dependencia oficial, indicándolo en las notas de los planos respectivos.

El levantamiento topográfico del trazo de apoyo, debe estar referenciado a un plano de comparación único de bancos de nivel.

2.4.2. Brecheo

Donde sea necesario, se debe ejecutar la actividad de brecheo con el ancho necesario, el cual usualmente varia entre 1.5 y 2.0 m, con la finalidad de realizar satisfactoriamente el trazo de apoyo.

Para efectos de clasificación de la vegetación del terreno, se debe considerar:

- Monte ligero. Arbustos, pastizales y, en general, vegetación con características semejantes.
- Monte mediano. Arboles frutales, platanales y, en general, árboles entre 3 y 8 m. de altura.
- Monte pesado. Bosque cerrado de coníferas, cocotales y todos los árboles de gran altura.

2.4.3. Monumentación

La monumentación de los P.I., P.S.T. (punto de inflexión y punto sobre tangente, respectivamente) y puntos importantes del trazo de apoyo, debe hacerse con mojoneras de concreto precoladas con las dimensiones que se presentan en la figura 2.1.

En el centro de la cara superior de la mojonera, debe colocarse una varilla de 3/4" de diámetro con punta de bala, que defina la línea de trazo; también es necesario que se coloque centrada y fija una placa de aluminio o de lámina galvanizada en la base superior, como se indica en la figura 2.1, marcando sobre ella con número de golpe, el número de mojonera.

Búsqueda por palabra

Al excavar para hincar la mojonera, se debe apisonar el fondo y después el relleno, dejando sobresalir la mojonera de 10 a 15 cm sobre el nivel del terreno. Se deberá colocar primero las mojoneras y después hacer las mediciones.

Los P.I., P.S.T. y puntos importantes que correspondan al trazo de apoyo, deben quedar referenciados con dos mojoneras con las características antes mencionadas o puntos fijos de la zona como son: bases de torres de transmisión, estribos de puentes, etc. Las mojoneras se sitúan en lugares fijos y seguros, fácilmente identificables fuera del ancho de la franja a seccionar y se determinan con ángulos y distancias. Los ángulos que forma la línea de referencia con respecto al trazo deben ser mayores de 30º y las distancias que se tengan entre el trazo y cada una de las referencias deben ser mayores de 20 m.

2.4.4. Orientaciones astronómicas

Para obtener con precisión las direcciones de las líneas de los levantamientos y las posiciones geográficas de los diferentes puntos donde se trabaja, es necesario recurrir a las observaciones y cálculos astronómicos, tanto por su precisión como por el hecho de que produce datos invariables.
Las orientaciones astronómicas se deben hacer a cada 5 Km, así como al principio y al final del trazo de apoyo. Los métodos utilizados pueden ser por distancias zenitales o por alturas absolutas del sol. La determinación del azimut de la línea, se debe hacer con una aproximación de ± un minuto,

Para cada orientación astronómica se debe realizar un mínimo de 4 series, En un croquis, debe señalarse el cuadrante donde se encuentre tanto la línea orientada como el sol, en el momento de la observación.

Búsqueda por palabra

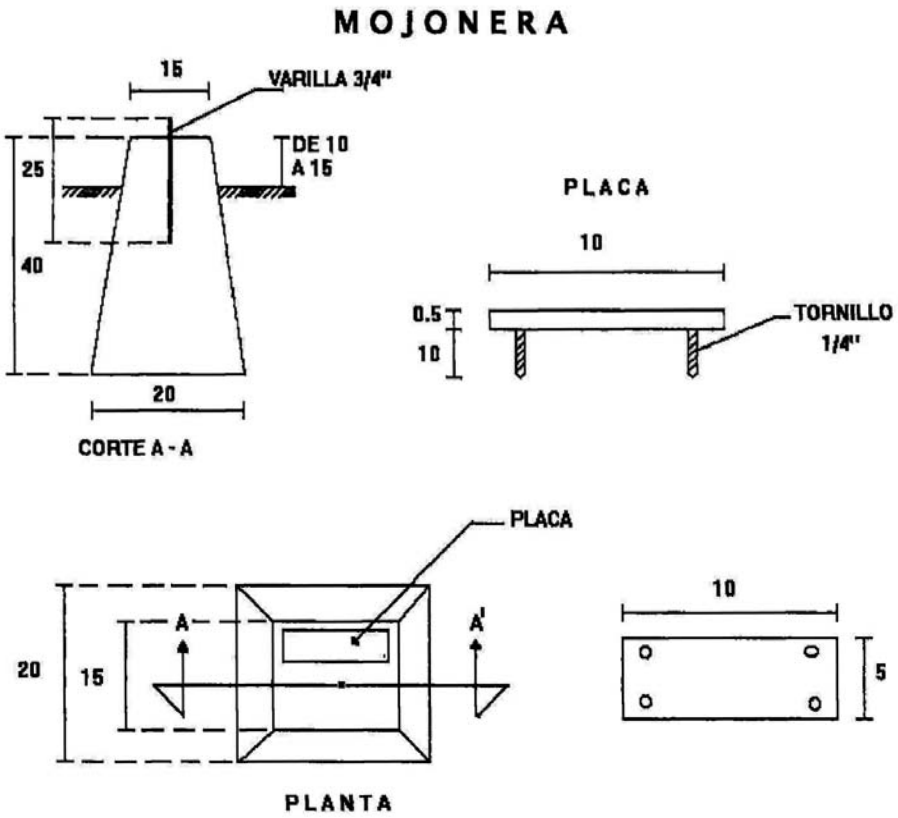


Figura 2.1 Monumentación (acotaciones cm)

2.4.5. Poligonales abiertas

Una vez localizada la línea de trazo de apoyo y establecidos los puntos de partida y bancos de nivel, se realiza el trazo mediante una poligonal abierta, de acuerdo con el método de deflexiones o ángulos horizontales. Se utiliza distanciómetro y teodolito con lectura directa a 10" (diez segundos), verificando la poligonal con orientaciones astronómicas, de acuerdo a la sección anterior. Se colocan trompos a cada 20 m, que sirven de apoyo para realizar posteriormente la nivelación del perfil y las secciones transversales.

Si por las condiciones del terreno no fuera posible medir tramos de 20 m completos, se puede utilizar el procedimiento de cinta cortada, midiendo tramos horizontales parciales, según lo permitan las condiciones del terreno y hasta completar los 20 m antes citados, pero nunca se deben emplear métodos indirectos.

Con el objeto de replantear en cualquier momento este trazo, se deben referenciar todos los P.I., P.S.T. y puntos importantes del mismo, con las mojoneras necesarias.

Se deben levantar los cruces con ríos, líneas de alta tensión, puentes, caminos, construcciones, linderos de propiedades privadas, oleoductos, poliductos, tuberías de agua potable, alcantarillado, ductos telefonicos y todos los sitios relevantes.

Si el trazo atravesara alguna población, se deben definir los paramentos de las construcciones y las calles que incidan en el trazo en cuestión, identificando las obras subterráneas, en construcción y/o existentes, que puedan interferir en el proyecto.

Así se pueden tener las siguientes condiciones:

- Trazo libre
- Trazo con definición de paramentos de construcciones y calles
- Trazo con identificación de obras subterráneas existentes y en proceso
- Trazo con una combinación de las condiciones anteriores

Con el fin de revisar si existe error angular, se deben realizar orientaciones astronómicas, considerando la tolerancia siguiente:

$$TA = a\sqrt{n}$$

Donde:

TA : Tolerancia angular, según aproximación del aparato que se utilice, en minutos o segundos
a : Aproximación del aparato en minutos o segundos
n : Número de vértices de la poligonal

Para el error lineal, la tolerancia aceptada es:

$$TL = 0.0002\,P$$

Donde:

TL : Tolerancia lineal en metros
P : Desarrollo de la poligonal en metros

2.4.6. Poligonales cerradas

El levantamiento del eje de las calles de la localidad, se efectúa por medio de poligonales cerradas, de las cuales se derivan las de relleno o poligonales secundarias, utilizadas para situar todos los cruceros. En todos los casos se deben comprobar los cierres lineal y angular. Los vértices de las poligonales se deben referenciar a los paramentos de las calles,

En el levantamiento de las poligonales de apoyo se deben incluir los detalles de los cruceros de calles, por medio de radiaciones con ángulo y distancia, así como de cruces importantes con caminos, vías de ferrocarril, ríos, etc.
El azimut de las líneas de las poligonales de apoyo, se determina por medio de orientaciones astronómicas, a fin de referir el control horizontal a la meridiana astronómica.

El trazo debe sujetarse a las tolerancias indicadas en la sección 2.4.5.

2.5. NIVELACIÓN

2.5.1. Bancos de nivel

Con respecto a los bancos de nivel, éstos deben quedar perfectamente localizados e identificados. Se debe presentar una relación donde se indique la siguiente información:

- Número del banco
- Elevación
- Ubicación con respecto a la línea de trazo (kilometraje)
- Distancia al eje del trazo
- Lado en que se ubica (derecho o izquierdo)
- Tipo de banco establecido (monumento u objeto físico, indicando sus características)

Con objeto de lograr la identificación plena de los bancos de nivel, se deben anexar fotografías y/o videograbación de éstos.

Para obtener la elevación de un B.N., la nivelación debe de hacerse por alguno de los siguientes métodos:

- Nivelación de ida y vuelta
- Método de doble altura de aparato
- Método de doble o triple punto de liga

Para poligonales abiertas o cerradas, la tolerancia en la nivelación se da por la expresión:

$$T = 0.01\sqrt{k}$$

donde:

T : tolerancia en metros
k : desarrollo de la nivelación en km

Debe garantizarse que los bancos de nivel permanezcan fijos. Así, en donde sea posible, se deben, utilizar como bancos de nivel objetos físicos permanentemente fijos (árboles, rocas, etc.), anotando en lugar visible el número de banco que le corresponda.

Todos los bancos de nivel deben quedar ubicados fuera de la zona futura de trabajo.

Búsqueda por palabra

2.5.2. Monumentación

La monumentación de los bancos de nivel debe hacerse con mojoneras de concreto precoladas, de las dimensiones indicadas en la sección 2.4.3.

En todo el trayecto de una línea se deben monumentar bancos de nivel a cada 1000 m, marcando en la placa de cada banco su altura correspondiente, referida al nivel medio del mar.

2.5.3. Nivelación diferencial

La nivelación diferencial se utiliza para obtener el desnivel entre dos o más puntos, y sirve principalmente para:

- Correr la nivelación de un banco de nivel conocido a otro en el área de estudio
- Ligar bancos de nivel en forma local
- Comprobar alguna nivelación
- Dar nivel a vértices de la poligonal
- Configurar un área determinada

En los trabajos de nivelación diferencial, la distancia entre el nivel y el estadar no debe ser mayor de 100 m, y la tolerancia aceptable es la indicada en la sección 2.5.1.

2.5.4. Nivelación de perfil

Este tipo de nivelación tiene por objeto apreciar con claridad todos los accidentes topográficos por los que atraviesa la línea del trazo, la nivelación de perfil debe tomar con precisión las elevaciones sobre el nivel medio del mar, de todos los P.I. P.S.T. y rompos que se ubican a cada 20 m sobre la línea de trazo, y de todos aquellos puntos que tengan cambios bruscos de pendiente.

La nivelación debe cumplir con la comprobación y la tolerancia que se indica en la sección 2.5.1.

2.5.5. Nivelación de secciones transversales

Para obtener la configuración del terreno, se aplica el procedimiento terrestre directo con secciones transversales. Habiendo nivelado los trompos a cada 20 m con nivel fijo, se procede al levantamiento de las secciones, con nivel de mano, estadal y cinta.

El ancho de la franja por levantar usualmente es de 50 m; es decir, 25 m a cada lado de la línea de trazo, éstas dimensiones pueden variar; pero siempre debe cubrir el área requerida, de acuerdo con las características del proyecto y de cada sitio en especial.

Búsqueda por palabra

Estas secciones deben ser normales (perpendiculares) a la línea de trazo, y en los puntos de inflexión (PI), en dirección de la bisectriz del ángulo formado por las dos tangentes.

Las secciones transversales deben estar apoyadas en las cotas del perfil de la línea, que fueron determinadas a cada 20 m con nivel fijo.

Con la nivelación del perfil de la línea y el seccionamiento que se realice en el trazo de apoyo, se configura una franja que cubra el área necesaria, con curvas de nivel equidistantes a cada metro o menos dependiendo de lo accidentado de dicha franja.

Si se requiere, se hace brecheo o picadura en los sitios donde haya que levantar secciones transversales. La picadura se diferencia del brecheo en que el ancho y el cuidado en la limpieza de la brecha es mucho menor.

La vegetación del terreno se debe clasificar según la sección 2.4.2.

Para la comprobación de los trabajos se recomienda a la supervisión repetir el levantamiento de algunas secciones elegidas al azar.

2.6. LEVANTAMIENTOS ESPECIALES

Se deben realizar los levantamientos topográficos requeridos para proyectar los arreglos de conjunto y los planos de detalle de las estructuras que se proyecten. Estos levantamientos deben realizarse con tránsito de una aproximación de 10" (diez segundos) y nivel fijo.

El método a utilizar consiste en el trazo de una poligonal cerrada que comprenda al sitio de interés, sé estaca a cada 20 m y se nivela. A partir de los puntos anteriores se trazan y nivelan ejes auxiliares para formar una cuadrícula. Con la información anterior se configura la zona de Interés, normalmente con curvas de nivel equidistantes a cada 50 cm.

En los vértices de la poligonal deben colocarse mojoneras con las características mencionadas en la sección 2.4.3. Dos de los vértices sé referencian cada uno de ellos, mediante otras dos mojoneras ubicadas fuera del trazo de la poligonal.

Los detalles topográficos se deben tomar con el fin de obtener curvas de nivel que indiquen exactamente la altimetría del terreno así como la ubicación de las calles, zonas suburbanas de desarrollo futuro, patios, solares en donde existan cambios de pendiente, zanjas, etc.

Las poligonales deben guardar las características indicadas en la sección 2.4, y la nivelación en la sección 2.5.

Búsqueda por palabra

2.7. PRESENTACIÓN DE PLANOS

2.7.1. Elaboración de planos topográficos

Con la información obtenida en campo se procede a calcular las poligonales, así como los niveles obtenidos, para elaborar el plano topográfico en planta con su respectivo sistema de coordenadas X, Y, Z y cuadro de construcción de la poligonal incluyendo vértices, ángulos, distancias y rumbos, adicionalmente se debe indicar el norte astronómico, declinación magnética y norte magnético.

En el caso de líneas de conducción, el perfil de la poligonal se dibuja con base en el trazo y la nivelación haciendo origen en la fuente de abastecimiento, captación o planta de bombeo, en la parte inferior del plano se debe indicar kilometraje y elevaciones a cada 20 m.

En el dibujo de los planos se procurará que tanto en planta como en perfil, el sentido de escurrimiento del agua sea de izquierda a derecha.

En el caso de emisores y colectores de alcantarillado, el origen del cadenamiento (k 0+000) debe ser la descarga o disposición final (planta de tratamiento).

Para redes de agua potable se consignan cotas al milímetro de cruceros y cambios de pendiente; nombres de calles y cruces importantes con caminos, vías de comunicación, etc.

La configuración de la planta se presenta a escala 1:2000, en tanto para el perfil la escala horizontal es de 1:2000 y la escala vertical debe ser la más conveniente para el proyecto, de tal forma que se aprecien todos los accidentes topográficos.

En los planos se debe tener un croquis de localización general en el extremo superior derecho y notas aclaratorias que indiquen los sitios donde se hayan establecido los bancos de nivel y las estaciones de observación astronómica para determinación del azimut, con sus datos respectivos (x,y,z), así como la fuente (CNA, CFE, INEGI, SARH, ETC.).

En la parte inferior derecha irá el cuadro de referencia, con el nombre de la dependencia, lugar, Municipio y Estado del sitio levantado, plano de que se trate (planta, perfil, secciones transversales, etc.), el cadenamiento, escala, fecha de levantamiento (mes, año), nombre del topógrafo y nombre del dibujante.

2.7.2. Dibujo de secciones transversales

Las secciones transversales que se levanten sobre el trazo de apoyo a cada 20 m, se deben dibujar en papel milimétrico, debiendo aparecer su cadenamiento y elevación en cada sección dibujada. La escala debe ser 1: 100 tanto horizontal como vertical, y su dibujo se hará en el sentido del cadenamiento, en el caso de cauces

Búsqueda por palabra

y/o arroyos éste irá de aguas arriba hacia aguas abajo, de tal forma que a la izquierda quede la margen izquierda, y a la derecha la margen derecha.

2.7.3. Elaboración de planos para los sitios de las estructuras especiales

Respecto a levantamientos especiales se dibuja el plano topográfico en planta a una escala recomendada entre 1 :100 y 1:500, dependiendo de las necesidades del proyecto. Se deben indicar las coordenadas y elevaciones así como el cuadro de construcción de la poligonal.

Las curvas de nivel deben ir equidistantes a cada 50 cm.

Tratándose de cruces con arroyos, ríos y vías de comunicación se debe dibujar el perfil correspondiente indicando el eje del trazo de apoyo, el kilometraje de orillas y centro de cauce o eje de carreteras, su elevación a cada 20 m, y en cada punto relevante.

Estos planos deben tener un croquis general de localización y notas aclaratorias, así como todas las características topográficas en que se basó el levantamiento del sitio, como son su cadenamiento, vértices, ángulos, distancias, rumbos, bancos de nivel, etc.

Para mayor detalle de los conceptos teóricos, y técnicas de los diferentes estudios topográficos, consultar el manual de topografía, comprendido en la 1ª Sección del libro V, Ingeniería básica del Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (ref. 7).

2.8. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS EN COMUNIDADES RURALES

Considerando que una comunidad rural o suburbana presenta bajo nivel socioeconómico y carencias de todo tipo, resulta claro que los sistemas de agua potable y alcantarillado, acordes con las características de la comunidad, deben ser prácticos, económicos y sencillos.

Considerando lo anterior, cuando se trate de levantamientos topográficos en comunidades rurales, es recomendable que las especificaciones antes mencionadas se apliquen en la forma más simple posible, utilizando fundamentalmente el criterio del ingeniero para incluir en el levantamiento solamente lo indispensable.

De esta forma, los levantamientos se pueden llevar a cabo con instrumentos y equipo sencillo, los principales son:

- Brújula
- Cinta métrica con longitud mínima de 20 m
- Baliza de 2.0 m de largo
- Estadal de 4 m de largo

Búsqueda por palabra

- Varillas de 30 cm de alambre acerado, con punta en un extremo y asa en el otro (fichas)
- Estacas de madera de 5 x 5 cm de sección y 25 cm de longitud, terminado uno de sus extremos en cuña
- Trompos de madera
- Escuadra de albañil
- Nivel de mano
- Nivel de manguera

Asimismo, los planos podrían dibujarse con métodos tradicionales y por lo tanto no entregar sus archivos digitales.

2.9. FOTOGRAMETRÍA

Mediante métodos fotogramétricos, se puede obtener de forma precisa y rápida la configuración topográfica de las zonas de conducción y de las posibles redes de agua potable y alcantarillado.

Para tal efecto, dependiendo del relieve topográfico y de la magnitud de las zonas de estudio, en los términos de referencia, se establecerán las escalas del vuelo, restitución fotogramétrica y apoyo terrestre.

Para las zonas urbanas o suburbanas, a partir de un vuelo en escala 1:5,000, y restitución en escala 1:2,000, se pueden obtener los planos topográficos de precisión, con curvas de nivel equidistantes hasta 50 cm.

Para seleccionar la ejecución de levantamientos terrestres o fotogramétricos, se debe realizar un análisis técnico-económico.

Para los sistemas de conducción, a partir de un vuelo en escala 1:8,000, yrestitución en escala 1:5,000, se puede obtener los planos topográficos de precisión, con curvas de nivel equidistantes hasta 50 cm.

2.9.1. Vuelos fotogramétrícos

Identificada la zona de estudio y las características del levantamiento topográfico por realizar (escala de los planos topográficos), en el caso utilizar métodos aerofotogramétricos, en los términos de referencia se indica que el ejecutor deberá presentar el plan de vuelo, señalando escala de vuelo, escala de restitución, líneas de vuelo, diseño de apoyo terrestre.

Aspectos generales de la toma de fotografía aerea:

Búsqueda por palabra

- Se deben tomar fotografías verticales con cámara equipada con lente gran angular libre de distorsiones
- Los vuelos se hacen en dirección N-S o E-W
- La escala de vuelo se puede adaptar de acuerdo con las necesidades de cada proyecto
- La sobreposición de las fotografías en el sentido del vuelo puede ser entre 5 5% y 70%, y la transversal debe tener como mínimo el 15%
- Las fotografías deben estar libres de humo, manchas, brillo solar, nubes o cualquier obstáculo que le reste claridad
- El recubrimiento del área por volar debe ser estereoscópico

2.9.2. Comprobación de trabajos fotogramétricos de campo

Las líneas que sirven para comprobar los trabajos fotogramétricos derestitución, consisten generalmente en poligonales que se llevan de preferencia a lo largo de las vías de comunicación o brechas ya existentes que estén convenientemente ubicadas.

Las líneas de comprobación deben cumplir en cada caso las tolerancias especificadas. Los valores usuales son los siguientes:

- Planimetría. La tolerancia será 0.5 m para las dimensiones horizontales restituidas en planos a escala 1 : 2000
- Altimetría. La tolerancia puede ser de ± el 30 % de la equidistancia entre curvas de nivel

2.10. INFORME FINAL

El informe final se debe integrar con: los originales de todos los planos,(plantas, perfiles y secciones), libretas de campo, álbum fotográfico, videograbación, etc.

Se debe elaborar la memoria descriptiva de los trabajos, incluyendo el equipo utilizado y la relación de planos, entre otros.

Asimismo, se debe elaborar la memoria de cálculo indicando los procedimientos o metodologías aplicadas en el cálculo de coordenadas y orientaciones astronómicas.

También se debe elaborar una relación de libretas de campo con sus índices respectivos y una relación de los bancos de nivel utilizados.

En lo relativo a fotogrametría se deben entregar los negativos, fotografías, procedimientos de cálculo e información sobre los apoyos terrestres.

Búsqueda por palabra

3. GEOTECNIA

INTRODUCCIÓN

En estos Lineamientos se establece el marco de referencia técnico para la elaboración de estudios geotécnicos en sistemas de agua potable y alcantarillado.

El documento se apoya en Normas Nacionales y Normas de asociaciones técnicas internacionales. Se incluye bibliografía.

En el documento se describe, en forma general, la metodología para la elaboración de estudios geotécnicos en sistemas de agua potable y alcantarillado. De igual manera se detallan las técnicas de exploración en suelos y rocas, el muestreo de los materiales y la determinación de las propiedades físicas y mecánicas tanto en campo como en laboratorio. También se trata el tema estudios geotécnicos en las obras que constituyen los sistemas y se describe la metodología para su estudio.

En la última parte del documento se describen los estudios geotécnicos para caminos de acceso, así como los requeridos para el proyecto de caminos a lo largo de las líneas de conducción.

3.1. OBJETIVOS Y ETAPAS DE ESTUDIO

3.1.1. Recopilación de información técnica

Como primera etapa en la realización de un estudio geotécnico, se debe recopilar y analizar la información disponible en lo que respecta a las características geotécnicas de los sitios en estudio, Esta información debe incluir:

- Sismicidad en la región del proyecto.
- Cartas geológicas y topográficas.
- Levantamientos topográficos y topohidraúlicos.
- Estudios geotécnicos. Estudios geológicos.
- Estudios geohidrológicos.
- Aspecto climático.
- Hidrología superficial de la cuenca.

3.1.2. Reconocimiento geotécnico en el área de proyecto

3.1.2.1. Visitas al lugar

Se deben realizar visitas técnicas al sitio en estudio, que sirvan para programar las actividades de exploración y resolver en campo los problemas y dudas que se presenten durante el desarrollo del estudio geotécnico.

Búsqueda por palabra

3.1.2.2. Estudios de ingeniería geológica y geotécnia

Se debe establecer el marco geológico regional, que contemple la definición de la estratigrafía (espesor, características y origen de las formaciones), levantamiento de discontinuidades, análisis geomorfológicos, revisión de las condiciones de estabilidad en cortes y taludes y evaluación de la factibilidad para utilizar los materiales como bancos de préstamo.

3.1.3. Etapas de los estudios geotécnicos

El estudio geotécnico de un sitio se debe realizar de acuerdo a la siguiente metodología:

- El reconocimiento geológico: permite interpretar el origen y formación de los suelos, ya que en este proceso se gestan sus características y propiedades.
- En la etapa de exploración y muestreo, se deben definir las condiciones estratigráficas del sitio, mediante mediciones de campo y sondeos exploratorios con muestreo alterado, que posteriormente permitan reprogramar la exploración con muestreo inalterado.
- Las pruebas de laboratorio deben conducir a la obtención de parámetros que determinen el comportamiento mecánico e hidráulico de los suelos.
- Realizar un análisis geotécnico, para evaluar el comportamiento mecánico e hidráulico del subsuelo, ya sea de manera cualitativa o cuantitativa, ante solicitaciones de carácter estático y transitorio y estimar el factor de seguridad a corto y largo plazo.
- Formación del procedimiento constructivo, que debe ser parte integrante del informe geotécnico y ser congruente con el comportamiento mecánico e hidráulico del subsuelo, para poder garantizar su seguridad.

3.1.4. Campo de aplicación

Los estudios de geotécnia se deben realizar en obras y sitios descritos a continuación:

- En líneas de conducción, redes de distribución de agua potable y en estructuras complementarias, así como en colector, interceptor, emisor red de alcantarillado; para definir los tipos de materiales y volúmenes por excavar, análisis de estabilidad en las excavaciones de la zanjas que se utilizan para alojar la tubería y definición de las condiciones de taludes en cortes y laderas naturales.
- En las zonas de cruces con arroyos, ríos y vías de comunicación y en los sitios donde se ubiquen plantas de bombeo, plantas de tratamiento y potabilizadoras, para definir el tipo de cimentación más adecuada de las estructuras que forman parte de la planta, los tipos de materiales por excavar, los taludes recomendados en bordos y excavaciones, el tipo de material de relleno y las recomendaciones

generales para la concepción del proyecto ejecutivo, así como de su construcción.

- En los caminos de acceso y/o de construcción y mantenimiento, para clasificar la calidad de los suelos, así como los grados de compactación en su estado natural, para su aprovechamiento en la formación del cuerpo del terraplén y/o la capa subrasante y revestimiento.
- En los bancos de materiales, necesarios para la construcción de bordos, relleno de zanjas, impermeabilización del fondo de lagunas (si esto se requiere), terracerías y revestimientos en vialidades, así como agregados pétreos para la elaboración de concretos hidráulicos.

3.2. NORMAS Y MANUALES TÉCNICOS DE REFERENCIA

1) Manual de Mecánica de Suelos
Secretaria de Recursos Hidráulicos, SRH
México 1970

2) Instructivo para ensaye de suelos
Secretaria de Recursos Hidráulicos, SRH
México, 1970

3) Normas para proyecto de obras (Norma 2.214.05)
Petróleos Mexicanos, PEMEX
Primera edición México, 1976

4) Manual de diseño geotécnico (volumen 1)
Departamento del Distrito Federal, DDIF
México, 1987

5) Normas de servicios técnicos
Proyecto Geométrico-Carreteras
Libro 2, parte 2.01 titulo 2.01 .01
Secretaria de Comunicaciones y Transportes, SCT
México, 1984

6) Proyectos tipo de alcantarillas y puentes
Edición SCT
México, 1978

7) Obras de arte para caminos y vías de ferrocarril
Edición SOP. México, 1974

8) Manual The Armco International Corporation, 1985

9) Suggested Methods for the Cuantitative Description of Discontínuites
ISRM, 1985

Búsqueda por palabra

10) Normas para muestreo y pruebas de materiales, equipos y sistemas,
Carreteras y Aeropistas-Pavimentos ll, Tomo 1 Libro 6, parte 6,01, titulo 6.01.03,
Secretaria de Comunicaciones y Transportes, SCT
México, 1991

11) El Cono en la exploración geotécnica Tgc geotécnia, 1989

12) ASTM Designation D-1 585-67:
"Standard method for penetration test and splitbarret sampling of soils", USA.

13) Manual de diseño de obras civiles Sección B, Tema 3, capítulos 1,2,3,4,5,6 y 7
Comisión Federal de Electricidad, CFE México, 1979

14) Normas para construcción e instalaciones carreteras y aeropistas-estructuras y obras de drenaje, Libro 3, parte 3.01, titulo 3.01.02,
Secretaria de Comunicaciones y Transportes, SCT
México, 1984

15) Normas para construcción e instalaciones carreteras y aeropistas-pavimentos
Libro 3, parte 3.01, titulo 3.01.03,
Secretaria de Comunicaciones y Transportes, SCT
México, 1984

16) Pruebas de Permeabilidad, Normatividad, volumen V SARH,
Gerencia de Estudios y Normas
México, 1987

17) Canadian Foundation Engineering Manual, Part 1,2,3,4
Canadian Geothecnical Society 1978.

18) Normas para muestreo y pruebas de materiales, equipos y sistemas
Carreteras y Aeropistas-Pavimentos ll, Tomo 2 libro 6, parte 6.01, titulo 6.01.03

19) Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

a) Libro II.1.4, Redes de Distribución.

b) Libro II.2.1, Redes, Atarjeas, Colectores, Emisores e Interceptores.

c) Libro II.3.2.1, Diseño de Lagunas de Estabilización de Aguas Residuales.

d) Libro II.3.3, Saneamiento Rural.

e) Libro V.2.3., Recipientes, Vol. I, I´: y III

f) Libro V.3.2.1, Prospección Geoeléctrica y Registros Geofísicos de Pozos.

g) Libro V.3.2.2, Exploración Geosísmica.

h) Libro V.3.2.3, Exploración Gravimétrica y Magnetométrica.

i) Libro V.3.3.1, Perforación de Pozos.

j) Libro V.3. 5.1, Protección Catódica y Recubrimientos Anticorrosivos.

3.3. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

3.3.1. Símbolos

Ha	Hectárea
cm	Centímetro
cm/s	Centímetro sobre segundo
m	Metro
mm	Milímetro
km	Kilómetro
S	Identificación que se debe poner sobre las muestras cúbicas inalteradas en la cara superior, manteniendo la posición original del suelo muestreado
ϕ	Diámetro

3.3.2. Abreviaturas

ASTM	Sociedad Americana para Ensayes de Materiales (American Society for Testing Materials).
DDF	Departamento del Distrito Federal.
SRM	Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (International Society for Rock Mechanics).
IN SITU	Locución latina que significa en el sitio.
I de I	Instituto de Ingeniería. NAF Nivel de Aguas Freáticas.
PEMEX	Petróleos Mexicanos.
PCA	Pozo a Cielo Abierto.
PCAs	Pozos a Cielo Abierto.
RQD	Índice de Calidad de la Roca (Roca Quality Designation).
SARH	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
SEV	Sondeo Eléctrico Vertical.
SMMS	Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.
SOP	Secretaría de Obras Publicas.
spt	Prueba de Penetración Estándar (Standard PenetrationTest).
SRH	Secretaría de Recursos Hidráulicos.
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México.
USA	Estados Unidos de América.
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
Tgc	Geotecnia. Razón social Empresa de Consultoría.

Búsqueda por palabra

VRS Valor relativo de soporte.

3.4. EXPLORACIÓN

Para realizar el proyecto ejecutivo de un sistema de agua potable, alcantarillado ó disposición de aguas residuales, el proyectista debe conocer la estratigrafía y propiedades del subsuelo; este conocimiento se logra a través de un estudio geotécnico, el cuál incluye exploración, muestreo, ejecución de ensayes de laboratorio junto con la interpretación de los resultados y el análisis de la información disponible en la zona del estudio.

Mediante la exploración se deben obtener resultados confiables con un mínimo de costo y tiempo. La confiabilidad del estudio geotécnico depende de los trabajos de exploración, por lo tanto, éstos deben realizarse en forma cuidadosa, siguiendo métodos y normas establecidas, las cuales son descritas, en los puntos siguientes de esta sección.

Por lo anterior, es necesario que especialistas en mecánica de suelos elaboren un programa de exploración apropiado, definiendo tipo, número y profundidad de los sondeos, tomando como base la información recopilada.

En geotécnia los métodos de exploración se dividen en: indirectos (geofísicos ver referencias 19 i), j) y k), semidirectos y directos (sondeos).

3.4.1. Métodos indirectos

Con estos métodos de exploración se realizan mediciones indirectas de propiedades físicas de los suelos y rocas. Con el método geosísmico (ver referencia 19. j), mediante la interpretación de resultados, se pueden deducir propiedades mecánicas y distribución de los materiales en el subsuelo, empleando las velocidades de las ondas de compresión y de corte que se trasmiten a través de los materiales que constituyen el subsuelo, por efecto de las vibraciones producidas por la detonación de una carga de explosivos.

El método geosísmico (ver referencia 19) se utiliza principalmente para deducir:

- Compacidad de los materiales.
- Profundidad de los contactos.
- Espesor de los estratos.
- Módulo dinámico de rigidez al cortante.
- Módulo dinámico de elasticidad.
- Relación de Poisson de los materiales.

Búsqueda por palabra

El método geoeléctrico (ver referencia 19 í) permite realizar mediciones de la resistividad, a partir de la inducción de una corriente eléctrica, se utiliza para detectar indirectamente características de los materiales del subsuelo tales como:

- Tipos de material
- Profundidad del NAF.
- Espesor de los estratos.
- Profundidad de los contactos.
- Estructuras geológicas

El análisis e interpretación de resultados, así como su presentación, se rigen de acuerdo con los lineamientos de la referencia No 3. Para realizar los trabajos de exploración geoeléctrica (ver referencia 19 i) se requiere personal especializado.

3.4.2. Métodos semidirectos

Consisten en realizar pruebas en el campo para estimar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, a partir de correlaciones empíricas. En estos métodos de exploración se pueden recuperar muestras representativas alteradas.

3.4.2.1. Prueba de penetración estándar (spt)

Este método se emplea en suelos finos, en arenas finas y medias, en mezclas de finos y arenas. Se realiza de manera continua con muestreo alterado o en forma conjunta con muestreo inalterado (sondeos mixtos). El equipo y procedimiento de prueba se lleva a cabo de acuerdo con la referencia No 12.

A partir de la prueba de penetración estándar se obtienen de manera indirecta parámetros de resistencia del suelo y en forma simultánea se efectúa la clasificación de campo, con base en los lineamientos que marca el SUCS.

3.4.2.2. Método del cono eléctrico

Esta prueba se utiliza en suelos blandos con espesores mayores de 10m.(referencia No 1 l).

3.4.3. Métodos directos

En estos métodos de exploración se obtienen muestras que sometidas a pruebas de laboratorio adecuadas sirven para clasificar y conocer las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas del suelo. Las muestras representativas obtenidas pueden ser, alteradas ó inalteradas (ver sección 3.5).

3.4.3.1. Excavación de pozos a cielo abierto

Los pozos se excavan con el fin de tomar muestras de cada estrato, que sirvan para observar y levantar el perfil estratigráfico de sus paredes. Dichas excavaciones deben tener un área de 1.00 x I.5 m. (como mínimo), con separaciones y profundidades variables, las cuales dependen de la zona donde se ubique el sitio en estudio, del material encontrado, de la posición del nivel freático y de la importancia del proyecto.

Una vez obtenidas las muestras y efectuada la clasificación de campo correspondiente, las excavaciones se deben proteger con postes y alambre de púas, con el objeto de evitar el acceso a ellas; cuando se terminan los trabajos se rellenan en su totalidad con material producto de la excavación,

3.4.3.2. Sondeos de exploración

Estos sondeos se deben realizar empleando equipo de perforación y herramientas especializadas, para obtener muestras alteradas e inalteradas a diversas profundidades (ver sección 3.5), en la referencia 19 1) se describen algunos equipos de perforación.

3.4.4. Técnicas de perforación

Para llevar a cabo la exploración del subsuelo es necesario realizar excavaciones a cielo abierto, hasta una profundidad determinada, la cual esta condicionada por la susceptibilidad a excavarse manual o mecánicamente, a la estabilidad de sus paredes y a la presencia del nivel de aguas freáticas. Si la excavación de los PCAs resulta limitada en profundidad, se requiere realizar la exploración con equipo de perforación, que permita efectuar el muestreo de los materiales a profundidades mayores.

El equipo de perforación consta de máquinas de percusión y/o rotación, de bombas de lodos y agua, tuberías, barras, ademes y herramienta de perforación. Las características de estos equipos se encuentran detalladas en las referencias Nos 3 y 4.

3.4.4.1. Perforación en suelos blandos

La práctica común en mecánica de suelos para la exploración en suelos blandos es que esta se efectúa en forma mixta, es decir, se realiza la prueba de penetración estándar y muestreo inalterado con tubo de pared delgada.

La prueba de penetración estándar se lleva a cabo hincando el penetrómetro y muestreador hasta la profundidad donde se pretenda extraer la muestra inalterada. Para avanzar rápidamente, sin muestrear el subsuelo, se perfora con broca tricónica y se hinca el muestreador a la profundidad deseada. Las características del

Búsqueda por palabra

penetrómetro, del tubo de pared delgada y de la broca tricónica se presentan en la referencia No 4.

El fluido de perforación utilizado en estos materiales es el agua o el lodo bentonítico, cuya función es enfriar las herramientas de perforación y estabilizar las paredes de los sondeos. En los lodos se deben cuidar propiedades físicas, tales como densidad, viscosidad, tixotropía y pureza (contaminación con arena) (referencia No 3). Debido a que las arenas finas-limosas tienen alta permeabilidad, los lodos no funcionan como estabilizadores, por lo que se recomienda utilizar tubería de ademe, cuyas características aparecen descritas en la referencia No 4.

3.4.4.2. Perforación en suelos duros, gravas, boleos y rocas

Si existen rocas y depósitos de grava y/o boleos, la exploración se debe realizar con broca de diamante y el muestreo con barril muestreador de doble acción, para obtener núcleos o corazones.

Durante el desarrollo de cada sondeo, se debe llevar un registro de campo, que contenga la información estratigráfica, descripción de los materiales, profundidad de contactos, aspectos de las maniobras de perforación, toma de muestras, pruebas de permeabilidad y profundidad de niveles freáticos.

Si se perfora en suelos duros, se debe medir con torcómetro de bolsillo la resistencia al esfuerzo cortante en ambos extremos de cada muestra inalterada.

En el caso de la exploración en roca, se debe llevar un registro en donde se indiquen las características de las rocas tales como: fracturas y condiciones de compacidad, aumento o pérdida del agua de perforación, medición del porcentaje de recuperación, obtención del RQD a 10 y 20cm y clasificación litológica.

Para el estudio de los materiales, los corazones de roca obtenidos se colocan en cajas de madera, en secuencia correcta de acuerdo a la profundidad, colocando separadores de madera entre los tramos de perforación o muestras extraídas (referencia No 9).

3.5. MUESTREO

Para conocer las propiedades índice, mecánicas e hidráulicas de los materiales del subsuelo (suelos y rocas), es necesario obtener muestras durante los trabajos de exploración, estas pueden ser alteradas e inalteradas ó en algunos casos integrales. El muestreo se debe realizar de acuerdo a la metodología establecida (referencia l).

3.5.1. Muestras representativas alteradas

Son aquellas cuya estructura es afectada por el muestreo; sirven para clasificar los suelos, hacer determinaciones de propiedades índice y para preparar especímenes

Búsqueda por palabra

compactados, en los cuales se realizarán pruebas de laboratorio cuyo objetivo es el de encontrar las propiedades hidráulicas y mecánicas del subsuelo.

3.5.1.1. Muestreo en pozos a cielo abierto

Con objeto de elaborar perfiles estratigráficos de los pozos excavados, se toman muestras alteradas en cada estrato y se determinan las propiedades índice de los suelos muestreados, para su posterior clasificación, según el SUCS.

Las muestras se pueden tomar a medida que progrese la excavación o bien una vez terminada ésta. Para realizar el muestreo se abre una ranura vertical de sección uniforme, de 20cm de ancho por 15cm de profundidad y se extrae el material representativo de cada estrato (aproximadamente 2kg). El material se puede colocar en costales de tejido cerrado, en frascos de vidrio o en bolsas de polietileno.

Cada muestra debe llevar sujetas dos etiquetas de identificación, una dentro y otra afuera, en la cuales se anota el nombre de la obra, la fecha, el kilometraje y la profundidad a que se tomó la muestra.

Paralelamente a la toma de muestras, se efectúa la clasificación del estrato, según lo especifica el SUCS. En función de esta clasificación, se determina el peso de la muestra a tomar, de tal manera que el material sea suficiente para efectuar las pruebas descritas en el concepto de trabajos de laboratorio.

A partir del conocimiento de la estratigrafía y con la información de las propiedades índice, se debe programar el muestreo inalterado, que sea representativo de cada uno de los estratos de suelo cohesivo que se detecte. Estas muestras inalteradas se obtienen con muestreador de pared delgada, hincado a presión ó labradas manualmente (muestras cúbicas).

3.5.1.2. Muestreo a partir de la prueba de penetración estándar

Durante la realización de esta prueba, el tubo partido permite recuperar muestras del material explorado, que se ha alterado por la forma de hincado del muestreador; este material generalmente se recupera en tramos de 60cm, debe ser extraído del tubo partido y colocado en bolsas dobles de polietileno o en frascos de vidrio, herméticamente cerrados, previa inspección y descripción de campo. Cada muestra debe llevar sujetas dos etiquetas de identificación, una dentro y otra afuera, en las cuales se anota el nombre de la obra, la fecha, el sitio y la profundidad a que fue tomada.

3.5.1.3. Muestreo integral en pozos a cielo abierto (PCA) ó en frentes abiertos

Para efectuar este muestreo, una vez excavado el PCA o removido el material alterado en el frente abierto, se procede a realizar una ranura vertical en una de sus paredes, de 20cm de ancho por 15cm de profundidad, se recoge el material

Búsqueda por palabra

representativo de todos los estratos en un costal de tejido cerrado, para evitar pérdida de finos. La ranura se inicia por debajo del material que se considere de despalme y se mide el espesor.

Así mismo, se mide el espesor del material muestreado y se indica si este material continúa hacia abajo. El material representativo de esta muestra (2 kg aproximadamente) se coloca en un frasco de vidrio, cerrado herméticamente o bien en bolsas de polietileno, con el objeto de evitar la perdida del contenido natural de agua.

3.5.2. Muestras inalteradas

Son aquellas cuya estructura no es afectada significativamente por el muestreo; se utilizan para clasificar los suelos y hacer determinaciones de propiedades índice, mecánicas e hidráulicas.

3.5.2.1. Muestreo en pozos a cielo abierto (PCA)

El muestreo se hace, preparando muestras de tipo cúbicas, cuidadosamente labradas, a la profundidad requerida y en las cuales se deben determinar las propiedades mecánicas e hidráulicas de los materiales. Estas muestras cúbicas, de 20cm de arista, se deben proteger de inmediato con manta de cielo, que se impregna con una mezcla caliente de brea y parafina, utilizando una brocha para evitar la perdida de¡ contenido natural de agua. La muestra se debe orientar marcando la parte superior con una "S" (referencia No 4).

3.5.2.2. Muestreo con tubo de pared delgada

Para recuperar muestras inalteradas de las perforaciones en suelos blandos, es necesario utilizar muestreadores que causen la menor alteración posible. Esto se logra con muestreadores de pared delgada, constituidos por un tubo de acero o latón, con el extremo inferior afilado y unido en la parte superior con la cabeza muestreadora, la que a su vez esta montada en el extremo inferior de la columna de barras de perforación, con las cuales se hinca el muestreador desde la superficie.

Los diámetros más comunes de este muestreador son 7.5 y 10cm. En la referencia No 4 se detallan las características del muestreador "Shelby" con algunas variantes en la unión tubo-cabeza.

El muestreador Shelby se debe hincar en una longitud de 75cm, con una velocidad constante entre 15 y 30cm/s; se debe permitir que una longitud de 15cm quede sin muestra, que es donde se alojaran los azolves. Después del hincado, se deja reposar la muestra durante tres minutos, para generar mayor adherencia entre tubo y suelo.

3.5.2.3. Muestreo con tubo dentado

En suelos duros y compactos se utiliza el tubo dentado, para obtener muestras con un mínimo de alteración. El tubo muestreador es similar al tubo de pared delgada, excepto que la parte inferior tiene 8 dientes de corte, dispuestos simétricamente, que miden entre 0.8 y 1.0cm de altura y 3cm de base. Las características del equipo y su operación se detallan en la referencia No 4, se destaca la velocidad de hincado, que debe ser constante (1.0cm/s).

3.5.2.4. Muestreo con barril Denison

Este muestreador opera a rotación y presión, permite recuperar muestras con poca alteración, en arcillas duras, limos compactos y limos cementados con pocas gravas, abajo del nivel freático; las muestras recuperadas son de 7.5 y 10cm de diámetro. Sus características y operación se describen con detalle en la referencia No 4.

El barril Denison es el mejor muestreador para las tobas duras, si se muestrea arriba del nivel freático, se debe utilizar aire como fluido de perforación.

En ambos extremos de cada muestra inalterada se deben realizar pruebas de resistencia con torcómetro y penetrómetro de bolsillo. Esta doble determinación de resistencia se efectúa inmediatamente antes de proceder a sellar las muestras, ya que se deben proteger contra las vibraciones y la pérdida de contenido natural de agua, usando para ello papel de estaño y una mezcla de brea y parafina.

3.5.2.5. Muestreo en suelos muy duros y rocas

El muestreo en este tipo de materiales se realiza con barriles muestreadores, cuyos diámetros varían entre 22 y 54 mm.(EX-NX), las brocas tienen insertos de carburo de tungsteno ó diamante. Estos barriles pueden ser sencillos, rígidos ó doble giratorio. Se recomienda usar este último en diámetros NX, NQ para obtener muestras de buena calidad. (referencia No 3).

3.6. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN CAMPO Y LABORATORIO

Con la información reunida durante la exploración y el reconocimiento geotécnico, se debe elaborar el programa detallado de pruebas de laboratorio, en el cual se especifiquen el tipo, procedimiento y cantidad de ensayes que puedan representar de una manera racional el comportamiento del subsuelo ante las solicitaciones de cargas. El programa debe ajustarse, si durante el desarrollo de los ensayes en el laboratorio, se detectan resultados anormales en las propiedades del material ó en su estructura.

A partir de los sondeos con muestreo alterado e inalterado y con objeto de clasificar los materiales que conforman el subsuelo, se determina la variación con la profundidad de las siguientes propiedades:

Búsqueda por palabra

3.6.1. Propiedades índice

3.6.1.1. Suelos finos

- Determinación de límites de consistencia
- Contenido natural de agua
- Pérdida por lavado, % de finos
- Clasificación de suelos según el SUCS.

3.6.1.2. Suelos Granulares

- Análisis granulométrico
- Contenido natural de agua
- Clasificación de Suelos según el SUCS.

3.6.2. Propiedades mecánicas e hidráulicas

Para determinar las propiedades mecánicas e hidráulicas de los materiales encontrados durante la exploración se realizan las siguientes pruebas (en muestras inalteradas):

3.6.2.1. Suelos finos

- Permeabilidad bajo carga constante
- Permeabilidad bajo carga variable
- Peso volumétrico de todas las muestras.

En las pruebas siguientes es de suma importancia definir en que muestras se efectúan los ensayes, así como la secuencia de cargas aplicadas.

- Compresión axial no confinada
- Compresión axial no consolidada, no drenada
- Compresión axial consolidada, no drenada.
- Consolidación unidimensional
- Expansión libre y/o bajo carga
- Saturación bajo carga
- Torcómetro y penetrómetro de bolsillo

Búsqueda por palabra

3.6.2.2. Suelos granulares

Por la dificultad que se tiene para obtener muestras inalteradas en suelos granulares poco cementados, las propiedades mecánicas e hidráulicas se obtienen por medio de correlaciones empíricas, que se deducen de los resultados obtenidos de exploraciones realizadas con métodos indirectos y semidirectos (ver sección 3.4), o bien mediante pruebas de campo (ver 3.6.4), o por medio de muestras preparadas en el laboratorio, simulando condiciones de estructura, saturación y compacidad semejantes a las que se tienen en estado natural y en las cuales se deben realizar los ensayes siguientes:

- Permeabilidad bajo carga constante
- Permeabilidad bajo carga variable
- Peso volumétrico de todas las muestras.

En las pruebas siguientes es de suma importancia definir en que muestras se efectúan los ensayes, así como la secuencia de cargas aplicadas:

Compresión axial no confinada
Compresión axial no consolidada, no drenada

3.6.2.3. Muestras integrales

Estas muestras, que generalmente proceden de bancos de materiales, además de los ensayes índice ya mencionados, se realizan todos o cualquiera de los siguientes ensayes, según el uso que se pretenda dar a los materiales:

- Compactación Proctor, Porter o Densidad relativa
- Colorimetría
- Contracción lineal
- Valor cementante
- Equivalente de arena
- VIRS (valor relativo de soporte)
- Intemperismo acelerado
- Contenido de substancias perjudiciales
- Prueba de desgaste (los Ángeles)
- Peso volumétrico seco/saturado
- Peso volumétrico en estado natural

Se deben efectuar pruebas para obtener el peso volumétrico y la densidad de sólidos en todas las muestras inalteradas.

Búsqueda por palabra

3.6.3. Propiedades índice y mecánicas en núcleos de roca

Se deben realizar las siguientes pruebas:

- Análisis Petrográfico.
- Medición del índice de Calidad de la Roca (RQD).
- Compresión simple, con mediciones de módulos de elasticidad.
- Peso volumétrico.

Estos ensayes deben realizarse apegados a los lineamientos establecidos en las referencias 1, y 2.

3.6.4. Pruebas de campo

Son aquellas que se realizan *in situ* para medir directamente propiedades mecánicas e hidráulicas del suelo, principalmente: deformabilidad, permeabilidad y resistencia al esfuerzo cortante. Entre las primeras están las pruebas de placa en suelos y rocas y prueba con gato plano en rocas. Para la determinación de la permeabilidad *in situ* en suelos, se recurre a las pruebas Nasberg y Lefranc y a pruebas de absorción en suelos.

En rocas fracturadas se realizan pruebas Lugeon (referencia No 16).

La resistencia al esfuerzo cortante se obtiene a partir de pruebas de corte directo y de la veleta. Todas las pruebas deben realizarse siguiendo los lineamientos especificados en las referencias 1 y 13.

3.7. ESTUDIOS GEOTÉCNICOS EN OBRAS

Para llevar a cabo el estudio geotécnico de las estructuras que forman parte de un sistema de agua potable y alcantarillado, es necesario realizar la interpretación de los resultados de las exploraciones efectuadas, de los ensayes de laboratorio ejecutados así como de los análisis teóricos correspondientes, considerando las características propias de cada estructura. A continuación se enlistan los parámetros geotécnicos que deben definirse en un estudio:

Cimentaciones superficiales (Referencia 17, Parte 2)

- Tipo de suelo
- Tipo de cimentación
- Profundidad de desplante
- Capacidad de carga admisible
- Asentamientos diferenciales
- Análisis de deformaciones

Búsqueda por palabra

- Esfuerzos de contacto estático y sísmico para el sistema de cimentación propuesto
- Proceso constructivo recomendable
- Nivel freático o presencia de agua

Cimentaciones profundas (Referencia 17, Parte 3)

- Tipo de suelo
- Tipo de cimentación
- Profundidad de desplante
- Capacidad de carga axial admisible
- Capacidad de carga lateral
- Análisis de deformaciones
- Proceso constructivo recomendable

Nivel freático o presencia de agua

Excavaciones en suelo o roca (Referencia 17, Parte 4)

- Análisis de estabilidad
- Recomendación de taludes estables
- Proceso constructivo recomendable
- Control de voladuras y explosivos

Estructuras de retención (Referencia 17, Parte 4)

- Tipo de material de relleno
- Consideraciones de empujes de tierra
- Diagramas de empuje de tierras, considerando en su caso efectos hidrodinámicos y sísmicos
- Condiciones de drenaje de las estructuras de retención y recomendaciones constructivas correspondientes
- Recomendaciones de compactación de los rellenos por utilizar
- Proceso constructivo recomendable

Considerando las líneas de conducción en los cruces con arroyos y ríos se realizan análisis de socavación, de capacidad de carga y asentamientos, según sea la alternativa de solución.

Para la formación de lagunas se proyectan bordos perimetrales, por lo tanto, debe contemplarse la realización de las siguientes actividades:

- La sección recomendada debe incluir: análisis de estabilidad dé taludes en flujo establecido y no establecido, en condiciones iniciales y finales, así como la estabilidad debida a solicitaciones de carácter sísmico.
- Localización de bancos de materiales para la construcción.
- Recomendar el proceso constructivo.

Se debe incluir el análisis de flujo de agua por el fondo, para evaluar las filtraciones que puedan presentarse a través del mismo y en el caso de que estas filtraciones se consideren excesivas, proponer la solución más adecuada para minimizarlas o eliminarlas.

Los estudios geotécnicos para los caminos comprenden:

- La estratigrafía a lo largo del camino, indicando espesor de los estratos, clasificación según SCT, tratamiento, coeficiente de variación volumétrica, clasificación para presupuesto y su utilización en la sección estructural del camino.
- El tipo de material por excavar, en el caso de cortes.
- La utilización M material de excavación para terraplenes.
- Determinar el grado de compactación actual

3.7.1. Estructuras en obra de toma

Considerando los resultados del reconocimiento geotécnico se debe proponer el sitio apropiado para realizar la exploración de PCAs y los sondeos con máquina.

Los PCAs se deben excavar y muestrear de acuerdo a los lineamientos establecidos en las secciones 3.4 y 3.5. Los ensayes de laboratorio correspondientes se efectúan de acuerdo con la sección 3.6.

En las estructuras para obra de toma, la exploración se inicia excavando y muestreando como mínimo 4 pozos a cielo abierto y dependiendo de los resultados se programará, si se considera necesario, una batería de sondeos con máquina, con muestreo alterado e inalterado (sección 3.5) o recuperando núcleos, según sea el material existente (suelo 6 roca respectivamente). En algunos casos es recomendable realizar exploración con métodos geofísicos (ver referencias 19 i), j), y k)), descritos en las referencias Nos 3 y 4.

3.7.2. Línea de conducción, colector, interceptor, emisor y redes de distribución de agua potable o de alcantarillado

Durante la exploración de los trazos proyectados se excavan pozos a cielo abierto, a lo largo de línea de conducción y de sus estructuras de protección (ver referencias 19 f) y g)), red de distribución, colector, interceptor, emisor 6 red de alcantarillado (ver referencia 19 c)) con el objeto de tomar muestras de los estratos (sección 3.5).

Búsqueda por palabra

Para la línea de conducción, colector, interceptor 6 emisor, los pozos a cielo abierto se excavan cada 1000 m de distancia como mínimo. En redes de distribución ó de alcantarillado, los PCAs se realizan cada 500 m de distancia como mínimo; en ambos casos donde los suelos se presenten con propiedades, físicas y mecánicas desfavorables, los PCAs se programan a menor distancia o se realiza una exploración geofísica (ver referencias 19 i), j), y k)), empleando el método de sísmica de refracción(ver referencias 19 j). 3 y 4).

Con el fin de elaborar el perfil estratigráfico a lo largo de la línea de conducción, colector, interceptor y emisor, se determina en el laboratorio las propiedades índice de los suelos encontrados, para su clasificación, según el SUCS (sección 3.6).

Para determinar la agresividad potencial de los suelos, desde el punto de vista de la corrosión (ver referencia 19 m) y capítulo 10), se utilizan los PCAs excavados para la toma de muestras alteradas.

3.7.3. Plantas de bombeo, tanques de almacenamiento y torres de oscilación

Como investigación inicial se excavan por lo menos cuatro pozos a cielo abierto, hasta una profundidad máxima de 4m o hasta donde se pueda excavar con pico y pala o donde aparezca el nivel de aguas freáticas (NAF). En estos pozos se recuperan muestras alteradas e inalteradas y se practican los ensayes necesarios de acuerdo con las secciones 3.5 y 3.6 de estos lineamientos.

Con base en esta información se programa el número de sondeos con máquina, su profundidad, y la intensidad del muestreo por realizar. La exploración esta condicionada a las características de las estructuras por cimentar (ver referencias 19 f) y g)) y las del propio subsuelo. La práctica común indica que se programe un muestreo alterado con penetración estándar, alternando el muestreo inalterado con tubo de pared delgada, tubo dentado o barril Denison, según el material que se encuentre. Si se tienen rocas, se utiliza barril doble giratorio. Este muestreo se lleva a cabo como se indica en la sección 3.5.

3.7.4. Cruces con vías de comunicación, ríos y canales

Se debe seleccionar el sitio apropiado para ejecutar los sondeos, tomando en cuenta la información geotécnica recopilada y el trazo del proyecto.

En el muestreo se consideran muestras alteradas e inalteradas. Las primeras son por estratos y las segundas de tipo cúbicas, recuperadas a la profundidad a la cual se estima que se desplantarán las estructuras de cruce.

Si la importancia o dificultad del cruce lo requiere, se programa exploración profunda, ya sea en suelos o en rocas; en ambos casos la exploración se realiza como se indica en la sección 3.4.

Búsqueda por palabra

Para salvar los cruces y diseñar la cimentación de las estructuras requeridas, se excavan como mínimo dos pozos a ciclo abierto, aumentándose dicho número ó realizando sondeos profundos si así se requiere.

3.7.5. Plantas potabilizadoras, de tratamiento y estructuras complementarias

En el estudio preliminar, se debe seleccionar dentro del sitio propuesto, la distribución apropiada para ejecutar los pozos a cielo abierto y sondeos, dependiendo de la superficie de la zona por explorar y tomando en cuenta la información recopilada.

La excavación de pozos a cielo abierto se lleva a cabo con las características descritas en la sección 3.4.

Con objeto de elaborar perfiles estratigráficos dentro de la zona considerada, se determinan las propiedades índice de los suelos encontrados, para su posterior clasificación, de acuerdo al sistema SUCS (sección 3.6).

Para evaluar la agresividad potencia¡ de los suelos, desde el punto de vista de la corrosión (ver referencia 19 m) y capítulo 10), se toman muestras alteradas en cada cambio de estrato y en cada uno de los pozos excavados, según se detalla en la sección 3.5.

Durante la exploración geotécnica se realizan como mínimo cinco pozos a cielo abierto, espaciados convenientemente en el área por explorar y de los cuales se recuperan muestras alteradas, que se someten a pruebas de laboratorio (capitulo 3.6).

Si el material encontrado es roca, se considera que presenta buenas propiedades mecánicas y se verifica por medio de pruebas de laboratorio.

Si el material encontrado es suelo y al analizar los resultados de laboratorio se deduce que se pueden presentar problemas de capacidad de carga, baja resistencia al esfuerzo cortante y alta compresibilidad, se debe programar un muestreo inalterado, incluyendo pruebas de laboratorio, para obtener propiedades mecánicas congruentes con los problemas que se puedan presentar

Ya establecida la factibilidad del sitio, la exploración se complementa con pozos a cielo abierto y sondeos, a profundidades que dependerán del material encontrado en el estudio preliminar, así como de las dimensiones y descargas aproximadas de las estructuras constitutivas de la planta. Los PCAs se distribuyen convenientemente en la zona por explorar, para trazar perfiles estratigráficos que resulten adecuados para representar el modelo geotécnico del subsuelo; los sondeos deben programarse en un número tal que el área tributaria de cada uno, sea de una hectárea

aproximadamente. El número de pozos a cielo abierto será, dos veces el número de sondeos con máquina.

El número de sondeos mencionado en párrafos anteriores, de ninguna manera es fijo, ya que puede variar en función de la geología y criterios de exploración.

Una vez conocido el sitio definitivo para el emplazamiento de la planta, las características estratigráfícas del predio y con la ubicación precisa de cada estructura, si las condiciones geotécnicas son desfavorables, se procede a realizar estudios geotécnicos complementarios; se programan sondeos exploratorios que se ubiquen en el lugar exacto de lasestructuras importantes y se realizan más pruebas de laboratorio. El estudio complementario se lleva a cabo siempre y cuando se observen variaciones importantes en la estratigrafía o se anticipen problemas especiales de geotécnia.

3.7.6. Plantas de tratamiento (lagunas).

Dentro del sitio propuesto se debe seleccionar la distribución apropiada de los pozos a cielo abierto y sondeos, tomando en cuenta la información recopilada y los estudios preliminares. La excavación de pozos a cielo abierto se lleva a cabo con las características descritas en la sección 3.4.

Con objeto de elaborar perfiles estratigráficos dentro de la zona considerada, los PCAs y sondeos de exploración se ubican de manera apropiada para conocer la información geotécnica obtenida de los ensayes de laboratorio.

Durante esta etapa de estudios es conveniente realizar ensayes a las muestras de los primeros sondeos, particularmente ensayes de permeabilidad, con el propósito de definir si es necesario llevar a cabo pruebas de permeabilidad en campo. Si este es el caso, se efectúan bajo los lineamientos especificados en la referencia No 16.

En lagunas (ver referencia 19 d)) y estructuras (ver referencia 19 f)) especiales se realizan por lo menos dos sondeos, a base de penetración estándar y muestreo con tubo de pared delgada (Tipo Shelby) o con barril doble giratorio, llevados hasta una profundidad máxima de 15m (sección 3.5).

En cada sitio propuesto se complementa la exploración geotécnica, excavando por lo menos diez pozos a cielo abierto, llevados a 4.0 m de profundidad como mínimo. Sin embargo, si los sondeos profundos no se requieren, se incrementa a 15 el número de pozos a cielo abierto, con el fin de determinar con precisión la configuración geotécnica del subsuelo.

De los pozos a cielo abierto se toman muestras alteradas e inalteradas (según los procedimientos descritos en la sección 3.4), a los niveles donde se estime que se desplantarán las estructuras y bordos que constituyen el sistema, o en los niveles donde se requiera conocer los parámetros de resistencia al corte y/o compresibilidad.

Búsqueda por palabra

De ser necesario, se efectúan pruebas de permeabilidad tipo Lefranc y tipo Nasberg (referencia No 16).

3.7.7. Vialidades en plantas de tratamiento, potabilizadoras y de bombeo

3.7.7.1. Generalidades

Tomando como base el proyecto ejecutivo de planta del tratamiento, potabilizadora ó de bombeo, se diseña y proyecta la estructura que constituye los pavimentos de las vialidades dentro de la misma.

Para esto se verifican los alineamientos, niveles, pendientes y secciones que garanticen un adecuado drenaje interno y externo.

El espesor y calidad de la estructura del pavimento y de cada una de sus capas componentes se determina considerando las máximas cargas que hayan de ser soportadas, la frecuencia de cada tipo de carga y la capacidad de carga del terreno. Las tensiones producidas por la repetición de las cargas de tránsito, transmitidas a través de la estructura del pavimento, hasta el terreno, no deben exceder la capacidad de carga de la estructura, ni del terreno.

3.7.7.2. Fases del proyecto

Para determinar el espesor del pavimento y de cada capa que lo compone así como el tipo de superficie asfáltica adecuada, deben considerarse los siguientes puntos:

- Análisis de tránsito
- Estudio del terreno y de los materiales de base y sub-base
- Análisis y selección de¡ proyecto definitivo.
- Bancos de materiales

3.7.7.3. Método de diseño del pavimento

La resistencia del pavimento depende de las características mecánicas de los materiales y de la interacción de las capas que lo constituyen. Los criterios de diseño son del tipo convencional, por lo que se incluyen aspectos como: condiciones del medio ambiente, criterios de falla, factores de seguridad, especificaciones de los materiales, tolerancia y procedimientos de construcción.

El cálculo del espesor total de¡ pavimento y de las capas que lo componen, se hace de acuerdo al método de¡ valor relativo de soporte (VRS) y con el apoyo de las gráficas de diseño (referencia S).

3.7.7.4. Carpeta asfáltica

Las características importantes que deben satisfacer los materiales pétreos para la carpeta asfáltica son:

- Granulometría.
- Dureza.
- Forma de las partículas
- Adherencia con el asfalto.

Características que se encuentran acotadas y especificadas en las referencias 10 y 18. El contenido óptimo de asfalto, por el método analítico, se obtiene por medio de la "Compresión sin Confinar"; el tipo de carpeta asfáltica puede ser:

- Por riesgos en la consideración de la intensidad y frecuencia de las cargas
- Mezclas en el lugar
- Concretos asfálticos

El diseño y elección de la carpeta se realiza con base en las normas y especificaciones para construcción e instalaciones de pavimentos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (referencias Nos 10 y 15).

3.8. CAMINOS

Para la exploración de los caminos existentes, se realiza un reconocimiento geotécnico de los caminos, tomando como base la geología regional y la observación de cortes y deslaves, que proporcionan información geotécnica de su comportamiento. En los caminos existentes se toman calas volumétricas a cada 250 m. las pruebas que se realizan, son:

- Límites de consistencia.
- Granulometría.
- Porciento de finos.
- Compactación Proctor SARH. o Porter
- Peso volumétrico

De acuerdo a las secciones 3.4 y 3.5 y se efectúa la clasificación de campo correspondiente.

3.9. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

En cada sitio ó estructura donde se hayan realizado sondeos, se debe elaborar el estudio de Mecánica de Suelos, que muestre los resultados de la exploración de campo, ensayes de laboratorio y la estratigráfia correspondiente. Debe contener el análisis de los resultados de los ensayes de laboratorio para ser aplicados en el

Búsqueda por palabra

diseño de las cimentaciones y en los análisis de estabilidad de masas de suelo ó de roca,

La información geotécnica generada en sondeos someros o profundos, se presenta en perfiles estratigráficos individuales, donde se indique lo siguiente:

- Número y tipo de sondeo.
- Localización y cadenamiento.
- Número, tipo y profundidad de las muestras.
- Penetración estándar.
- Contenido natural de agua.
- Límites de consistencia.
- Granulometría y clasificación SUCS.
- Pesos volumétricos.
- Cohesión y ángulo de fricción interna.

También se deben presentar las siguientes gráficas:

- Diagramas de esfuerzos totales, neutrales y efectivos
- Curvas granulométricas
- Gráfica de plasticidad, donde se resuman los resultados de los ensayes de límites de consistencia
- Círculos de Mohr y gráfica esfuerzo-deformación de ensayes, para determinar la resistencia al esfuerzo cortante y modulo de elasticidad.
- Curvas de compresibilidad y de consolidación
- Curvas de expansibilidad
- Curvas de VRS
- Tablas donde aparezcan los resultados de los ensayes de laboratorio
- Planos donde se localicen los sondeos en planta, así como perfiles estratigráficos a lo largo de las líneas y estructuras, como tanques unidireccionales, torres de oscilación, cajas rompedoras de presión, plantas de bombeo, de tratamiento de aguas residuales ó potabilizadoras.

3.10. PROYECTO DE CAMINOS A L0 LARGO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN, DEL COLECTOR, INTERCEPTOR O EMISOR

3.10.1. Recopilación de información

Para la realización deL proyecto ejecutivo de caminos nuevos ó existentes para construcción de acueductos, se debe enfocar la atención en la pendiente del terreno, en taludes naturales y de cortes, terraplenes y en la posibilidad de utilizar los mismos

Búsqueda por palabra

materiales de excavación para la formación de terracerías, así como tomar en cuenta factores de seguridad, solidez, facilidad de conservación y economía.

Se debe recopilar la información necesaria en las etapas iniciales del proyecto:

- Trazo preliminar en planta
- Selección del trazo en planta

Con la información recabada y la topografía a detalle de la línea de conducción, del colector, interceptor ó emisor, se definen los datos de proyecto, la selección del trazo en planta y las secciones tipo del camino, en donde se indican los espesores de estructuración y los grados de compactación adecuados.

Los planos con los datos de proyecto y el dibujo de las secciones tipo que se deriven de este trabajo, pueden ser susceptibles de modificaciones, de acuerdo a los datos que se reciben de campo.

3.10.2. Reconocimiento geotécnico

Se deben realizar reconocimientos de campo del trazo seleccionado, con el objeto de identificar los elementos que ayuden a determinar el trazo definitivo, de acuerdo con los puntos obligados de paso, que se establecen por razones económicas, características topográficas, geológicas, geotécnicas, alineamientos, pendientes, clasificación de terrenos, cruces con ríos y arroyos, con carreteras, vías férreas, poblaciones y localización de obras de drenaje.

3.10.3. Topografía deducida

Con el trazo definitivo, resultado de las observaciones y modificaciones originadas por la información recabada del reconocimiento en campo, se deduce el perfil del terreno por el eje del camino y se obtienen cotas a cada 20m; donde la morfología del terreno lo requiera, se fijan estaciones para ubicar las obras de drenaje.

Se preparan secciones transversales del terreno natural, cada 20m con una longitud de 20m hacia ambos lados del eje. Si la topografía es movida (abrupta) la longitud de las secciones se aumentan y la distancia entre estaciones se debe reducir; si por el contrario la topografía que se presenta es sensiblemente plana, la distancia entre estaciones se debe aumentar.

3.10.4. Proyecto geométrico

El plano donde se dibuja la planta del camino, debe contener el trazo de la línea de conducción, se dibuja el trazo definitivo del eje del camino, a escala 1:2000. Se debe integrar en el mismo plano el perfil del terreno natural deducido, por el eje del camino, a escala vertical 1:200 y horizontal 1:2000.

Con base en la información que contiene este plano, que cubre tramos de 2km de camino, se procede a realizar el proyecto geométrico del alineamiento horizontal y vertical, siguiendo las normas, especificaciones y criterios establecidos en la referencia 5, se calculan cotas de subrasante, espesores en corte y terraplén cada 20 m y puntos intermedios que ayuden a definir el proyecto y la sección transversal del mismo.

3.10.5. Secciones de construcción

Con base en las secciones tipo, la estructuración de las mismas y los espesores de corte y terraplén obtenidos en el proyecto de subrasante, se obtiene una sección constructiva en cada estación y en todos aquellos puntos intermedios donde el terreno presente cambios notables, con objeto de calcular las áreas de las capas que la componen.

3.10.6. Dibujo de planos definitivos

El informe debe contener los siguientes planos:

- Planta general
- Planta y perfil, para cada tramo de camino, considerando:
- Alineación horizontal: con todos los datos de proyecto, cuadro de datos de poligonal de apoyo del trazo, cuadro de geometría de alineamiento, secciones tipo del tramo y escala.
- Alineación vertical: todos los datos de cadenamientos, elevaciones del terreno natural y subrasante, espesores de corte y terraplén, bancos de nivel, cuadros de cantidades de obra y escalas.
- Plano con la información geotécnica
- Plano de ubicación de bancos de préstamo y cuadro con clasificación de materiales, volúmenes aprovechables, distancias, espesor de despalme, calidad de los materiales y explotabilidad.
- Plano de obras de drenaje

3.10.7. Caminos existentes

Si el trazo del eje del colector, interceptor y emisor es paralelo al eje de un camino existente o de brechas, susceptibles de ser aprovechadas o utilizadas, se procede a obtener la información geotécnica, a fin de habilitar los tramos que no cumplan con las especificaciones de proyecto geométrico y en su caso se presentan las recomendaciones para su mejoramiento y la solución al drenaje de ellos.

3.10.8. Obras de drenaje (claros menores a 6 m)

Búsqueda por palabra

Son obras hidráulicas que sirven para conducir los escurrimientos pluviales, primordialmente de pequeños arroyos, cunetas y contracunetas, transversales al eje del camino o carretera. Generalmente se construyen de concreto o metálicas y las secciones rectas que se utilizan son circulares, rectangulares, en bóveda y ovaladas.

3.10.8.1. Adaptación de estructuras tipo

Si se justifica una obra, se procede al cálculo de la misma, adaptándose las soluciones estructurales tipo (referencias 8 y 14). Posteriormente se dibujan los proyectos con instructivos, que incluyan observaciones necesarias para su correcta ejecución.

3.10.9. Catálogo de conceptos y memoria descriptiva

Se debe elaborar el catálogo de conceptos que contenga el diseño del camino, indicando su clasificación, unidad y cantidad de obra.

4. GEOHIDROLOGÍA

INTRODUCCIÓN

Estos lineamientos técnicos tienen por objeto plantear los requisitos técnicos para el desarrollo de un Estudio Geohidrológico y es el fundamento técnico para la elaboración de las especificaciones para la contratación de dichos estudios.

Contienen la metodología para realizar un estudio geohidrológico, inicia con la recopilación de información técnica, incluyendo varias disciplinas, con énfasis en los aspectos geológicos, el censo de aprovechamientos hidráulicos superficiales y subterráneos en la zona, la medición de los niveles piezométricos en los pozos y el cálculo del volumen de extracción de agua subterránea. Se describe la metodología para realizar las pruebas de bombeo, para definir el comportamiento de los acuíferos. También se trata el tema de muestreo y análisis físico-químico del agua subterránea y los métodos de exploración geofísica, mediante sondeos eléctricos verticales.

Se considera que a partir del desarrollo de las actividades descritas en estos lineamientos, se puede integrar, analizar y evaluar la información, para definir el comportamiento del agua subterránea, las políticas para su extracción, y el impacto ambiental en el entorno.

Anexo a los lineamientos se incluyen tres apéndices el Apéndice A incluye los objetivos de un estudio geohidrológico, el Apéndice B contiene un catálogo de conceptos, por actividad, con unidades y el Apéndice C incluye el contenido de un informe geohidrológico elaborado a partir de las actividades que se indican en estos lineamientos.

Referente a los análisis físico-químicos de agua, indicados en estos lineamientos, se deben realizar conforme las Normas Oficiales Mexicanas vigentes (NOM), de la serie "A".

Considerando las condiciones climáticas y topográficas que imperan en el país, un alto porcentaje de sus habitantes satisfacen sus necesidades de agua, tanto para uso municipal, como para uso industrial y agrícola, mediante la explotación de los acuíferos.

Por lo anterior, es de vital importancia realizar estudios geohidrológicos, con el fin de conocer las condiciones de explotación en que se encuentran los acuíferos, determinar si es posible extraer volúmenes adicionales de agua, definir fuentes alternas de abastecimiento y establecer políticas de explotación convenientes, que permitan un aprovechamiento racional del recurso.

Búsqueda por palabra

4.1. DISPOSICIONES GENERALES

Estos lineamientos tratan del conjunto de actividades encaminadas a determinar el marco geohidrológico, la localización, distribución, calidad y disponibilidad del agua subterránea, en la modalidad de estudio preliminar o cuantitativo. Contiene los aspectos técnicos que deben incorporarse a las especificaciones.

4.2. REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de estos lineamientos se deben consultar los siguientes documentos:

1.-International Stratigraphic Guide, International Subcomission o Stratigraphic Classification of Comission on Stratigraphy, 1976.

2.-Descripción Cuantitativa de Discontinuidades, ISRM, (international Society for Rock Mechanics), 1974.

3.-Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.
Publicada en el Diario Oficial de la Federación el Día 28 de enero de 1988.

4.-Manual of Water Supply Practices
Groundwater
AWWA MANUAL M21, Second Edition, 1989

5.-Manual de Normas de Calidad para Agua Potable.
Secretaria de Asentamientos Humanos y Obras Publicas, 1980.

6.-Manual Técnico de Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento de Pozos en las Cuencas de México y del Alto Lerma.
Departamento del Distrito Federal, 1986.

7.-Normas Internacionales para el Agua Potable, Organización Mundial de la Salud, 1971.

8.-Reglamento Federal Sobre Obras de Provisión de Agua Potable. Secretaria de Salubridad y Asistencia, 1954.

9.-Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

a) Protección Geoeléctrica y Registros Geofísicos de Pozos (Libro V.3.2.1)
b) Exploración Geosísmica (Libro V.3.2.2)
c) Exploración Gravimétrica y Magnetométrica (Libro V.3.2.3)
d) Pruebas de Bombeo (Libro V.3.3.2)

Búsqueda por palabra

4.3. SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y DEFINICIONES

4.3.1. Símbolos

b	espesor de acuífero
cm	centímetro
k	permeabilidad o conductividad hidráulica
km	kilómetro
m	metro
mi	mililitro
mm	milímetro
pH	potencia¡ hidrógeno
S	coeficiente de almacenamiento
s	segundo
T	transmisividad
“	pulgada
%	porciento

4.3.2. Abreviaturas

CFE Comisión Federal de Electricidad

CNA Comisión Nacional de¡ Agua

INEG1 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática

N. D. Nivel Dinámico

N.E. Nivel Estático

R.A.S Relación de absorción de sodio

SARH Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

SEV Sondeo Eléctrico Vertical (plural SEV's)

S.T.D Solidos totales disueltos

MAPA Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

4.3.3. Definiciones

Acuífero: Estrato o unidad geológica que permite la circulación de agua por sus poros o grietas y que puede ser aprovechada por el hombre en cantidades apreciables económicamente para satisfacer sus necesidades.

Búsqueda por palabra

Coeficiente de Almacenamiento: Volumen de agua que puede ser liberado por un prisma vertical del acuífero de sección igual a la unidad y altura igual a la del acuífero saturado, si se produce un descenso unidad del nivel piezométrico o de carga hidráulica.

Nivel Dinámico: Es el nivel del agua en un pozo, cuando se está bombeando.

Nivel Estático: Es el nivel estabilizado del agua en un pozo que no está bombeando y está fuera del radio de influencia de cualquier pozo que esté bombeando.

Permeabilidad o Conductividad Hidráulica: Es la medida de aptitud de una roca o suelo para transmitir un fluido, tal como agua, bajo un gradiente hidráulico.

Porosidad: La porosidad de una roca o suelo es la propiedad que les confiere la presencia de intersticios. Puede expresarse como la relación entre el volumen intersticial y el volumen total; en consecuencia, el número que la define es una fracción decimal o un porcentaje.

Propiedades Geohidrológicas: Son las propiedades de las unidades geológicas que controlan el movimiento y almacenamiento del agua subterránea.

4.4. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Se debe recopilar la información climatológica, hidrológica, geológica, geofísica y topográfica, que sea de utilidad para el estudio geohidrológico a realizar. Para el efecto, se deben consultar las fuentes de información disponible. La información recopilada se debe ordenar, depurar y procesar para aplicarla al Estudio.

Se deben consultar los archivos de las estaciones climatológicas e hidrométricas de la SARH, CNA y CFE.

Se debe elaborar un resumen de la información recopilada, así como una relación bibliográfica, que se incluya en el informe final del estudio.

El resumen debe incluir una síntesis y descripción que contemple los siguientes aspectos:

a) La estratigrafía y geología rgional.
b) Unidades litoestratigráficas, desde el punto de vista hidrogeológico.
c) La geología estructural, sedimentología, tectónica, historia geológica y su relación en la ocurrencia del agua subterránea.
d) El plano geol6gico regional.
e) El plano de localización de aprovechamientos hidráulicos.
f) Una tabla con el resumen de las características principales de los pozos.
g) Establecer un modelo conceptual del funcionamiento del acuífero, como hipótesis para la elaboración del estudio.

Búsqueda por palabra

h) Los principales parámetros geohidrológicos, indicando los valores obtenidos y la confiabilidad de los resultados. Se debe preparar una tabla que contenga los siguientes datos: nombre del estudio, año, si cuenta con estudio climatológico y geoquímico, fecha de mediciones piezométricas, número de sondeos eléctricos verticales realizados, resultado de¡ balance y los siguientes parámetros geohidrológicos: T, S, k, b, N.E. y N.D.
i) Ubicación de los sondeos eléctricos verticales (SEV's) realizados con anterioridad en la zona y sus resultados.
j) Perfiles geológico-geofísicos de integración.
k) Secciones geológicas estructurales.
l) Geometría del acuífero.
m) Características hidráulicas de las rocas.

4.5. ESTUDIOS DE GEOLOGÍA

El estudio geológico se debe realizar mediante el análisis estereoscópico de fotografías aéreas verticales, escala 1:25,000 (o a la escala más próxima que exista en el mercado).

Si se tiene información geológica confiable sobre el área, el estudio se debe limitar a la verificación de la información de los levantamientos existentes.

Se debe indicar si se realiza la fotointerpretación o se limita a la verificación de la geología, de acuerdo a la cantidad y calidad de información que exista sobre la zona.

En cualquiera de los casos, la geología se debe vaciar en planos topográficos, escala 1:50,000, basados en las cartas editadas por el INEGI.

El estudio geológico debe cubrir los siguientes aspectos:

- Definir las unidades litológicas y estratigráficas, de acuerdo a la Referencia 1.
- Definir las estructuras geológicas (pliegues, fallas, discordancias, fracturas y estratificación).
- Precisar las características del drenaje de las unidades litológicas o formaciones.

4.5.1. Verificación del marco geológico superficial

Se deben efectuar recorridos de campo para cubrir uniformemente el área, a fin de verificar la información geológica, ya sea generada por medio de fotointerpretación o de cartografía existente, con énfasis en las características que influyen en la ocurrencia del agua en el subsuelo.

Se deben verificar en el campo las unidades litológicas identificadas y efectuar las correcciones u observaciones sobre las fotografías aéreas o cartografía existente y en registros de campo. Se deben comprobar los rasgos estructurales mayores que se interpretaron de las fotografías:

Búsqueda por palabra

- Fallamiento.
- Pleguamiento.
- Ejes principales.
- Estratificación.
- Discordancias.

Y levantar el mayor número de datos estructurales menores:

- Fracturas.
- Juntas.
- Diaclasas.
- Foliación.

Para describir las estructuras se debe incluir la siguiente información:

- Rumbo (azimut).
- Inclinación (echado).
- Relleno.
- Abertura.
- Espaciamiento.
- Continuidad.

El número de estructuras a levantar debe suficiente para que estadísticamente sean representativas de las formaciones y sean utilizadas en representaciones estructurales (Referencia No. 2) y el espaciamiento debe ser el adecuado para definir los cambios estructurales y litológicos.

Se debe medir el espesor de las unidades litoestratigráficas presentes en la zona y este espesor debe representarse en las secciones geológicas.

Concluido el mapa geológico, se deben elaborar secciones geológicas perpendiculares a la orientación de las estructuras regionales, apoyadas en los cortes litológicos de pozos profundos y en la exploración geofísica. La escala horizontal será de 1:50,000 y la vertical de 1:25,000 (las escalas propuestas en estos lineamientos pueden cambiar, de acuerdo a la extensión del área de estudio).

4.6. CENSO DE APROVECHAMIENTOS HIDRÁULICOS

Se deben realizar los recorridos de campo que sean necesarios para localizar los aprovechamientos de agua subterránea: manantiales, pozos, norias, galerías y tajos, ubicándolos en un mosaico fotográfico a escala conveniente o en un plano

Búsqueda por palabra

seleccionado previamente para tal efecto. Asimismo, se deben recabar datos respecto a las características constructivas y de operación de los aprovechamientos:

- Profundidad del pozo.
- Diámetro de perforación.
- Diámetro del ademe.
- Diámetro de la columna de succión.
- Diámetro de la descarga.
- Longitud y ubicación del cedazo.
- Régimen de operación.
- Tipo de motor.
- Tipo de bomba.
- Caudal de operación.
- Nivel estático.
- Nivel dinámico.
- Fecha de puesta en servicio.
- Rehabilitaciones.
- Gastos.
- Dimensiones y profundidades.
- Usos.

El censo debe describir todos los aprovechamientos e incluir los afloramientos de agua subterránea (manantiales), independientemente de que se aprovechen o no, extendiéndose a los recursos de agua superficial.

Todos los aprovechamientos censados se deben identificar en el campo con un número, marcado claramente en un lugar visible.

En el caso de que exista un censo, los recorridos de campo deben enfocarse a realizar la verificación y actualización del mismo.

4.7. OBSERVACIONES PIEZOMÉTRICAS

Una vez concluido el censo, o conforme este se realice, se deben seleccionar los pozos que, por su ubicación y características constructivas, sean adecuados para la observación periódica de los niveles piezométricos del (los) acuífero(s).

Como parte del programa de trabajo, los recorridos de observación de niveles deben incluir uno al final de la época de estiaje y otro al final de la época de lluvias.

Los resultados obtenidos se deben consignar en tablas. Cuando existan datos históricos de niveles en los pozos, se debe elaborar una base de datos y trazar los hidrogramas respectivos.

Búsqueda por palabra

4.8. CÁLCULO DE VOLÚMENES DE EXTRACCIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA

Con base en el censo de pozos se deben seleccionar los aprovechamientos que, por las características de su equipo de bombeo y/o su régimen de operación (pozos equipados con bomba de 10 cm (4") o más de diámetro) tengan una influencia significativa en el volumen total de extracción. Se debe elegir la forma más conveniente de estimar su volumen de extracción, según el uso al que se destinen los pozos seleccionados.

En el caso de que los pozos cuenten con medidor en la descarga del equipo de bombeo, se deben recopilar las lecturas periódicas que toma el responsable de operar los pozos. Si se juzga necesario, se deben efectuar lecturas intermedias.
Cuando se trate de pozos de uso agrícola, la estimación se debe basar en caudales y tiempos de bombeo y/o en superficies y láminas de riego; estos datos deben tender a la comprobación mutua. Si ambos resultados discrepan notablemente, se debe adoptar aquel que se apoye en datos más completos y confiables.

Para el conocimiento del tiempo de operación de los pozos, se deben realizar recorridos periódicos, para recabar la información necesaria proporcionada por los operadores o propietarios de los mismos. En el caso de equipos con motor eléctrico, el tiempo de operación se puede inferir de los registros de consumo de energía eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad.

El volumen de extracción de los aprovechamientos cuyo caudal de explotación sea poco significativo (pozos no equipados o equipados con bombas de diámetros menores a 10 cm. (4")) se puede estimar globalmente.

4.9. TRABAJOS DE NIVELACIÓN

Se deben nivelar los pozos de observación que no cuenten con la nivelación de sus brocales.

La realización de esta actividad se debe apoyar en los bancos de nivel que el INEGI tenga instalados en la zona de estudio o en sus proximidades.

Los trabajos de nivelación se deben realizar de acuerdo al capítulo 1 (Topografía). En los pozos de observación nivelados, se debe marcar claramente el punto acotado, a fin de que se pueda utilizar como referencia en las observaciones piezométricas.

Las libretas de campo con la memoria de la nivelación se deben entregar para cualquier aclaración o verificación posterior.

4.10. PRUEBAS DE BOMBEO

Durante la realización del censo de aprovechamientos se debe tomar nota de aquellos pozos que presenten condiciones favorables para la ejecución de pruebas

Búsqueda por palabra

de bombeo; se seleccionan alumbramientos para realizar pruebas donde se cuente con pozos de observación (Referencia 4).

La selección de pozos para llevar a cabo las pruebas de bombeo se basa en la configuración piezométrica y se da preferencia a captaciones ubicadas en secciones donde sea importante cuantificar el caudal del flujo subterráneo.

Antes de iniciar la prueba de bombeo, se debe revisar el equipo a utilizar (cronómetro, sonda, cinta métrica y escuadra para aforo),

Previo al inicio del bombeo, se debe medir la profundidad del N. E. en el pozo de bombeo y en el (los) de observación. Se debe anotar la hora de inicio de la prueba y las lecturas iniciales, con el nombre de los pozos que correspondan.

Se debe realizar el bombeo procurando mantener un caudal constante y se procede a medir la profundidad del nivel del agua en el pozo de bombeo y en él (los) de observación, con la secuencia de tiempos que se indican a continuación:

Lectura	Tiempo a Partir del Inicio del Bombeo,
1	Antes de iniciar el bombeo
2	15 segundos
3	30 segundos
4	1 minuto
5	2 minutos
6	4 minutos
7	8 minutos
8	15 minutos
9	30 minutos
10	1 hora

Las lecturas posteriores se deben tomar a intervalos de una hora, hasta completar la totalidad de la prueba. Durante la prueba, a periodos seleccionados, se deben hacer las observaciones o lecturas necesarias para cuantificar el caudal de bombeo.

Una vez concluida la etapa de bombeo, se debe iniciar la recuperación, cuyas observaciones se deben efectuar en los tiempos indicados en la etapa anterior.

La duración de la prueba de bombeo queda sujeta a las condiciones hidrodinámicas del acuífero. La prueba se puede suspender cuando se observe una estabilización del nivel del agua por un tiempo mínimo de 3 horas, en el caso de una prueba de corta duración. Si se dispone de pozo(s) de observación, se deben realizar pruebas de larga duración (72 horas o más, en cada una de las etapas).

Con las lecturas obtenidas, se debe dibujar, en el sitio, la gráfica de abatimiento vs., tiempo, a fin de juzgar el correcto desarrollo de la prueba.

Los tiempos indicados previamente son una guía de la frecuencia con que se deben realizar las observaciones, si por cualquier causa no se puede obtener la lectura del nivel del agua en los tiempos señalados, se debe tomar la medida e indicar el tiempo al que corresponda.

En el Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Pruebas de Bombeo (Libro V.3.3.2), se explica detalladamente el procedimiento tanto de la realización de la prueba como de su interpretación (MAPA. Referencia 9 d).

4.11. MUESTREO Y ANÁLISIS

4.11.1. Parámetros Físico-Químicos.

A partir de la información obtenida durante el censo y con la localización de pozos, se deben seleccionar las captaciones en las que se tomen las muestras de agua subterránea. Si se considera de utilidad para el estudio hidrogeoquímico, también se puede muestrear el agua superficial en presas, ríos, canales y drenes (Referencia S).

Los análisis físico-químicos de agua, se deben realizar de acuerdo a lo establecido en las NORMAS OFICIALES MEXICANAS vigentes (NOM), de la serie "A".

Las muestras se deben conservar en recipientes de doble tapa, previamente lavados y enjuagados con agua de la misma fuente por muestrear; el volumen mínimo de muestra requerido para el análisis químico completo es de dos litros, el recipiente debe quedar totalmente lleno y herméticamente cerrado, rodeando el tapón con algún elemento sellante, como cera, cinta de teflón u otra semejante.

La muestra se debe tomar después de un tiempo mínimo de operación de una hora, tiempo necesario para que la muestra sea realmente representativa del agua que fluye por el acuífero, En el momento de obtener la muestra se debe medir:

- Temperatura.
- Conductividad eléctrica.
- Oxígeno libre.
- pH (con potenciómetro).

y anotar estos datos en el recipiente, junto con la fecha y la información necesaria para su identificación.

El análisis fisicoquímico debe incluir las siguientes determinaciones (Referencia 7):

Análisis Físico:

- Olor.
- Turbiedad.

Búsqueda por palabra

- Color real.
- Color aparente.
- Análisis Químico:
- Sólidos totales.
- Alcalinidad.
- Dureza total.
- Dureza de calcio.
- Dureza de magnesio.
- Acidez
- Sodio.
- Potasio.
- Calcio.
- Magnesio.
- Hidróxidos.
- Demanda biológica de oxígeno DB0)
- Demanda química de oxígeno DQO).
- Cloruros.
- Sulfatos.
- Carbonatos.
- Bicarbonatos.
- Nitratos.
- Nitrógeno amoniacal.
- Nitrógeno de nitratos.
- Nitrógeno de nitratos.
- Nitrógeno orgánico.

4.11.2. Análisis de Parámetros Especiales

De las muestras de agua subterránea recolectadas en el área de estudio, se debe seleccionar el 15% para realizar análisis químicos de los siguientes parámetros especiales:

- Cromo.
- Zinc.
- Cobre.
- Plomo.
- Sílice.
- Flúor.
- Manganeso.
- Boro.
- Cadmio.
- Mercurio.
- Arsénico.
- Hierro.
- Detergentes.

Búsqueda por palabra

En el caso que en las muestras analizadas se detecte la presencia de estos elementos (Referencia 6), será necesario programar más análisis químicos al respecto,

4.11.3. Análisis Isotópicos

El deuterio, tritio, oxígeno 18 y carbono 14 son los isótopos que se usan en estudios geohidrológicos para determinar el tiempo y altura de la descarga, para estimar el tiempo de permanencia del agua en el acuífero y para sugerir el modelo conceptual de funcionamiento del acuífero,

Las muestras se deben tomar, de preferencia, en pozos que se conozca su diseño de terminación, con el fin de tener la certeza de que el agua pertenece al acuífero en estudio.

4.11.4. Análisis bacteriológicos

Se requiere un frasco esterilizado de 125 m1 de capacidad, de boca ancha, puede ser de vidrio o plástico resistente al calor, Se le debe añadir 0.1 mi de solución de tiosulfato de sodio al 10%, con el fin de contrarrestar la acción del cloro que pueda contener el agua y realizar el análisis antes de 6 horas (Referencia S).

4.12. SONDEOS ELÉCTRICOS VERTICALES

Se debe realizar un estudio de geofísica por medio de Sondeos Eléctricos Verticales (SEV's) (MAPA. Referencia 9 a), La localización se propone una vez que se realice la recopilación y análisis de la información existente.

Los sondeos se deben realizar utilizando el arreglo de cuatro electrodos de Schiumberger. El empleo de cualquier otro arreglo es factible, únicamente, cuando por razones específicas se requiera su utilización.

Para realizar el conjunto de operaciones de medición que constituyen un sondeo eléctrico vertical, es necesario contar con equipo adecuado. Este equipo debe tener las especificaciones técnicas en sus componentes, como su circuito de emisión o transmisor, que sea capaz de introducir y hacer circular por el terreno una corriente eléctrica de intensidad constante, hasta de 10 ampares, con una diferencia de potencial de salida entre 100 y 1200 volts y con capacidad de lectura hasta de un miliamper. El equipo debe ser previamente calibrado en el laboratorio.

En el circuito de recepción o de potencia¡ se debe emplear un instrumento de gran impedancia de entrada, mínimo de un megaohm, capaz de medir tensiones comprendidas desde fracciones de milivolt, hasta 10 o más volts.

Para el proceso de ejecución de un SEV, el equipo debe estar provisto del cable suficiente para cubrir distancias con AB final de hasta 2000 m; y contar con todos los accesorios y herramientas complementarias.

Las mediciones deben hacerse a las aberturas interelectródicas (AB/2) siguientes:

1-2-3-4-6-8-10-12-16-20-25-30-40-50-60-70-80-100-120-140-160-180-200-250-300-350-400-500-600-800 y 1000 metros.

Es necesario que conforme progresa la medición, se dibuje la curva de campo del sondeo, de modo que pueda advertirse la existencia de errores y/o perturbaciones y hacer las correcciones pertinentes.

Se deben realizar sondeos de calibración donde exista información litológica de pozos perforados, así como en sitios donde se hayan realizado SEV's, con el fin de comparar los valores de las resistividades de la exploración geofísica, con respecto a la previa y la correlación de las unidades de roca del subsuelo.

La ubicación de los sondeos eléctricos verticales debe fijarse con base en la información geofísica y geológica recopilada y analizada.

Existen otros métodos geofísicos, como el sísmico, el gravimétrico y el magnetométrico, de menor uso en la geohidrología, pero que son muy útiles para la solución de ciertos problemas. En el mapa. referencia 9 a, b y c se describen estos métodos de una forma detallada.

4.13. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE LA INFORMACIÓN

4.13.1. Plano Base.

Con la cartografía existente del área estudiada se forma el plano base a escala 1:50,000, en el que deben señalarse vías de comunicación, elementos topográficos importantes, ríos, y arroyos principales, así como todas aquellas referencias que se consideren de utilidad.

4.13.2. Información Climatológica.

Con base en la recopilación de información, se debe elaborar un resumen de los resultados relevantes del análisis climatológico efectuado. Se deben incluir los registros de datos climatológicos de cuando menos los últimos diez años.

Estos datos se deben ilustrar mediante planos de isoyetas e isotermas, y gráficas de precipitación, temperatura y evaporación potencial de las estaciones que se encuentran en el área de estudio.

Búsqueda por palabra

4.13.3. Censo de Aprovechamientos de Agua Subterránea.

El mapa de localización de aprovechamientos de agua subterránea debe contener todos los aprovechamientos de agua, tanto superficial como subterránea, utilizando diferente simbología, para diferenciar los tipos de aprovechamientos y asignarles una numeración progresiva.

En el caso que se haya realizado solamente la actualización del censo, el mapa se basa en la información existente, con las adiciones o modificaciones generadas durante la realización de los trabajos de campo.

En caso de reportar la existencia de pozos recientemente perforados, se deben consignar sus principales características constructivas, régimen de operación y características del equipo, (Sección 4.7) y se les asigna una numeración progresiva de acuerdo al censo anterior.

4.13.4. Recursos Hidráulicos Superficiales.

Se debe describir la red hidrográfica del área estudiada y consignar la información hidrométrica disponible de los últimos 10 años, se deben incluir datos de las estaciones hidrométricas existentes, con sus respectivos tiempos de operación, escurrimiento medio anual, máximo y mínimo.

Por lo que toca a los aprovechamientos de agua superficial, se deben consignar las obras de almacenamiento, conducción y distribución, describir las presas, canales y drenes y mencionar los volúmenes de agua utilizados y su distribución por usos. Se deben asentar las fechas de construcción y de inicio de operación.

En el caso de zonas irrigadas con agua superficial, se debe prestar especial atención a la información que permita inferir los volúmenes infiltrados a lo largo de cauces y canales, a los retornos de riego y a los volúmenes descargados por los drenes.

En un mapa se debe mostrar la red hidrográfica, las principales obras de aprovechamiento de agua superficial y las áreas beneficiadas.

4.13.5. Geología

Con base en la fotointerpretación geológica y/o los levantamientos existentes, se debe preparar el mapa geológico y el hidrogeológico, escala 1:50,000. El mapa hidrogeológico debe mostrar las principales unidades hidrogeológicas que afloran en el área estudiada, diferenciadas mediante símbolos y/o colores. En el mismo mapa se debe incluir una descripción de la litología de cada formación que comprende lo siguiente:

- Textura.
- Estructura.

- Porosidad.
- Grado de compactación o cementación.
- Fracturamiento.
- Disolución.
- Petrogénesis.
- Comportamiento hidrogeológico respecto a fronteras, acuíferos, formación confinante o semiconfinante.

En el mapa geológico se debe representar la columna estratigráfica del área y efectuar la descripción de las unidades litoestratigráficas que afloran, indicando sus limites geomorfológicos y estructurales (Referencia l), también aquellas características que resulten de interés geohidrológico.

Las fallas, pliegues, ejes y estructuras se deben ilustrar mediante símbolos, de acuerdo como lo establece la ISRM (Referencia 2); asimismo, se debe destacar la red hidrográfica. En el texto del informe se deben incluir los aspectos geológicos siguientes:

- Geología histórica.
- Hidrogeomorfología.
- Estratigrafía.
- Sedimentología.
- Drenaje superficial.
- Hidrogeología.
- Tectónica.
- Sismicidad.

Se deben preparar secciones geológicas estructurales, apoyadas en cortes litológicos de pozos y/o en sondeos geofísicos,

Lo anterior tiene por objeto definir el marco geológico donde se mueve el agua subterránea y proponer el modelo conceptual de funcionamiento del acuífero.

4.13.6. Interpretación de Sondeos Eléctricos Verticales.

Como parte del procesamiento de los datos geofísicos, se debe presentar la siguiente información:

a) Plano de localización a escala 1:50,000, con la ubicación precisa de cada sondeo y perfil geofísico.
b) Un expediente que contenga las hojas originales de las mediciones de campo, con sus respectivas curvas logarítmicas de resistividades aparentes.
c) Curvas logarítmicas de campo suavizadas, para su interpretación manual, mediante el empleo de las curvas maestras y sus gráficos auxiliares.

Búsqueda por palabra

d) Cálculo de espesores y resistividades obtenidas mediante el empleo de programas de computadora. En cada sondeo se debe presentar la gráfica con la curva logarítmica de campo y la ajustada mediante élproceso computarizado. El procesamiento electrónico de las curvas de campo se debe realizar a razón de 6 ó 12 puntos de muestreo por ciclo logarítmico.
e) Se deben incluir tablas con información de los sondeos ejecutados, como la profundidad teórica de penetración alcanzada, según el espaciamiento en la abertura de los electrodos de corriente (AB/2), así como las respectivas resistividades aparentes obtenidas.
f) Mostrar resultados gráficos de los sondeos eléctricos verticales a través de:
   - Perfiles de resísitividades aparentes.
   - Secciones de isorresistividades aparentes.
   - Configuraciones de resistividades aparentes, con diferentes intervalos de aberturas electródicas.
   - Perfiles geoeléctricos con espesores y resistividades reales calculadas.
   - Secciones geológicas integradas de cada perfil geofísico realizado.
   - Configuraciones diagramáticas del basamento, cima o estructuras geológicas específicas, comprendidas dentro de la zona de estudio.
g) Incluir un análisis amplio y detallado que indique las características principales de los perfiles geofísicos y de los sondeos realizados, mediante una interpretación descriptiva de los resultados obtenidos en cada perfil.
h) Con base en los resultados geofísicos obtenidos y a la información geológica, hidrogeológica e hidrogeoquímica de la zona, se debe efectuar una integración y correlación de resultados, con el objeto de presentar las conclusiones y recomendaciones del trabajo efectuado.
i) Reinterpretar la información geofísica previa. Independientemente de las actividades generadas por la ejecución del presente estudio, se debe recopilar, analizar, reinterpretar, describir, integrar y correlacionar los resultados obtenidos por estudios geofísicos que se hayan realizado en la zona de estudio.

Estos sondeos deben quedar debidamente señalados en el plano donde se muestran los sondeos nuevos.

4.13.7. Calidad del Agua Subterránea

4.13.7.1. Hidrogeoquímica

Los resultados de los análisis químicos se deben ordenar, procesar e interpretar. El ordenamiento incluye la elaboración de una tabla que incluya el resumen de resultados. El procesamiento consiste en la elaboración de mapas con las configuraciones de curvas de isovalores, tales como:

- Contenidos iónicos.
- Relaciones iónicas.
- S. T. D.

- R. A. S.

y gráficas y diagramas (Schaeller y Piper). El análisis y la interpretación de este material gráfico, tiene por objeto inferir la probable influencia de las formaciones geológicas en la calidad del agua, zonas de recarga potencial, direcciones predominantes del flujo subterráneo y variación de la calidad del agua, con la profundidad y con respecto al tiempo.

En zonas con agua superficial, se debe estudiar la interrelación agua superficial-agua subterránea, mediante la comparación de sus características químicas.
En caso de que el agua subterránea contenga iones ó elementos inconvenientes (Referencia 8), como:

- Nitratos.
- Sulfatos.
- Metales pesados (Pb, Cr, Cd, Hg, Fe).
- Flúor
- Boro
- Arsénico
-

Además, se deben comentar los problemas que estos elementos pueden ocasionar en usos municipales.

4.13.7.2. Bacteriología

Se debe evaluar el grado de contaminación de¡ acuífero por efecto de la infiltración de las aguas negras, el riesgo que implica en el uso urbano (Referencia 6) y determinar el tipo y cantidad de contaminantes orgánicos como:

- Coliformes fecales.
- E. coli
- Coliformes totales.
- Estreptococs fecales.
- CI. perfringens.
-

4.13.8. Piezometría

Para el procesamiento e interpretación de los datos piezométricos se debe utilizar un plano donde se indiquen los límites del acuífero estudiado.

Se debe presentar una relación con los números de pozos nivelados y sus respectivas elevaciones de brocal, e indicar en un mapa, a escala 1:50,000, la ubicación de estos pozos y la de aquellos que se utilicen para medir periódicamente los niveles piezométricos del acuífero.

En el texto se debe mencionar la información piezométrica disponible:

Búsqueda por palabra

- Tiempo cubierto por las observaciones.
- Número y frecuencia de las observaciones.
- Número de pozos observados.

Cuando se disponga de lecturas piezométricas en varias fechas, se deben graficar los hidrogramas de los pozos.

4.13.8.1. Red de Flujo Subterráneo

Se debe presentar un mapa con la configuración de los niveles estáticos, correspondientes a una fecha seleccionada y con base en él, incluir una descripción de la red de flujo subterráneo, mencionando:

- Direcciones predominantes del flujo.
- Zonas de recarga y descarga.
- Gradientes hidráulicos.
- Comportamiento probable de las fronteras.
- Influencia de ríos, lagunas y canales.

4.13.8.2. Evolución Piezométrica

Según el tiempo cubierto por la medición de niveles piezométricos efectuados con anterioridad, se deben seleccionar intervalos de tiempo para elaborar mapas con curvas de igual evolución del nivel estático, de un período amplio y de un año. Para el trazo e interpretación de estas curvas, se deben tomar en cuenta todos los factores que influyen en la evolución, tales como distribución y magnitud del bombeo, características hidráulicas del acuífero, zonas de recarga, descarga y fronteras.

4.13.8.3. Profundidad del Nivel Estático

Se debe ilustrar la profundidad al nivel estático de acuífero, mediante un mapa de curvas de igual profundidad, e indicar intervalos de profundidades, distribución espacial en el área, influencia de la topografía y zonas probables de descarga por evapotranspiración.

4.14. PRUEBAS DE BOMBEO

Se debe indicar el número de pruebas de bombeo realizadas, ya sea del presente estudio o anteriores, duración media, número de etapas y disponibilidad de pozos de observación.

4.14.1. Métodos de interpretación

Los métodos de interpretación que se utilicen en cada una de las pruebas dependen de las condiciones geológicas en el entorno del pozo, las características

Búsqueda por palabra

constructivas del mismo y del conocimiento conceptual del comportamiento hidrológico del área. Se debe señalar el método utilizado, justificando su aplicación.

Los resultados de la interpretación de las pruebas se deben resumir en una tabla que contenga:

- Número de los pozos de bombeo y observación utilizados.
- Duración de la prueba.
- Caudal, caudal específico.
- Transmisividad.
- Coeficiente de almacenamiento y método de interpretación.

Se deben anexar gráficas, mostrando los datos observados y el ajuste hecho para su interpretación.

4.14.2. Distribución de la Transmisividad

En un mapa se debe indicar la localización de los pozos utilizados para realizar las pruebas, anotando los valores respectivos de la transmisividad. Si la distribución de los valores muestran alguna tendencia, se deben trazar curvas de iso-transmisividad, tomando en cuenta la geología del área estudiada.

En el mismo mapa se debe presentar la distribución de los caudales específicos, a fin de compararlos con la transmisividad.

4.15. BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Se debe realizar un balance de aguas subterráneas de la zona, indicando claramente las consideraciones hechas para plantear su ecuación, así como el término o términos que se pretenden deducir de la misma.

Se debe ilustrar en un mapa el área de balance y las secciones utilizadas para calcular alimentaciones o descargas subterráneas; asimismo, especificar el intervalo o intervalos de tiempo considerados en el planteo del balance. Los cálculos efectuados para evaluar cada uno de los términos de la ecuación, se deben presentar en forma condensada.

4.15.1. Análisis de los resultados del balance

Con base en los resultados del balance, se debe calcular la recarga total de los acuíferos y analizar si se considera representativa de una condición media anual, o si por el contrario, es probable que esté sobrestimada o subestimada, según haya sido la precipitación pluvial ocurrida en el lapso considerado en el balance.

Búsqueda por palabra

De acuerdo con la calidad de la información y de la historia piezométrica e hidrométrica disponible, se debe indicar la confiabilidad de los resultados del balance.

En los acuíferos se debe calcular el volumen saturado, la cantidad de agua almacenada y su relación con los volúmenes de precipitación, con el fin de evaluar la cantidad de agua disponible.

4.15.2. Evaluación del Impacto Ambiental

Se debe evaluar el impacto ambiental causado por la realización de obras o actividades que tengan por objeto el aprovechamiento del recurso (como puede ser la sobre-explotaci6n del acuífero y conflictos en el uso del agua) y describir los posibles efectos de dichas obras o actividades en el ecosistema, considerando el conjunto de elementos que lo conforman y no únicamente el recurso aprovechado (Referencia 3).

4.15.3. Recomendaciones para Explotación Futura

Se deben plantear recomendaciones generales para la explotación futura de los acuíferos, señalando en forma cualitativa (o cuantitativa), los efectos probables que se inducirán con las recomendaciones propuestas, tomando en cuenta la relación recarga-descarga y las características particulares de la zona estudiada. Se deben incluir los siguientes puntos:

- Mecanismos de recarga-descarga.
- Litología y geometría del acuífero.
- Profundidad y evolución de los niveles estáticos.
- Distribución de la calidad del agua.
- Distribución de las captaciones existentes,
- Distribución de las captaciones propuestas.
- Riesgos potenciales de contaminación.
- Impacto ambiental.

4.16. INFORMES DE TRABAJO

4.16.1. Informes Parciales

Se deben presentar informes parciales por escrito y grabados en discos flexibles para microcomputadora compatible al sistema I.B.M.-P.C., al término de las siguientes etapas:

a) Recopilación y Análisis de Información Existente.

Se debe entregar un informe que incluya lo especificado en el concepto 4.5.

b) Actividades de Campo.

Búsqueda por palabra

Se debe entregar un informe de los resultados obtenidos al finalizar los trabajos de campo, que incluya las curvas de campo y bitácora de actividades realizadas.

c) Procesamiento e Integración de Resultados.

Al término del procesamiento e integración de resultados se debe entregar el proyecto del informe final, en el que se incluyan las actividades realizadas, la metodología, técnicas y razonamientos empleados para la realización de los trabajos, así como las características del equipo utilizado. Este informe se debe ilustrar con figuras, gráficas, mapas y tablas, de acuerdo al contenido que se indica en el Apéndice C.

4.16.2. Informe Final

Una vez aprobado el Proyecto de Informe Final, se debe imprimir y encuadernar, para hacer la entrega del Informe Final, de acuerdo a lo expresado en el punto c del inciso anterior y al Apéndice C.

APÉNDICE A

OBJETIVOS DE UN ESTUDIO GEOHIDROLÓGICO.

La realización de un estudio geohidrológico tiene los objetivos siguientes:

Determinar las estructuras geológicas principales que controlan el almacenamiento y flujo del agua subterránea, así como las zonas de recarga y descarga desde el punto de vista regional.

Conocer la superficie piezométrica del acuífero.

Determinar la recarga y descarga del acuífero.

Definir las condiciones de explotación en que se encuentra dicho acuífero.

Definir el volumen aprovechable de agua subterránea, sin inducir efectos perjudiciales al acuífero.

Recomendar áreas favorables para la explotación de agua subterránea.

Determinar la calidad del agua subterránea tanto físico-química como bacteriológica y su relación con la geología de la zona.

Evaluar riesgos potenciales de contaminación del acuífero e impacto ambiental

Búsqueda por palabra

APÉNDICE B
CONTENIDO DEL INFORME DE ESTUDIOS GEOHIDROLÓGICOS

RESUMEN EJECUTIVO

1 GENERALIDADES
1.1 Antecedentes.
1.2 Objetivos.
1.3 Localización y descripción del área de estudio.

2 MÉTODO DE TRABAJO.
2.1 Actividades de campo.
2.2 Actividades de gabinete.

3 CLIMATOLOGÍA.

4 GEOLOGÍA
4.1 Marco Geológico regional.
4.2 Estratigrafía y Tectónica.
4.3 Hidrogeomorfología.
Hidrogeología.
Modelo hidrogeológico conceptual.

5 GEOFÍSICA.
5.1 Fundamentos físicos.
5.2 Interpretación.
5.3 Características y descripción de perfiles geofísicos.
5.4 Reinterpretación, integración y correlación de estudios geofísicos previos.

6 HIDROLOGÍA SUPERFICIAL.

7 HIDROLOGÍA SUBTERRÁNEA.
7.1 Censo de aprovechamientos.
Piezometría.
Pruebas de bombeo.

8 HIDROGEOQUÍMICA.
9 BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.
10 RECOMENDACIONES PARA EXPLOTACIÓN FUTURA.
11 IMPACTO AMBIENTAL
12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

PLANOS, GRÁFICAS, TABLAS, FIGURAS.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Búsqueda por palabra

5. AGUA POTABLE

INTRODUCCIÓN

El presente capitulo pretende exponer en forma clara y sencilla los lineamientos para elaborar los proyectos hidráulicos de los sistemas de abastecimiento de agua potable. Los lineamientos que aquí se presentan, son el resultado de la recopilación de publicaciones técnicas elaboradas y aplicadas en el país, por las distintas dependencias relacionadas con la normatividad del sector. Este capítulo está vinculado estrechamente con los relativos a Datos Básicos, Topografía, Geotecnia, Estructuras y Electromecánica.

El objetivo de un sistema de abastecimiento es proporcionar un servicio eficiente, considerando calidad, cantidad y continuidad.

En la elaboración de un proyecto se deben plantear varias alternativas, definiendo para cada una de ellas, las obras que lo integran, realizando un análisis y selección de la más conveniente, en función de los aspectos de eficiencia, constructivos y económicos.

El diseño hidráulico de un sistema debe realizarse para la condición de proyecto, tomando en cuenta su período de diseño que se define en el capítulo 1. Datos Básicos.

En el dimensionamiento se debe analizar la conveniencia de programar las obras por etapas existiendo congruencia entre sus diferentes elementos.

En una planta potabilizadora y en una de bombeo (cuando se requieran), los equipos deben obedecer a un diseño modular, que permita su construcción por etapas y puedan operar en las mejores condiciones de flexibilidad, de acuerdo con los gastos determinados a través del período de diseño establecido para el proyecto.

En el diseño de un sistema de agua potable se debe conocer la infraestructura existente en la localidad y asegurar que en los cruces con la red de alcantarillado sanitario, la tubería de agua potable siempre se localice por arriba.

5.1. OBRAS DE CAPTACIÓN

La fuente de abastecimiento debe de proporcionar el gasto máximo diario requerido para las necesidades futuras, tomando en cuenta los períodos de diseño indicados en la sección 1.1.2, o en su defecto debe de satisfacer las necesidades actuales, mientras se contempla la posibilidad de reforzar a la zona mediante otras fuentes.

Las fuentes de abastecimiento comprenden aguas superficiales y subterráneas, siendo necesario para ambos casos, la elaboración de un diagnóstico de la calidad del agua a utilizarse. Dichas aguas deben satisfacer las normas de calidad vigentes.

Búsqueda por palabra

Para diseñar un buen sistema de abastecimiento de agua se deben establecer las necesidades inmediatas y futuras de la localidad, siendo necesario prever que la fuente de abastecimiento proporcione el gasto máximo diario para cada etapa, sin que haya peligro de reducción por sequía u otra causa.

Esto implica la determinación de las características generales y sanitarias de la localidad por servir, las condiciones climatológicas, la obtención de información necesaria para la planificación de acuerdo con los planes de desarrollo urbano. Lo anterior es sólo una parte de lo correspondiente al capítulo 1. Datos Básicos, donde se detalla éste y otro tipo de información,

Al mismo tiempo, debe efectuarse un levantamiento topográfico del sitio de la captación. El capítulo 2. Topografía, hace referencia a toda la información requerida al respecto.

Deben efectuarse análisis de laboratorio físicos, químicos y bacteriológicos para elegir en su caso el proceso de potabilización adecuado, o bien la localización de una nueva fuente de abastecimiento.

El proyecto ejecutivo de las obras de captación de aguas superficiales o subterráneas debe cumplir básicamente con los lineamientos que a continuación se detallan.

5.1.1. Definiciones

Captaciones. Son las obras civiles y electromecánicas que permiten disponer del agua superficial o subterránea de la fuente de abastecimiento

Aguas superficiales. Se consideran aguas superficiales aquellas que se captan de canales, ríos y embalses.

Aguas subterráneas. Se consideran aguas subterráneas aquellas que se captan de pozos, manantiales y galerías filtrantes.

5.1.2. Captación de aguas superficiales

En el proyecto y construcción de obras de captación en corrientes superficiales es indispensable utilizar materiales resistentes al intemperismo y principalmente a la acción del agua.

La corriente debe ser de escurrimiento perenne para justificar la utilización de las obras de captación que se indiquen en esta unidad, como son las tomas directas y las torres de tomas.

Búsqueda por palabra

Los elementos principales que deben integrar una obra de captación de¡ tipo indicado, son los siguientes:

- Dispositivos de toma (orificios, tubos)
- Dispositivos de control de excedencias (vertedores)
- Dispositivos de limpia (rejillas, cámaras de decantación)
- Dispositivos de control (compuertas, válvulas de seccionamiento)
- Dispositivos de aforo (tubo Pitot, diferencia¡ de presión con transmisión, Parshall, vertedores)

5.1.2.1. Captación directa

La obra de captación en corrientes superficiales varía en su diseño de simples tubos sumergidos para pequeños abastecimientos correspondientes a las comunidades rurales, a grandes torres de toma usadas para localidades urbanas medianas y grandes.

Respecto a su localización, se deberán tomar en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Es conveniente que la obra de toma quede situada aguas arriba de la localidad por abastecer, con el objeto de protegerla lo mejor posible de las fuentes de contaminación.
- La obra de captación debe quedar situada en un tramo recto de la corriente y la entrada de la toma se coloca a un nivel inferior al de aguas mínimas de la corriente.
- En caso de corrientes afectadas por mareas, el agua salada puede llegar a grandes distancias aguas arriba del río, por lo que, antes de decidir respecto a la localización de la toma, se debe realizar un cuidadoso estudio de este problema, haciendo análisis de la calidad del agua en las diferentes estaciones del año.
- Se tomarán en cuenta las características litológicas del cauce en el tramo seleccionado y la velocidad de la corriente en estiaje y lluvias, investigando lo relativo a la socavación de la corriente en época de avenidas. El fondo del cauce debe ser suficientemente estable.
- No es conveniente que la entrada de la tubería de toma quede situada contra la dirección del escurrimiento, debido a que se obtura con mayor facilidad.

Por lo que se refiere al cálculo hidráulico, se debe considerar lo siguiente:

- Tomas directas

Este tipo de obra de captación es recomendable, de preferencia, en localidades que requieran menos de 10 L/s, con objeto de aprovechar el agua de arroyos y ríos con escurrimiento permanente.

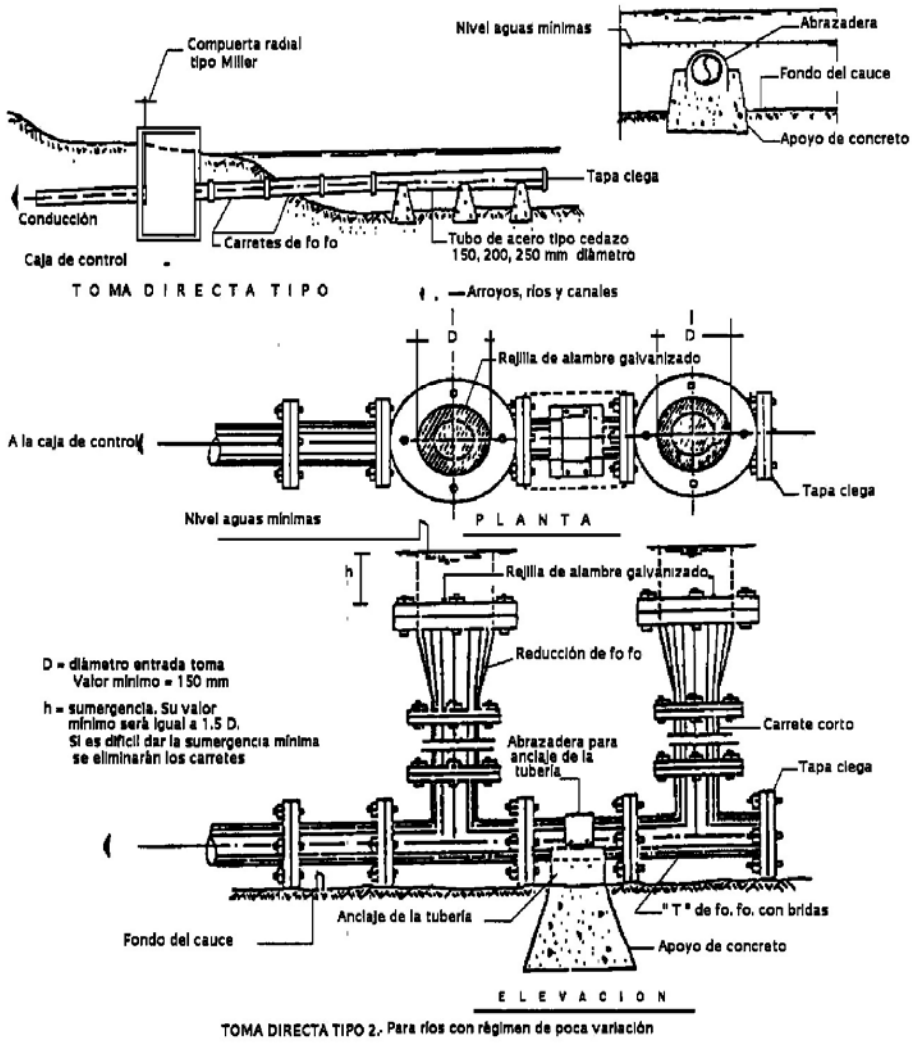
Búsqueda por palabra

A manera de ejemplo de este tipo de captaciones, se tienen los dos casos mostrados en la figura 5.1.

La toma directa tipo 1, está constituida a base de un tubo de acero tipo cedazo, apoyado y anclado sobre atraques de concreto colados a una profundidad apropiada en el cauce de la corriente. El tubo de toma se une a una caja de control.

El diámetro del cedazo normalmente es de 200 ó 250 mm (de acuerdo con el tirante mínimo de la corriente), con una longitud dentro del cauce que puede variar de 12 a 24 m, un espesor de 4.78 mm y las ranuras con un ancho máximo de 3.97 mm. Hecha la instalación del tubo y construida la caja de control, se efectuará un aforo para asegurar que se obtiene el gasto requerido, haciendo la medición en estiaje.

La toma directa tipo 2 está formada por piezas especiales de fierro fundido, instalando como mínimo dos tomas, las que deberán tener en su entrada una reja de alambre de acero galvanizado o de cobre. La toma se une a una caja de control.



NOTAS:

1.- Las tomas 1 y 2 son recomendables para gastos menores a 7 lps

2.- La tubería de acero y las piezas especiales de fo. fo. se protegerán contra la corrosión interior y exterior

Figura 5.1 Tomas directas en corrientes superficiales

Para esta toma, el área al nivel de la unión del carrete con la reducción se obtendrá como se indica a continuación:

$$A = \frac{Q_{MD}}{C\sqrt{2gh}}$$

Donde:

A : Área hidráulica de la toma, a la altura del carrete, en m^2

Q_{MD} : Gasto máximo diario, en m^3/s

C : Coeficiente de descarga = 0.80

g : Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s^2

h : Carga hidráulica en m, dada por el nivel de aguas mínimas con respecto a la parte superior de la reducción.

En el nivel, correspondiente a la localización de la rejilla, el área hidráulica debe ser aproximadamente, tres veces el valor de *A*

La elección del tipo de toma por utilizar dependerá del tirante de agua correspondiente al escurrimiento mínimo de la corriente, asegurando en lo posible, que la tubería ranurada o la entrada de la toma quede abajo del nivel de aguas mínimas, además el fondo del cauce deberá ser suficientemente estable.

El cálculo hidráulico se basa en los gastos que se requieren para satisfacer las necesidades de proyecto y las de la población actual, debiendo obtener, cuando menos, el gasto máximo diario inmediato.

Se debe contar con el plano del levantamiento topográfico de la corriente, en el tramo por utilizar, con una sección transversal como mínimo en el sitio más apropiado para la obra de toma, indicando los niveles de aguas mínimas y máximas, así como las velocidades medias correspondientes.

- Torres de toma

Esta obra de toma consiste en una torre de concreto o de mampostería que se construye generalmente en una de las márgenes de la corriente sobresaliendo del nivel de aguas máximas, con 2 o más entradas para el agua, con sus respectivas compuertas y rejillas.

Para que la torre sea estable, debe quedar enterrada abajo del nivel máximo de socavación, protegiéndose además con enrocamiento de tamaño adecuado en función de la velocidad de la corriente en época de avenidas.

El área de entrada de las bocatomas se determina considerando una velocidad de 0.45 a 0.60 m/s. Es conveniente que en el tramo que se elija para su construcción la velocidad máxima de la corriente sea menor de 1.5 m/s para evitar erosión en las márgenes del río.

Una torre de captación facilita tomar el agua de diferentes niveles, de acuerdo con las fluctuaciones del tirante de la corriente, utilizando siempre el más superficial a fin de aprovechar el agua con el menor contenido de sólidos en suspensión, con lo que se disminuirán los costos de operación de la planta potabilizadora. La distancia vertical mínima recomendable entre ejes de bocatomas es de 2.0 m.

Este tipo de obra de toma es recomendable para captar gastos superiores a 50 l/s.

A partir de la torre, la tubería de toma se une a una planta de bombeo, a la planta potabilizadora o a la línea de conducción, de acuerdo con las condiciones

particulares de cada proyecto. También la torre puede funcionar como planta de bombeo.

Para mayor información se puede consultar el libro “Obras de toma” de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS).

5.1.2.2. Presas derivadoras

Para el diseño de una presa de derivación, inicialmente se debe establecer su localización, definiendo las alternativas de ubicación que sean necesarias.

Se debe realizar un análisis técnico-econ6mico de cada alternativa, considerando sus requerimientos de altura y longitud de la cortina, bombeo y longitud de la línea de conducción.

Para cumplir con sus fines relativos a la captación del agua en forma segura y continua, se consideran esenciales las tres partes siguientes: la cortina, la obra de toma y la estructura de limpia.

Con la cortina se represa el agua de la corriente hasta una elevación que asegure derivar el gasto requerido por la obra de toma; en función del diseño hidráulico de la presa, el resto del caudal vierte sobre la cortina ya sea parcial o totalmente en su longitud.

En cada alternativa que se analice, se debe obtener la altura de la cortina considerando los siguientes factores: topografía del cauce y características del terreno en el cauce y márgenes en relación con la cimentación de la presa, nivel requerido para la toma y sus dimensiones, terrenos que se pueden inundar y sus indemnizaciones.

La elevación de la cresta vertedora depende de la carga hidráulica que se requiera para operar la toma y de la elevación del conducto de toma (figura 5.3).

El gasto del vertedor es el correspondiente a la avenida máxima de proyecto que se obtiene del estudio hidrológico.

Establecida la altura de la cresta vertedora y el gasto de diseño, se proponen diferentes longitudes de vertedor calculando su carga correspondiente, se define el bordo libre de la cortina y se elige la combinación más económica cortina - vertedor.

En la obra de toma, el orificio de captación se localiza dentro del canal desarenador, permitiendo el paso del agua a una caja con sección mínima de 0.70 x 0.70 m.

La conexión de la obra de toma con la línea de conducción se controla generalmente por medio de una compuerta circular tipo Miller o una compuerta deslizante estándar.

Búsqueda por palabra

La conducción puede estar constituida por una tubería o un canal, dependiendo de la ubicación de la planta potabilizadora.

En el cálculo hidráulico de la obra de toma se dimensiona el orificio de entrada, que puede ser un tubo con longitud igual al espesor del muro. Para el mejor funcionamiento hidráulico de la toma, es conveniente que el orificio trabaje ahogado.

La carga sobre el orificio generalmente es pequeña (0.1 a 0.2 m), para contar con velocidades bajas y permitir que la toma quede situada lo más alto que sea posible.

Para lograr ambos objetivos se pueden disponer en algunos casos de varios orificios, cada uno de los cuales debe tener una rejilla que evite el paso de cuerpos gruesos y flotantes a la conducción. La velocidad en el orificio puede variar de 0.5 a 1.0 m/s.

La fórmula utilizada para dimensionar un orificio es.-

$$A = \frac{Q_{MD}}{C\sqrt{2gh}}$$

donde:

A : Área hidráulica de la toma, a la altura del carrete, en m^2
Q_{MD} : Gasto máximo diario, en m^3/s
C : Coeficiente de descarga = 0.80
g : Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s^2
h : Carga hidráulica del orificio, considerando pérdidas, en m

Los azolves formados por arena, grava y cantos rodados ocasionan problemas en el funcionamiento de la presa y consecuentemente deben eliminarse en las presas de derivación; para tal fin se construye la estructura de limpia, denominada generalmente desarenador, con el objeto de prever una limpieza periódica.

El canal desarenador está formado por dos paredes verticales y paralelas, una que divide la cortina del desarenador y la otra en la ladera, donde se localiza la toma y la línea de conducción (figura 5.2).

Cuando los azolves se hayan acumulado frente a la toma, para efectuar la operación de limpieza, se abre la compuerta del desarenador estableciendo el escurrimiento para desalojar los materiales acumulados. Es necesario que el flujo se establezca con régimen rápido y con velocidad suficiente para generar el arrastre de los materiales.

El cálculo hidráulico consiste en obtener la pendiente adecuada del canal desarenador y en verificar las velocidades del escurrimiento, cuyos valores recomendables varían de 2.5 a 4.0 m/s; sin embargo, en presas de derivación pequeñas se puede aceptar una velocidad mínima de 1.5 m/s.

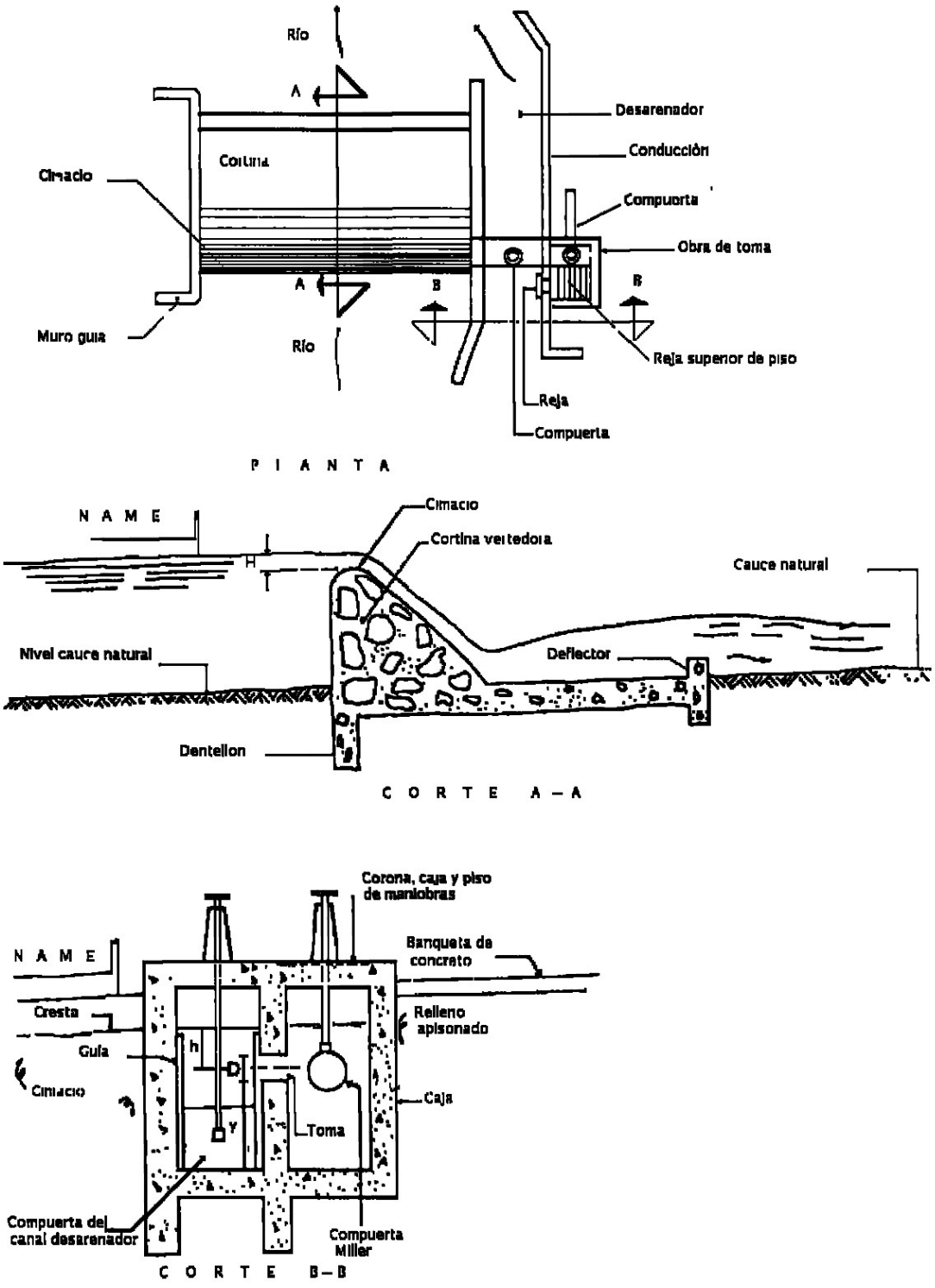


Figura 5.2 Presa derivadora

Cuando el desarenador funciona como canal de acceso a la obra de toma, la velocidad del agua debe ser entre 0,3 y 0.7 m/s, con lo que se asegura la sedimentación de una parte importante de las partículas que arrastra la corriente.

La plantilla del canal desarenador frente a la toma debe tener un desnivel que se fija en función del tamaño y cantidad de acarreos que se observen en la corriente por aprovechar, recomendándose utilizar un valor de 0.8 m.

Para fijar el ancho del canal, se toman en cuenta los valores mínimos de anchos de compuertas comerciales, ya sea de tipo deslizante o radial.

Las compuertas deslizantes se utilizan para manejar gastos pequeños en arroyos o ríos de caudales reducidos, mientras que las radiales son apropiadas para caudales mayores y tirantes del orden de 2.0 m o más.

Si se utilizan compuertas con pantalla para cubrir niveles máximos del agua, el dimensionamiento del vano de la compuerta es tal que para nivel del agua a la elevación de la cresta vertedora pueda presentarse escurrimiento libre, sin obstrucciones en el canal desarenador.

Se recomienda que la compuerta del desarenador quede lo más próximo que sea posible a la obra de toma.

5.1.2.3. Presas de almacenamiento

Una presa de almacenamiento se construye en el cauce de un río con el objeto de almacenar agua que aporta la corriente, para emplearla de acuerdo a las demandas que se tengan. Sus partes esenciales son: la cortina, la toma y el vertedor de demasías.

En el proyecto de una presa de almacenamiento para abastecimiento de agua para los usos domésticos de una localidad, intervienen dos factores principales: el agua disponible aportada por la corriente, con base en el estudio hidrológico, y la demanda de agua de la comunidad, que depende del gasto máximo diario requerido.

Para la localización y el diseño de la obra de toma de una presa de almacenamiento con fines de abastecimiento de agua potable, se toman en cuenta los siguientes factores:

- Gasto por aprovechar. Corresponde al gasto máximo diario.
- Carga hidráulica. Depende de la altura de la cortina y del perfil de la conducción.
- Estudio de Geotecnia.
- Tipo de cortina.
- Localización de la planta potabilizadora.

La obra de toma consta, en esencia, de una estructura de control o torre y un conducto (galería y tubería) trabajando a presión o como canal.

El tipo de obra de toma recomendable es una torre localizada comúnmente aguas arriba y al pie de la cortina, continuando con una galería a través de la cortina. En la torre se disponen de 3 a 4 entradas, situadas a diferentes niveles con el fin de poder captar el agua a la profundidad adecuada, para obtener la de mejor calidad (en turbiedad y color principalmente).

Las tres o cuatro entradas de la toma deben quedar situadas entre las elevaciones correspondientes al nivel mínimo de operación y el de la cresta del vertedor de demasías (nivel de aguas máximas ordinarias, NAMO). Cada toma debe tener una rejilla constituida por un marco y barras de acero espaciadas a ejes de 5 a 7 cm. La velocidad del agua en la entrada de la toma no debe ser superior a 0.6 m/s.

Durante la operación de las obras de conducción y potabilización, debe funcionar únicamente la toma más próxima a la superficie del agua en el vaso, debiendo estar cerradas las tomas restantes.

El funcionamiento hidráulico de la toma tiene dos variantes principales, que se describen a continuación:

- En la entrada de cada toma se coloca una compuerta de seccionamiento y al final de la galería (al pie de la cortina, aguas abajo) inicia la línea de conducción, con una válvula de seccionamiento y un desagüe.
- Se utiliza tubería dentro de la torre y de la galería, la entrada será abocinada, teniendo a continuación una válvula de seccionamiento unida a una tubería vertical, situada dentro de la torre, que continúa por la galería hasta su descarga al pie de la cortina, donde se une a la línea de conducción (figura 5.4).

El proyecto de una obra de toma comprende dos aspectos: el diseño hidráulico y después con los resultados obtenidos, se procede al diseño estructural.

El diseño hidráulico se realiza en forma similar a lo descrito en la sección 5.1 .2.2 y considerando la siguiente información:

- Capacidad total del almacenamiento Capacidad de azolves
- Capacidad útil
- Almacenamiento mínimo (capacidad de azolves mas 10% de la capacidad útil)
- Elevación correspondiente ala capacidad de azolves
- Elevación correspondiente al NAMIN
- Elevación correspondiente al NAMO
- Elevación correspondiente al NAME
- Carga mínima en la Obra de Toma
- Carga máxima en la Obra de Toma
- Capacidad de la obra de toma

Para mayor información se puede consultar el libro “Obras de toma” que forma parte de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS).

5.1.3. Captación de aguas subterráneas

Las aguas subterráneas se clasifican generalmente en agua freática y agua confinada.

Un manto acuífero de agua freática es aquel que no tiene presión hidrostática, circulando el agua en materiales granulares no confinados como arena, grava, aluviones, etc. El manto superior del acuífero se llama capa freática y su perfil en materiales granulares es semejante al perfil del terreno, mientras que en las rocas fracturadas el nivel freático es una superficie horizontal.

El agua subterránea confinada es aquella que esta situada entre dos capas de materiales relativamente impermeables bajo una presión mayor que la atmosférica.

Las aberturas y los poros de una formación acuífera se pueden considerar como una red de conductos comunicantes, a través de los cuales escurre el agua a velocidades muy bajas (unos cuantos centímetros por día), desde las áreas de recarga hasta las de descarga. Dicha red sirve para proporcionar almacenamiento y funciones de conducción en un manto acuífero.

Con relación en la función de almacenamiento, se tienen dos propiedades importantes conocidas como porosidad y rendimiento específico. La porosidad es un índice de la cantidad de agua del subsuelo que se puede almacenar en una formación saturada. La cantidad de agua que puede tomarse de una formación acuífera se denomina como rendimiento específico, definiéndose como el volumen de agua liberado de un volumen unitario de material del acuífero cuando permite que escurra libremente por gravedad.

La propiedad de un manto acuífero relacionado con su capacidad de conducción se conoce como permeabilidad (conductividad hidráulica), es proporcional a la diferencia de presión y velocidad del flujo entre dos puntos que están en condiciones de escurrimiento laminar y se expresa mediante la ley de Darcy.

La relación, conocida como ley de Darcy, puede escribirse:

$$v = KS$$

$$S = \frac{h_1 - h_2}{L}$$

donde:

v = Velocidad del flujo de agua, en m/día
K = Coeficiente de permeabilidad

S = Gradiente hidráulico
h_1= Presión en la sección de entrada del conducto, en m.c.a.
h_2= Presión en la sección de salida del conducto, en m.c.a.
L = Longitud total de recorrido, en m

El coeficiente de transmisibilidad se define como el gasto que escurre a través de la sección transversal de una capa acuífera cuyo ancho es la unidad y su altura es el espesor total de la capa cuando el gradiente hidráulico es la unidad. Se expresa en litros por día por metro y es equivalente al producto del coeficiente de permeabilidad y el espesor del manto acuífero.

5.1.3.1. Manantiales

Generalmente los diseños de obras de captación de manantiales se realizan para los dos tipos más comunes que se presentan en nuestro medio que son:

- Manantiales tipo ladera, con afloramiento de agua freática
- Manantiales con afloramiento vertical, tipo artesiano

Para el proyecto de captación de manantiales, el aspecto principal a tomar en cuenta es su protección para que no se contaminen y evitar que los afloramientos se obturen, ambos objetivos se logran con la construcción de una caja que aísla el área de salida del agua; además, para evitar que los afloramientos trabajen contra carga en la época de lluvias, es decir, cuando el gasto que aporta el manantial sea superior al de conducción, la plantilla del tubo de demasías o la cresta del vertedor se sitúa un poco abajo del afloramiento más alto.

De ser posible, el diseño se hará para captar el gasto máximo diario de proyecto, siempre y cuando se obtenga en el mayor número de meses del año, principalmente en el estiaje. Esta precaución es muy importante para los manantiales con afloramiento de agua freática, dado que su gasto aumenta en época de lluvias y disminuye, o a veces se agota, en el estiaje. Los manantiales artesianos tienen un régimen hidráulico menos irregular.

Para el diseño hidráulico y en general para el proyecto de la caja de captación es indispensable estudiar con todo cuidado, su localización topográfica (en planta y perfil), el área de los afloramientos, si se forma de inmediato una corriente en su salida como sucede en los manantiales tipo ladera, o una pequeña laguna, antes de formar el escurrimiento se mide el tirante en la zona de afloramientos en los meses de máxima aportación. Esta información y los aspectos por considerar en el proyecto, se tomarán como base para el dimensionamiento de la caja, la localización del tubo de desagüe, la toma y el vertedor de demasías.

Además de la caja indicada, se debe construir otra adosada, para la protección de las dos válvulas de seccionamiento que se consideran en los proyectos: la de

desagüe y la de la conducción. El diámetro de la tubería de toma esta dado por el cálculo hidráulico de la línea de conducción.

La elevación de la plantilla de la toma se ubica por arriba del tubo de desagüe, asegurando la carga hidráulica requerida, cuyo valor mínimo esta dado por la siguiente expresión:

$$h = \frac{v^2}{2g} + k\frac{v^2}{2g}$$

donde:

h : Carga hidráulica mínima, en m
v : Velocidad de escurrimiento del agua, en m/s
g : Aceleración de la gravedad = 9,81 m/s^2
k : Constante de la pérdida por entrada = 0.5

La carga hidráulica se mide desde el eje del conducto de toma hasta la plantilla del vertedor de demasías.

Para mayor detalle se puede consultar el capítulo “Captación de manantiales “ del libro técnico “Obras de toma” el cual forma parte de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS).

5.1.3.2. Galerías filtrantes

Una galería filtrante se utiliza principalmente para captar agua del subálveo de corrientes superficiales, construyéndose de preferencia en el estiaje y en una de las márgenes, paralela a la corriente. En el proyecto se deben tomar en cuenta las características de socavación de la corriente en las avenidas importantes; esta consideración hace poco recomendable la construcción de una galería transversal a la corriente, además de ser más costosa.

El agua captada por medio de una galería filtrante generalmente se conduce a un cárcamo de bombeo donde se inicia la obra de conducción.

El conducto de la galería debe quedar situado a una profundidad y distancia adecuadas, con respecto al cauce principal de la corriente, con el fin de que el agua quede sometida a una filtración natural esto depende de las características topográficas del tramo escogido, de los materiales del cauce y de la calidad del agua de la corriente. Se considera que un recorrido del agua a través de la capa filtrante de 3 a 15 m, puede ser suficiente para que se clarifique y se elimine la contaminación bacteriana.

En la captación de agua por medio de galerías filtrantes, se utilizaron durante varios años (en las décadas de los 50 y 60) tuberías perforadas de concreto simple y armado, instaladas casi horizontalmente en zanja excavada a cielo abierto, y rellenas con material limpio debidamente seleccionado, esto es, con una granulometría adecuada para conformar el filtro.

A partir de 1970 ya no fue recomendable la utilización de tubería de concreto debido a la dificultad de hacer un número adecuado de perforaciones, ya que el área obtenida era muy reducida en comparación con el área hidráulica que tienen los tubos de acero o de PVC ranurados tipo cedazo, que son las que se recomiendan actualmente.

Se han construido galerías perforadas o excavadas generalmente en laderas de montañas, cortando formaciones acuíferas como las que presentan las rocas calizas.

El agua pasa al interior de la galería a través de sus paredes, que pueden dejarse sin revestimiento a intervalos, construirse de concreto poroso o con los orificios necesarios a lo largo de ellas. Sus dimensiones deben ser tales que permitan realizar visitas de inspección para conocer la importancia de los afloramientos y para realizar acciones de desazolve y mantenimiento.

Si la galería por construir queda a una profundidad por debajo de 8 m, según proyecto, se debe hacer un estudio de alternativas que tome en cuenta la construcción de la obra haciendo la excavación a cielo abierto o la perforación de un túnel.

Las fórmulas teóricas que se han desarrollado para el cálculo de los gastos que se pueden captar por medio de una galería filtrante están basadas fundamentalmente en la "Ley de filtración, de Darcy", y en las teorías relativas al escurrimiento del agua en medios permeables, homogéneos e isotrópicos.

Generalmente son muchos los factores que intervienen en la filtración y escurrimiento del agua subterránea a través de terrenos de diversa naturaleza, las teorías más conocidas son:

- La de "Régimen de Equilibrio", que considera que la recarga del acuífero iguala la extracción de agua que se hace a gasto constante.
- La de "Régimen de no Equilibrio", que establece que en el escurrimiento del agua subterránea hacia una galería filtrante no se establece un régimen de equilibrio, cuando se capta de ella un gasto constante.

Para establecer en el diseño la localización, profundidad y características de una galería filtrante constituida por tuberías, es indispensable efectuar pruebas de campo. Primero se localiza un tramo apropiado de la corriente que sea recto y donde sus márgenes muestren superficialmente la existencia de materiales granulares; a continuación se hacen perforaciones de exploración con profundidad de 6 a 12 m, espaciadas de 5 a 10 m en el eje probable de la galería, para conocer las características del material, obteniendo el corte litológico de la sección o secciones en estudio.

Aprovechando una de las perforaciones y ya establecido el nivel estático del agua en el pozo, se procede a bombear el agua que produce, llevando un registro del gasto extraído, tiempo y abatimiento del nivel dinámico, con lo que en forma aproximada se puede obtener el rendimiento por metro lineal de excavación, que es aquel que permite la máxima extracción de agua con el menor abatimiento del tirante en el pozo.

Las dimensiones de la galería están en función de:

- Gasto máximo diario de proyecto
- Rendimiento obtenido de las mediciones, afectado por un coeficiente de reducción debido a la, velocidad del agua en la entrada de los orificios
- La pendiente que se pueda obtener en la tubería ranurada.

Como el gasto obtenido de las mediciones tendrá variaciones a través del tiempo, se recomienda hacer en campo mediciones periódicas con la finalidad de profundizar o alargar la galería a fin de contar con el caudal necesario.

También se puede hacer el proyecto de una galería en la forma siguiente: teniendo como dato el gasto máximo diario de proyecto, se elige un diámetro en los catálogos de tubería de acero ranurada tipo "concha", o de PVC también ranurada, con ranuras de 4.78 a 6.35 mm, obteniendo el área de infiltración requerida, dividiendo el gasto entre la velocidad de entrada del agua a través de las ranuras, considerando como máximo un valor de 1 .0 cm/s. La longitud de la tubería por utilizar se obtendrá dividiendo el área obtenida entre el área de infiltración por metro del diámetro considerado en el catálogo.

Con el corte litológico obtenido de las perforaciones de exploración, siempre y cuando no se encuentre boleo grande y, de acuerdo con el diámetro seleccionado, se establece la profundidad, dimensiones de la zanja y los espesores y granulometría del material filtrante. Las características de una galería tradicional se muestran en la figura 5.3.

Se tiene poca experiencia en el país con respecto a las galerías filtrantes con colectores verticales, sin embargo donde se han utilizado se han obtenido resultados satisfactorios.

Para los colectores verticales se ha utilizado tubería de acero ranurada tipo concha y tubería de PVC también ranurada en diferentes diámetros. Para los colectores ciegos que los unen se ha empleado tubería de asbesto cemento unida con piezas especiales de fierro fundido.

El espaciamiento entre colectores verticales debe ser estudiado para cada caso con objeto de evitar interferencias entre ellos.

Los colectores verticales funcionan como una serie de pequeños pozos situados dentro de un acuífero constituido por el material filtrante de la galería cuya granulometría debe estudiarse cuidadosamente para decidir si se utilizan arenas y gravas del cauce del río o es necesario tomarlas de otro lugar. Para el cálculo hidráulico, previo análisis de la granulometría y la determinación de¡ coeficiente de permeabilidad, se ha considerado conveniente tomar como base para el diseño de los pozos la fórmula siguiente (figura 5.3):

$$Q = K \frac{H^2 - h^2}{\ln \frac{R}{r}}$$

Donde:

Q : Gasto probable en el colector, en m^3/s
K : Coeficiente de permeabilidad
H : Espesor del acuífero, en m
h : Carga hidráulica en el colector, en m
In : Logaritmo natural
R : Radio del cono de depresión, en m
r : Radio del pozo, del eje del colector a la orilla de la última capa de grava, en m

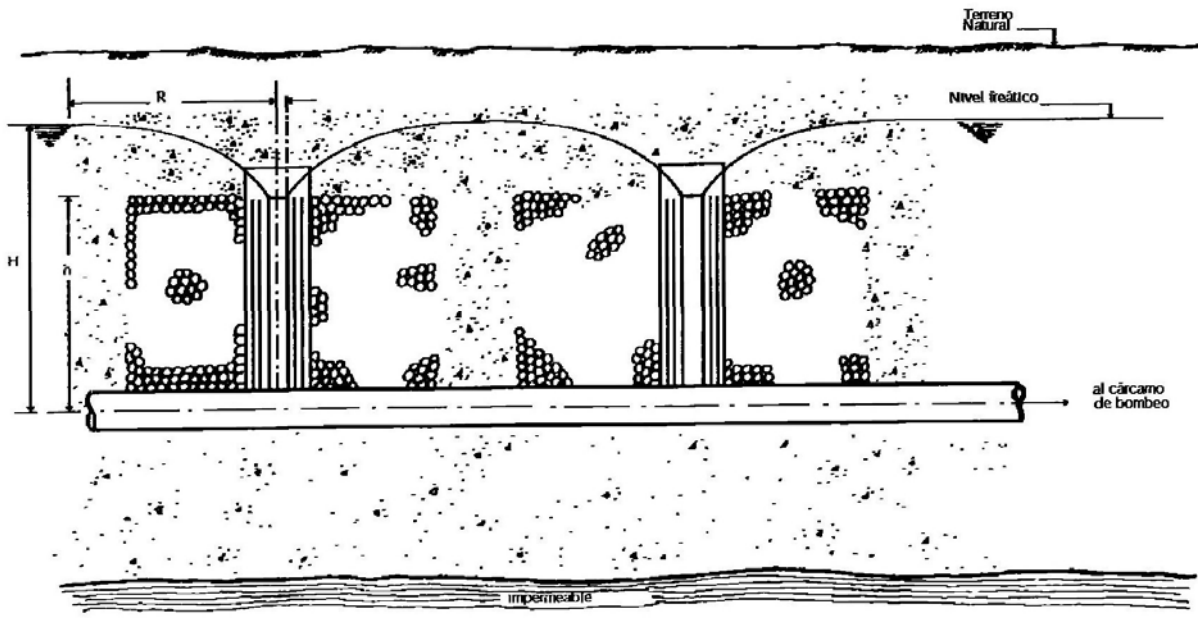


Figura 5.3 Galería filtrante con colectores verticales

Esta fórmula fue desarrollada por técnicos de la Dirección General de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la extinta Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), por ser de carácter experimental requiere una verificación a

través de la observación de las obras cuyo diseño hidráulico se base en la misma, con la finalidad de verificar su validez.

5.1.3.3. Puyones

Son pozos someros de pequeño diámetro que también reciben el nombre de pozos hincados, se construyen de diversas formas, dependiendo del diámetro del pozo y del material que atraviesan. Su construcción más común es en terreno blando y para obtener un gasto importante es necesario hincar varios; en este caso, al conjunto de varios pozos se le denomina "sistema de puyones". Este tipo de captación no es recomendable cuando se requieren profundidades que exceden los 20 ó 30 m.

Los pozos perforados por el método de hincado, se construyen introduciendo en el terreno una punta coladora de pozo, denominada generalmente con el nombre de "puyón", ajustada al extremo de secciones de tubo de acero galvanizado debidamente acopladas. La punta se hunde hasta la formación acuífera, utilizando un equipo que incluye un martillo de impulsión, una tapa para hincado para proteger el extremo de la tubería ascendente durante la operación, un trípode, una polea y cuerda con o sin malacates. Cualquiera que sea el método de hincado (manual o con máquina), primero se practica un agujero, cavando hasta una profundidad de 0.6 a 1.0 m y después se hinca la punta colocadora de acero (puyón), hasta la profundidad deseada, que generalmente varía de 3 a 15 m, dependiendo de la naturaleza del material y de la profundidad del acuífero.

El sistema de puyones (well points) se ha utilizado pocas veces para el abastecimiento de agua potable, principalmente en localidades rurales.

El diámetro de un puyón varía de 25 a 100 mm (1 a 4 pulgadas), la longitud de 0.6 a 3.0 m y se disponen en cedazos de varios tipos.

El gasto aproximado que se puede obtener con un puyón varía de 0.2 a 1.0 l/s, y su instalación se ha hecho situándolo con equidistancias que varían de 2.5 a 8.0 m. Los puyones se unen a una tubería principal que funciona como múltiple de succión, la que generalmente se une al equipo de bombeo.

5.1.3.4. Pozos someros

Se construyen cuando es conveniente explotar el agua freática y/o del subálveo. El diámetro mínimo del pozo circular es 1.5 m y debe permitir que su construcción sea fácil, Cuando la sección sea rectangular, la dimensión mínima debe ser 1.5 m. Para pozos con ademe de concreto, y cuando se utiliza el procedimiento de construcción llamado Indio", los anillos que queden dentro del estrato permeable, deben llevar perforaciones dimensionadas de acuerdo con un estudio granulométrico previo en caso de carecer de estos datos, se recomienda que el diámetro de las perforaciones esté comprendido entre 25 y 250 mm, colocadas en tresbolillo, a una distancia de 15 a 25 cm, centro a centro. Para pozos con ademe de mampostería de piedra o

Búsqueda por palabra

tabique, se dejan espacios sin juntar en el estrato impermeable, procurando apegarse a la consideración anterior.

5.1.3.5. Pozos profundos

Dentro del estudio de la hidrología subterránea de una región, la hidráulica de pozos proporciona las bases teóricas para lograr interpretar o prever las fluctuaciones de los niveles freáticos o piezométricos provocados por la explotación de agua subterránea por medio de pozos.

Para fines de abastecimiento de agua potable los problemas que generalmente estudia la hidráulica de pozos, son los siguientes:

- Identificación de sistemas de flujo (confinado, semiconfinado, etc.) y determinación de suscaracterísticas hidráulicas (permeabilidad, transmisibilidad, almacenamiento, etc.).
- El conocimiento de las características hidráulicas es esencial para prever las variaciones de los niveles de agua bajo diferentes condiciones de bombeo de uno o varios pozos, y para la cuantificación del volumen aprovechable del acuífero en estudio.
- Predicción del comportamiento de los niveles de agua, utilizando las fórmulas de la hidráulica de pozos y conocidas las características hidráulicas del acuífero.
- En cuanto al gasto requerido, es posible conocer con anticipación los abatimientos producidos en captaciones próximas al pozo, o bien, en que medida se pueden interferir varios pozos entre sí.
- Diseño de campos de pozos, cuando se requiere la utilización de varios. El problema consiste en definir el número, su localización y el gasto de explotación conveniente, para no originar interferencias entre ellos.

Para una explicación más detallada de los conceptos mencionados, referirse al capítulo 4. Geohidrología.

5.2. LINEAS DE CONDUCCIÓN

La línea de conducción es la parte del sistema que transporta el agua desde el sitio de la captación, hasta un tanque de regulación o una planta potabilizadora.

Su capacidad se calcula con el gasto máximo diario, o con el que se considere conveniente tomar de la fuente de abastecimiento.

Las líneas de conducción deben ser de fácil inspección, preferentemente paralelas a algún camino, en caso contrario se debe de analizar la conveniencia de construir un camino de acceso, de acuerdo con el establecimiento del derecho de vía correspondiente a la línea de conducción, considerando que el incremento en costo de éste se verá compensado con el ahorro que se tendrá en los gastos de

Búsqueda por palabra

conservación de la conducción, y sobre todo podrán detectarse y corregirse de inmediato las fugas o desperfectos que sufran las tuberías.

5.2.1. Definiciones

Línea de conducción. Se denomina línea de conducción al conjunto de conductos, estructuras de operación, de protección y especiales, destinado a conducir el agua desde la fuente de abastecimiento hasta el sitio de entrega.

Línea de interconexión. Se refiere a la línea de interconexión de pozos.

5.2.2. Conducciones por gravedad

En la gran mayoría de las obras de los sistemas de abastecimiento de agua potable, se utilizan tuberías para la conducción del agua, por lo que en este documento no se trata lo relativo a canales.

El escurrimiento del agua de las conducciones por gravedad se puede efectuar de dos maneras: trabajando a superficie libre o funcionando a presión, siendo este caso el que se considera en la casi totalidad de las obras de conducción.

Por lo que se refiere a líneas trabajando a superficie libre, el diseño hidráulico se realiza atendiendo a lo indicado en las secciones 1.2.3 y 1.2.4, correspondiente al capítulo de datos básicos.

Para el proyecto de líneas de conducción a presión, se deben tomar en cuenta los aspectos que se mencionan a continuación:

- La tubería debe seguir, en lo posible, el perfil del terreno y su localización se escoge para que sea la más favorable, con respecto al costo de construcción y las presiones resultantes. Se debe tener especial atención en la línea de gradiente hidráulico, ya que mientras más cercana esté la conducción a esta línea, la presión en los tubos es menor, esta condición puede traer como consecuencia un ahorro en el costo de la tubería. En ocasiones, las altas presiones internas se pueden eliminar rompiendo la línea de gradiente hidráulico con la instalación de almacenamientos auxiliares, como embalses o cajas rompedoras de presión. La velocidad en la tubería deben ser lo suficientemente grande para prevenir que se depositen sedimentos en ella.
- Como en casi la totalidad de las obras de conducción, las tuberías se instalan en zanja; durante el trazo topográfico debe procurarse disminuir al máximo posible, la excavación en roca.
- Cuando la topografía es accidentada se localizan válvulas de admisión y expulsión de aire en los sitios más elevados del perfil, mientras que, cuando la topografía sea más o menos plana se ubican en puntos situados cada 1.5 Km como máximo, y en los puntos más altos del perfil de la línea.

Búsqueda por palabra

- En tramos con pendiente fuerte, ascendente o descendente, se debe analizar la conveniencia de instalar válvulas de admisión o expulsión de aire en puntos intermedios.
- Por otra parte, los desagües se utilizan generalmente en los puntos más bajos del perfil, con el fin de vaciar la línea en caso de roturas durante su operación. También se utilizan para el lavado de la línea durante su construcción.

Generalmente, en conducciones a presión, las estructuras de protección más importantes son las cajas rompedoras de presión. En conducciones muy largas es recomendable y en ocasiones obligado, utilizar estas estructuras con la finalidad de mejorar el funcionamiento hidráulico de la conducción.

El escurrimiento del agua en líneas de conducción a presión está definido por medio de la siguiente expresión:

$$h = \frac{v^2}{2g} + h_f + h_s$$

donde:

h : Carga hidráulica disponible o requerida, en m
v : Velocidad de escurrimiento de¡ agua, en m/s
g : Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s^2
h_f : Pérdida de carga por fricción en la tubería, en m
h_s : Suma de pérdidas secundarias, en m

En el cálculo hidráulico de una conducción, el caso más frecuente que se presenta es el de determinar el diámetro, tipo de tubería y clases, en función de lo siguiente:

- Carga disponible, que es igual a la diferencia de niveles entre las superficies del agua enla obra de toma y en el tanque de regulación (dato topográfico)
- La longitud de la línea (dato topográfico)
- El gasto por conducir

Para dimensionar la tubería se aplica la fórmula de Darcy-Weisbach, de acuerdo con lo que se indica en la sección 1.2.4 del capítulo de Datos Básicos; utilizando los diámetros internos reales de los tubos.

Normalmente se utiliza la carga disponible para vencer las pérdidas por fricción únicamente, ya que en este tipo de obras las pérdidas secundarias no se consideran por tener valores relativamente bajos en función de la pérdida total; sin embargo, si el trazo de una línea presenta demasiados cambios de dirección o de diámetro, debidos a condiciones especiales de topografía o espacio, deben considerarse las pérdidas secundarias.

5.2.3. Conducciones por bombeo

El bombeo del agua se hace generalmente de un pozo o de un cárcamo. El equipo de bombeo produce un incremento brusco en el gradiente hidráulico para vencer todas las pérdidas de energía en la tubería de conducción.

Para definir las características de una línea de conducción, debe realizarse un análisis de diámetro económico.

Para el proyecto de una línea de conducción a bombeo se deben tomar en cuenta los aspectos indicados en el diseño de conducciones a gravedad; además es importante reducir, cuando sea posible, la longitud de la línea a presión, disminuyendo con esto los efectos de los fenómenos transitorios.

Se deben analizar los fenómenos transitorios en la línea de conducción, con el objeto de revisar si los tipos y las clases de la tubería seleccionada son los adecuados, y si se requieren estructuras de protección, como son: tanques unidimencionales, válvulas aliviadoras de presión, torres de oscilación y cámaras de aire.

El Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y el Instituto de Ingeniería de la UNAM (referencia l), entre otros, han desarrollado programas de cómputo que simulan los fenómenos transitorios.

5.2.4. Accesorios

Se instalan para aislar y drenar secciones de tubería con fines de prueba, inspección, limpieza, reparación y seguridad.

5.2.4.1. Válvulas de seccionamiento

En las líneas de conducción se debe analizar la conveniencia de instalar válvulas de seccionamiento que permitan aislar tramos de la tubería, para operación y mantenimiento, sin necesidad de vaciar toda la línea.

Generalmente se utilizan válvulas de mariposa para diámetros grandes y bajas presiones, en cambio, las válvulas de compuerta son más utilizadas para diámetros pequeños y altas presiones.

5.2.4.2. Válvulas de flotador y de altitud

Cuando la línea de conducción se conecta a un tanque de regulación y se requiera una válvula, ésta generalmente será de flotador.

Las válvulas de flotador controlan el nivel máximo del agua en un tanque, son accionadas directamente mediante un flotador. La válvula de acción directa se coloca

a una elevación cercana al nivel máximo del agua, ya sea a un lado del tanque o encima de la losa del techo.

Si la válvula es de acción indirecta, se coloca a una elevación inferior y fuera del tanque, se utiliza un dispositivo de flotador y válvula piloto de diámetro reducido (3/4"), que se comunica al tanque mediante una línea del mismo diámetro, que transmite la presión con la cual se acciona la válvula de flotador.

En general, las válvulas de flotador de acción directa, son recomendables para diámetros de descarga de hasta 200 mm.

Una variante de estas válvulas son las denominadas válvulas de altitud, las cuales se colocan a una elevación inferior al nivel máximo del agua y cercanas al depósito, controlan el llenado del mismo por medio de un piloto hidromecánico que sustituye al flotador, actúan exclusivamente mediante la presión hidráulica que transmite una línea de diámetro reducido, conectada al tanque.

Estas válvulas de altitud son recomendables en instalaciones donde no se presenten frecuentemente fenómenos transitorios (golpe de ariete).

5.2.4.3. Válvulas de admisión y expulsión de aire

En todos los puntos altos de las líneas a presión, se instalan válvulas de admisión y expulsión; operan automáticamente para remover el aire desplazado cuando la línea se comienza a llenar o el que se acumula en dichos puntos.

Estas válvulas automáticas sirven también para admitir aire en la línea, evitando el colapso si se presenta una presión negativa.

El tamaño requerido de la válvula depende del diámetro del conducto y de las velocidades a las cuales se vacía la línea, para lo cual se debe calcular el gasto de aire por admitir o expulsar (referencia 1).

Para eliminar pequeñas cantidades de aire que se acumulen en los puntos más elevados de la línea, se utilizan válvulas llamadas comúnmente "eliminadoras de aire", éstas se adicionan a las de admisión y expulsión de aire.

5.2.4.4. Válvulas de retención

Cuando se suspende la energía eléctrica, debido a un paro programado o imprevisto, se presentan fenómenos transitorios, ocasionando que la masa de agua. en el caso de flujo descendente. actúe sobre el equipo de bombeo, produciendo en algunos casos daños severos a éste, Para interrumpir el flujo inverso y proteger al equipo, se utiliza la válvula de retención.

Existen varios tipos:

Búsqueda por palabra

- Válvula check tradicional, comúnmente llamada de columpio. Es una válvula de contrapeso externo y cierre con asiento de hule o metal con metal, que cuenta con una cámara amortiguadora cuya función es permitir el flujo en una dirección y cerrar herméticamente cuando la presión en el lado de la descarga es mayor que del lado de la entrada.
- Válvula duo-check. Es una válvula para uso general que desarrolla el trabajo de cualquier válvula de retención convencional, frente a la tradicional es más liviana y de menor tamaño. A diferencia de las válvulas tradicionales, divide la abertura de la válvula por la mitad, la zona sin apoyo del plato se reduce, disminuyendo el peso respecto a la lenteja convencional, pero las pérdidas de carga son relativamente mayores que en la anterior.
- Válvula check silenciosa. Su característica principal es efectuar un cierre más o menos lento con lo cual se consigue prolongar la vida de la válvula y casi eliminar el ruido que producen las otras.
- Válvula roto-check. Su operación es semejante a la válvula check tradicional, tiene la ventaja de efectuar un cierre lento y hermético, además de que se puede instalar un dispositivo externo para controlar los tiempos de apertura y cierre.

5.2.4.5. Válvulas de alivio de presión

Las válvulas aliviadoras de presión son empleadas para proteger al equipo de bombeo, tuberías y accesorios contra un aumento de presión producido por el arranque o paro del equipo de bombeo. Su función es permitir la salida del flujo a la atmósfera cuando la presión interior sobrepasa un límite previamente establecido.

Es conveniente que la apertura de la válvula esté controlada por medio de una válvula solenoide, la cual al interrumpirse el suministro eléctrico, habilita a un circuito hidráulico o neumático que abre la válvula instantes antes de que ocurra el ascenso de presión.

En el cuerpo de la válvula se encuentra el elemento actuador, constituido por un pistón cuya posición regula el funcionamiento de la válvula. El control de este pistón se efectúa por medio de una válvula piloto calibrada, que funciona con una presión determinada y no es más que una válvula de aguja de precisión para pequeños flujos. El piloto de control de esta válvula puede ser hidráulico, eléctrico o de ambos tipos.

Las válvulas aliviadoras que se usan con más frecuencia son las de pistón y las de diafragma, preferentemente con ambas clases de control. Las dos funcionan satisfactoriamente pero en ocasiones se prefiere la válvula con pistón, porque la otra requiere de un servicio de mantenimiento más frecuente, debido a que el material de que esta echo el diafragma (hule, neopreno, u otros) se deteriora con facilidad cuando el tipo de agua que se maneja es agresivo a estos materiales.

El diámetro de las válvulas de alivio se determina en función del gasto de escurrimiento en la tubería a la que se conecta, y de las presiones originadas por el golpe de ariete.

Su ubicación se elige después de los elementos de control o al principio de la tubería de descarga común, o bien, se instala una válvula de alivio a cada bomba, entre la check y la de seccionamiento, mediante una 'T' de acero o fierro fundido. Para el caso de plantas de bombeo se recomienda su ubicación a la salida del múltiple de descarga.

5.2.4.6. Registros

Son accesorios útiles durante la construcción y para inspecciones y reparaciones. En los grandes conductos se instalan registros separados a una distancia que varía de 250 a 500 m.

5.2.4.7. Desagües

Con el propósito de limpiar la línea durante su construcción y también para desaguarla en caso de tener que realizar maniobras para una reparación, se deben instalar válvulas de seccionamiento de un diámetro adecuado, localizada en las partes bajas.

En líneas de longitud y diámetro considerables, se debe analizar la separación entre desagües, dependiendo de¡ tiempo requerido para vaciarla.

5.2.4.8. Juntas

Para cada proyecto en particular se deben definir los tipos de juntas a utilizar, tomando en cuenta las condiciones de trabajo externas e internas a que estará sometida la tubería, el tipo de terreno, agresividad del suelo, entre otros.

Generalmente se utilizan juntas en los siguientes casos:

- Para absorver movimientos diferenciales de la tubería (en la conexión con una estructura, en caso de sismo, por efectos de temperatura, etc.
- Para unir tuberías del mismo o de diferente material, o con piezas especiales y válvulas

5.3. OBRAS DE REGULACIÓN

La regulación tiene por objeto lograr la transformación de un régimen de aportaciones (de la conducción) que normalmente es constante, en un régimen de consumos o demandas (de la red de distribución) que siempre es variable. El tanque

Búsqueda por palabra

de regulación puede ser superficial o elevado, y debe proporcionar un servicio eficiente bajo normas estrictas de higiene y seguridad.

En los sistemas de agua potable es recomendable la conducción directa a los tanques y a través de éstos alimentar a la red. Cuando la fuente de abastecimiento tenga la capacidad suficiente para proporcionar el gasto máximo horario, existe la alternativa de eliminar el tanque regulador, diseñando la conducción para este gasto; sin embargo, debe hacerse un análisis económico que permita seleccionar la mejor alternativa.

La capacidad de un tanque de regulación se obtiene en función del gasto máximo diario de proyecto y de la ley de demanda de la localidad (sección 1.2.6).

En general el suministro de agua al tanque es continuo durante las 24 horas, tanto en conducciones por gravedad como por bombeo, ya que no se justifica económicamente el diseño de una conducción con bombeo de mneos de 24 horas, salvo en casos excepcionales.

La elección del sitio y del tipo de tanque (superficial o elevado), se basa en las características físicas de la localidad, considerando las líneas de conducción y redes de distribución, tanto existentes como de proyecto.

La selección del tipo de estructura para el tanque depende de los materiales existentes en la región, de la disponibilidad de terreno y de las condiciones topográficas y geotécnicas.

El diseño de la fontanería de entrada y salida del tanque se realiza con el gasto máximo diario y horario, respectivamente.

Se debe realizar un análisis técnico-económico de las alternativas necesarias para definir el número de tanques adecuado, su capacidad, estructuración y localización; considerando que su operación y mantenimiento sean accesibles.

5.3.1. Tanque superficial

Es el más común que se construye para todo tipo de localidad siempre y cuando se cuente con una topografía adecuada, esto es, que existe el desnivel adecuado entre el sitio donde se construye el tanque y la población que es abastecida.

Los tanques a base de muros de mampostería, con piso y techo de concreto reforzado, se recomiendan para tirantes que van desde 1.0 hasta 3.5 m y capacidades hasta de 10,000 m^3.

Los tanques de concreto reforzado se recomiendan generalmente para tirantes entre 2.0 y 5.5 m.

Búsqueda por palabra

Para capacidades que varían de 5 000 a 50,000 m^3**,** se pueden construir tanques de concreto presforzado, con tirantes de 5.0 a 9.0 m. Este tipo de tanques puede ser la solución más adecuada por tiempo de construcción, ya que gran parte de sus elementos son prefabricados.

En cualquier caso, el tanque superficial debe quedar desplantado en su totalidad en terreno firme, evitando que alguna porción del mismo se apoye en rellenos.

En casos especiales puede desplantarse en terreno uniforme con una compactación adecuada (capítulo 3. Geotecnia).

Si el fondo del tanque se encuentra a un nivel más bajo que el alcantarillado, drenes, letrinas, depósitos de agua estancada u otra fuente de polución, el tanque debe alejarse de la misma 15.0 m como mínimo.

En general se deben programar las inversiones, considerando construir el tanque en varias cámaras o módulos, dejando las preparaciones de fontanería y el área de terreno suficiente para construir estas cámaras.

Para evitar el deterioro de la calidad del agua se debe tomar en cuenta que el volumen almacenado no sea estanco y se dé movilidad a la misma.

El diseño de la fontanería se debe realizar procurando que el flujo del agua tenga el menor número de cambios de dirección, con un mínimo de piezas especiales, pero cubriendo todas las posibilidades de operación.

En la entrada, el diámetro de la tubería corresponde al de la conducción. La descarga puede ubicarse por encima del espejo de agua, por un lado del tanque o por el fondo.

Se debe analizar el conjunto línea de conducción-tanque de almacenamiento, considerando los fenómenos transitorios, la topografía y los aspectos estructurales, para definir la ubicación de la entrada. En el diseño se debe asegurar que con cualquier falla de la línea de conducción el tanque funcione adecuadamente, evitando que se vacíe por la línea. Con estos accesorios se permitirá realizar trabajos de mantenimiento en la conducción.

En cualquier caso se debe llevar a cabo una revisión, para tener en cuenta la necesidad de proteger la losa de fondo, del efecto por el impacto de la caída o velocidades altas del flujo de entrada para niveles mínimos en el tanque.

En tanques presforzados, la entrada debe localizarse en el fondo del mismo.

El diseño de la fontanería de entrada y salida debe prever todas las etapas de proyecto de esas instalaciones.

En la salida, la tubería puede quedar alojada en una de las paredes del tanque o en la losa de fondo. En tanques que tienen una superficie proporcionalmente grande o tuberías de gran diámetro, es conveniente que la salida quede ubicada en el fondo, ya que para niveles bajos, el volumen almacenado puede aprovecharse en forma más eficiente que en una salida lateral. En especial para tanques de concreto presforzado es conveniente que la salida quede ubicada en la losa de fondo.

Por lo que se refiere a la macromedición, los medidores de gasto se instalarán preferentemente en la salida.

Para dar mantenimiento o hacer alguna reparación a los tanques de regulación, se debe considerar un paso lateral (by pass), entre las tuberías de entrada y salida, con sus correspondientes válvulas de seccionamiento, siempre y cuando no se pueda aislar modularmente un tanque que cuente con cámaras.

Se debe analizar la necesidad de diseñar una caja rompedora de presión o caja de transición, dentro de las instalaciones del paso lateral (by pass), en función de las características de la conducción, con la finalidad de mantener la presión adecuada a la salida.

La caja rompedora debe contar con una obra de excedencias y válvulas para controlar el flujo de entrada.

Generalmente en caso de una: fuga o reparación, los tanques se vacían a través de las líneas de salida que son las tuberías de mayor diámetro. El volumen remanente se extrae a través del desagüe de fondo, dimensionado en función del tiempo requerido para vaciar el tanque, se recomienda de 2 a 4 hrs, aunque se puede variar este lapso en función de las condiciones particulares de cada caso.

El vertedor de demasías es, en general, una tubería que se instala verticalmente en el interior del depósito, adosada a las paredes del mismo. Con el propósito de impedir la entrada de roedores y animales el tubo vertedor debe estar preparado, en su parte inferior, con una trampa hidráulica que además proporciona un colchón amortiguador para efecto de caída del flujo de excedencias.

Para la determinación del diámetro del orificio con descarga al tubo de demasías, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = CA\sqrt{2g\ H}$$

donde:

Q : Gasto de la conducción, en m^3/s
C : Coeficiente de descarga = 0.6, para orificios circulares con aristas vivas
A : Área de la tubería de demasías, en m^2
h : Carga sobre el orificio, en m. Su valor puede variar de 8 a 12 cm, de acuerdo con la situación de las ventilas y el valor del bordo libre.
g : Aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2)

Dependiendo de las características geotécnicas del sitio donde se desplante el tanque, se define la necesidad de diseñar un drenaje de fondo, que puede ser a base de filtros corridos o de una red de drenes.

Adicionalmente se debe analizar el drenaje pluvial de la zona de influencia del tanque, definiendo las obras necesarias para su desalojo.

Es recomendable que la fontanería de entrada y salida de tanques de regulación quede alojada en una sola trinchera, salvo limitaciones de espacio o topográficas.

Esta trinchera tendrá la suficiente profundidad para que las líneas de entrada y salida al tanque queden totalmente visibles, sobre apoyos de concreto o metálicos. Sus dimensiones deben ser tales que permitan la instalación, operación y mantenimiento del equipamiento alojado en ella y su ampliación a futuro si es el caso.

Es conveniente unir la descarga de demasías, desagüe de fondo, drenaje pluvial y drenaje de la trinchera, con la finalidad de proyectar una sola descarga general a las instalaciones de alcantarillado cercanas, revisando previamente su capacidad hidráulica, o bien, descargar en un sitio conveniente para su incorporación a alguna corriente natural.

La ventilación de los tanques se proporciona con tubos verticales u horizontales, provistos de codos, que atraviesan el techo o la pared, y terminan con un tubo colador o malla.

El registro de acceso debe sobresalir cuando menos 10 cm por encima del techo, se construirá con una cubierta impermeable que sobresalga alrededor del mismo, considerando un dispositivo de cierre.

Deben colocarse escaleras de acceso para la inspección, limpieza o para efectuar reparaciones en los tanques.

5.3.2. Tanques elevados

Se utilizan en localidades con topografía plana, donde no se dispone en su proximidad de elevaciones naturales con altimetría apropiada, considerando su localización de acuerdo con la operación del sistema, para que proporcione las presiones requeridas en la red de distribución. Se pueden construir de concreto y metálicos, en torres de 10, 15 y 20 m y con capacidades desde 10 hasta 1 000 m^3, para zonas rurales se recomiendan tanques con una capacidad mínima del 0 m^3.

La determinación de la capacidad de un tanque elevado se efectúa, como se mencionó para los tanques superficiales, en función del gasto máximo diario. En ocasiones puede justificarse construir tanques de menor capacidad (previo análisis técnico-económico), difiriendo la inversión a lo largo del periodo de diseño.

En la tubería de entrada se debe considerar la instalación de una válvula de seccionamiento que permita acciones de mantenimiento y una válvula de flotador o de altitud, localizando su entrada al tanque por la parte superior.

La tubería de salida siempre debe instalarse en la parte inferior del depósito y deben diseñarse las piezas especiales y válvulas de seccionamiento necesarias para que sea posible efectuar la limpieza del depósito.

En climas fríos debe preverse una adecuada protección para evitar el congelamiento del agua en la tubería.

Debe asegurarse que en los tanques elevados no se tengan demasías, dado que representa un desperdicio inadmisible, se evita por medio de válvulas de flotador, electroniveles o de preferencia con válvulas de altitud, sin embargo, como un requisito de seguridad es conveniente instalar un vertedor de demasías que esté constituido por tubería situada en el interior del depósito la que sé continua en la torre unida a una de las columnas. Su diámetro se determina con la fórmula indicada para los tanques superficiales.

La ventilación de los tanques se proporciona con tubos verticales, provistos de codos, que atraviesan el techo, y terminan con un tubo colador o malla.

El registro de acceso debe sobresalir cuando menos 10 cm por encima del techo, para que no penetren las aguas pluviales, se construirá con una cubierta impermeable que sobresalga alrededor del mismo, considerando un dispositivo de cierre.

Deben colocarse escaleras de acceso tipo "marino" para la inspección, limpieza o para efectuar reparaciones.

5.3.3. Capacidad de reserva

En los sistemas de agua potable para comunidades rurales, pequeñas y medianas, los tanques se diseñan exclusivamente para regular, salvo en casos excepcionales.

En sistemas grandes o con importante actividad industrial, comercial o turística, se debe analizar la capacidad adicional de los tanques tomando en cuenta los requerimientos para atender imprevistos como son, demandas contra incendio, falla de energía eléctrica (en sistemas de bombeo) y fallas en las líneas de conducción.

El análisis anterior debe realizarse para cada caso en particular, considerando las necesidades y experiencia del cuerpo de bomberos, además de investigar la vulnerabilidad de las líneas de transmisión eléctrica y la frecuencia en los cortes del suministro de energía.

Para el caso de localidades turísticas se debe considerar la población flotante para dimensionar el volumen de reserva que se requerirá en las temporadas de máxima demanda.

Es importante tener en cuenta que la capacidad de reserva sólo funcionará como tal cuando se cuente con un sistema de agua potable que satisfaga plenamente las demandas de la población, en caso contrario, el sobredimensionamiento de la capacidad de almacenamiento, en localidades que no cumplen con la condición anterior, no representa beneficio alguno ya que la demanda de la localidad no permite en ningún caso utilizar el volumen de reserva. Por esta razón, la programación de estas obras se llevará a cabo una vez cubierto el déficit de las fuentes de abastecimiento y el de infraestructura hidráulica, además de considerar la factibilidad económica y financiera y la disponibilidad de recursos económicos para su ejecución.

En este análisis se debe considerar que la capacidad de regulación de proyecto será aprovechada en su totalidad a partir de que se presente la población calculada como futura. Mientras esto sucede, se contará con una capacidad adicional que puede funcionar como de reserva para los casos mencionados.

De experiencias en otros países, se recomienda un incremento del 10 % de la capacidad de regulación para demanda contra incendio en comunidades grandes, y un incremento del 25 %, como máximo, para condiciones de emergencia y de acuerdo con los resultados del análisis que se realice. En cualquier caso, el incremento de la capacidad del tanque no debe exceder de un 25 %.

5.4. REDES DE DISTRIBUCIÓN

Es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de regulación hasta la entrada de los predios de los usuarios. Este sistema se forma con dos partes principales:

- Instalaciones del servicio público (red y tomas domiciliarias)
- Instalaciones particulares (instalación hidráulica de toda la edificación, que a partir del cuadro de la toma domiciliaria, es responsabilidad de los usuarios)

La red de distribución debe satisfacer, los requisitos siguientes:

- Suministrar agua en cantidad suficiente (gasto máximo horario de proyecto).
- El agua debe ser potable. Se debe tomar en cuenta lo indicado en las normas vigentes, referentes a la calidad del agua potable.
- Las presiones o cargas disponibles de operación en cualquier punto de la red deben estar comprendidas entre 1 .5 y 5.0 kg/cm^2 (15 a 50 mca). Para localidades urbanas pequeñas se puede admitir una presión mínima de 1.0 kg/cm^2 (10 mca).

- El diseño de la red de distribución debe tomar en cuenta la situación económica de los usuarios, para lo cual se debe considerar el estudio de factibilidad económica y financiera; esto es, tomando en cuenta los recursos económicos y financieros y su desarrollo, se debe analizar la conveniencia de diseñar la red para una etapa inmediata o bien, para un período más amplio.
- Las tuberías de agua potable se ubican separadas de otros conductos subterráneos (alcantarillado, gas, electricidad y telecomunicaciones), a una distancia libre mínima de 20 cm vertical y horizontal, aunque para esta última es recomendable una separación de 40 cm. La tubería de agua potable siempre debe localizarse por encima del alcantarillado.

En función de la topografía de la localidad y de los tanques de regulación disponibles (existentes y de proyecto), se define el funcionamiento hidráulico de la red de distribución y en caso necesario se divide en zonas independientes entre sí. Se debe analizar la operación y mantenimiento de la red, en condiciones normales y extraordinarias, para diseñar los seccionamientos adecuados.

La planimetría de la localidad es determinante para elegir el tipo de red por diseñar: abierta, en forma de malla o cerrada, o con una combinación de ambas (red combinada).

La red abierta se tiene generalmente cuando la topografía y el alineamiento de las calles no permiten tener circuitos, o bien, en comunidades con predios muy dispersos.

Lo recomendable es tener redes a base de circuitos, por su eficiencia hidráulica y flexibilidad de operación.

De acuerdo con la magnitud de sus diámetros, las tuberías se clasifican en: líneas de alimentación, redes primarias y redes secundarias o de relleno.

5.4.1. Líneas de alimentación

Una línea de alimentación es una tubería que inicia en un tanque de regulación y suministra agua directamente a la red de distribución. En caso de que haya más de una línea de alimentación, la suma de los gastos en estas líneas hacia la red de distribución debe ser igual al gasto máximo horario.

5.4.2. Redes primarias

Este tipo de redes se usa para conducir el agua por medio de líneas troncales o principales. Las secundarias o de relleno están conectadas a las redes primarias.

Cuando la traza de las calles forme una malla que permita proyectar circuitos, su longitud deberá variar entre 400 y 600 m.

El diámetro mínimo por utilizar es de 100 mm; sin embargo, en colonias urbanas populares se puede aceptar 75 mm y en zonas rurales hasta 50 mm.

El cálculo hidráulico de la red primaria se realiza para las condiciones estáticas; sin embargo, cuando es posible, ésta se calcula para las condiciones dinámicas, lo que permite verificar las presiones en la red y las variaciones de nivel en los tanques a través del tiempo.

Se debe utilizar como base para el cálculo hidráulico un plano actualizado de la localidad, con la infraestructura existente y de proyecto, que muestre las diferentes zonas por abastecer (doméstico, comercial e industrial), así como las zonas de futura ampliación, de acuerdo con los planes de desarrollo urbano.

Los cálculos se realizan con ayuda de la computadora, para lo cual existen varios paquetes en el mercado.

Las válvulas de seccionamiento sirven principalmente para operar y dar mantenimiento a la red primaria; cuando no se consideran, el costo de inversión se reduce, pero en consecuencia, los costos de operación y mantenimiento aumentan en forma considerable. Por otro lado, ubicar válvulas en cada crucero encarece la construcción y complica la operación y el mantenimiento.

En una red primaria él número de válvulas debe tender al mínimo, considerando que su operación y mantenimiento sean económicas y que se puedan realizar acciones de detección y control de fugas en forma sistemática.

5.4.3. Redes secundarias o de relleno

Una vez definidas las líneas de alimentación y las redes primarias, las tuberías restantes para cubrir la totalidad de calles son conocidas como redes secundarias o de relleno.

El diámetro de las redes secundarias para áreas urbanas populares debe ser de 50 ó 60 mm, y para ciudades de importancia de 75 ó 100 mm. Para la justificación de estos diámetros se considerará la densidad de población del área por servir.

La red de relleno no se calcula hidráulicamente, se consideran tres arreglos: red convencional, red en dos planos y red secundaria en bloques.

En la red convencional (ver figura 2. ref. 10), los conductos se unen a la red primaria y entre sí en cada cruce de calles, instalando válvulas de seccionamiento tanto en su conexión a la red primaria como en sitios estratégicos de la red secundaria. Este arreglo da por resultado utilizar una gran cantidad de válvulas y piezas especiales, lo que representa un alto costo de los accesorios y una complicada operación de las redes.

Cuando se trata de una red en dos planos, las tuberías se conectan a la red primaria en dos puntos opuestos cuando la red está situada en el interior de los circuitos o bien en un solo crucero en los casos de líneas exteriores a ellos (funcionando como líneas abiertas).

En condiciones topográficas favorables, la longitud máxima de una tubería secundaria debe estar entre 400 y 600 m, principalmente cuando tiene una sola conexión a la red primaria (funcionando como línea abierta).

La red secundaria en bloques consiste en: Las tuberías secundarias forman bloques que se conectan con la red primaria en dos puntos. La red principal no recibe conexiones domiciliarias. La longitud total de las tuberías secundarias dentro de un bloque normalmente es de 2000 a 5000 m (ver figura 6. ref. 10).

Para mayor información se puede consultar el libro técnico “Redes de distribución” el cual forma parte de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS).

5.4.4. Requerimientos contra incendio

En las localidades donde sea necesario atender la demanda contra incendio, se deben ubicar hidrantes en función a las necesidades, equipo disponible y experiencia del cuerpo de bomberos.

La mínima presión en cualquier hidrante no será inferior a 3 mca, cuando se esté extrayendo agua.

En condiciones de emergencia se acepta que el suministro de la red de distribución se destine a la zona de conflicto, mediante el manejo de válvulas, disminuyendo el servicio a los usuarios.

5.4.5. Cruceros de la red

Para hacer las conexiones de las tuberías en los cruceros, para cambios de dirección y de diámetro, interconexiones, instalación de válvulas de seccionamiento, etc., se utilizan piezas especiales.

Todas las tees, codos y tapas ciegas llevarán atraques de concreto, según el plano V.C. 1938.

En los cruceros con válvulas, se hará la selección de la caja adecuada para su operación (planos V.C. 1956, V.C. 1957 y V.C. 1958), en función del diámetro, número de válvulas y su ubicación.

Búsqueda por palabra

Todos los planos V.C. que se mencionan en esta sección fueron elaborados por la extinta SAHOP (“Manual de normas de proyecto para obras de aprovisionamiento de agua potable en localidades urbanas de la República Mexicana”).

5.4.6. Tomas domiciliarias

La selección del tipo de toma queda a criterio del organismo operador, en función de su experiencia y de las características particulares de la localidad. Se debe analizar en las localidades urbanas las zonas donde es conveniente instalar micromedición. Se recomienda consultar la referencia 9.

Para mayor información se puede consultar el libro técnico “Tomas domiciliarias” el cual forma parte de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS).

6. ALCANTARILLADO SANITARIO

INTRODUCCIÓN

En el desarrollo de las localidades urbanas, sus servicios en general se inician con un precario abastecimiento de agua potable y van satisfaciendo sus necesidades con base en obras escalonadas en bien de su economía. Como consecuencia se presenta el problema del desalojo de las aguas servidas o aguas residuales. Se requiere así la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para eliminar las aguas negras que produce una población, incluyendo al comercio y a la industria.

Un sistema de alcantarillado está integrado por todos o algunos de los siguientes elementos: atarjeas, colectores, interceptores, emisores, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, descarga final y obras accesorias. El destino final de las aguas servidas podrá ser desde un cuerpo receptor hasta él rehusó dependiendo del tratamiento que se realice y de las condiciones particulares de la zona de estudio.

Los desechos líquidos de un núcleo urbano, están constituidos, fundamentalmente, por las aguas de abastecimiento después de haber pasado por las diversas actividades de una población. Estos desechos líquidos, se componen esencialmente de agua, más sólidos orgánicos disueltos y en suspensión.

Existe la norma oficial mexicana NOM-CCA-031-ECOL/93, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales provenientes de la industria, actividades agro industriales, de servicios y del tratamiento de aguas residuales a los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano o municipal; sin embargo la industria, el comercio y el usuario en general, no siempre cumplen con dicha norma, vertiendo substancias que son peligrosas en un alcantarillado, por lo que se debe tener especial cuidado en eliminar este tipo de substancias.

El encauzamiento de aguas residuales evidencia la importancia de aplicar lineamientos técnicos, que permitan elaborar proyectos de alcantarillado económicos, eficientes y seguros, considerando que deben ser autolimpíantes, autoventilantes e hidráulicamente herméticos.

Para el sistema de alcantarillado, se deben plantear las alternativas necesarias, definiendo a nivel de esquema las obras principales que requieran cada una de ellas. Se deben considerar los aspectos constructivos y los costos de inversión para cada una de las alternativas. Se selecciona la alternativa que asegure el funcionamiento adecuado con el mínimo costo.

El período de diseño para un sistema de alcantarillado sanitario debe definirse de acuerdo a los lineamientos establecidos en el capítulo 1. Datos Básicos.

En el dimensionamiento de los diferentes componentes de un sistema de alcantarillado, se debe analizar la conveniencia de programar las obras por etapas, existiendo congruencia entre los elementos que lo integran y entre las etapas que se propongan para este sistema, considerando el de agua potable.

El diseño hidráulico debe realizarse para la condición de proyecto, pero siempre considerando las diferentes etapas de construcción que se tengan definidas.

Los equipos en las estaciones de bombeo (cuando se requieran) y en la planta de tratamiento, deben obedecer a un diseño modular, que permita su construcción por etapas y puedan operar en las mejores condiciones de flexibilidad, de acuerdo con los gastos determinados a través del período de diseño establecido para el proyecto.

En el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario se debe conocer la infraestructura existente en la localidad y asegurar que, en los cruces con la red de agua potable, la tubería del alcantarillado siempre se localice por debajo.

La mayoría de los alcantarillados en localidades medianas y grandes se han diseñado y construido para funcionar en forma combinada, considerando las aportaciones pluviales. A través del tiempo se ha observado que esta práctica genera problemas de contaminación y de operación de los sistemas, por la incapacidad de tratamiento a la totalidad de las aguas captadas. Aprovechando esta experiencia, en general, los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial deben de diseñarse en forma separada.

6.1. RED DE ATARJEAS

La red de atarjeas tiene por objeto recolectar y transportar las descargas de aguas negras domésticas, comerciales e industriales, para conducir los caudales acumulados hacia los colectores o emisores.

La red está constituida por un conjunto de tuberías por las que circulan las aguas negras. El ingreso del agua a las tuberías es paulatino a lo largo de la red, acumulándose los caudales, lo que da lugar a ampliaciones sucesivas de la sección de los conductos en la medida en que se incrementan los caudales. De esta manera se obtienen las mayores secciones en los tramos finales de la red y no es admisible diseñar reducciones en los diámetros en el sentido del flujo.

La red se inicia con la descarga domiciliaria o albañal, a partir del paramento exterior de las edificaciones. El diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 15 cm, siendo éste el mínimo aceptable. La conexión entre albañal y atarjea debe ser hermética.

A continuación se tienen las atarjeas, localizadas generalmente al centro de las calles, las cuales van recogiendo las aportaciones de los albañales. El diámetro mínimo que se utiliza en la red de atarjeas es de 20 cm y su diseño, en general, debe

seguir la pendiente natural del terreno, siempre y cuando cumpla con los límites máximos y mínimos de velocidad y la condición mínima de tirante, los cuales se definen en el capítulo 1. Datos Básicos.

La estructura típica de liga entre dos tramos de la red es el pozo de visita, que permite el acceso del exterior para su inspección y maniobras de limpieza. Las uniones de la red de atarjeas con los pozos de visita deben ser herméticas.

Los pozos de visita deben localizarse en todos los cruceros, cambios de dirección, pendiente y diámetro y para dividir tramos que exceden la máxima longitud recomendada para las maniobras de limpieza y ventilación. En la sección 6.4.2 se especifica la separación máxima entre pozos de visita.

Con objeto de aprovechar al máximo la capacidad de los tubos, en el diseño de las atarjeas se debe dimensionar cada tramo con el diámetro mínimo, que cumpla las condiciones hidráulicas definidas por el proyecto.

Para realizar un análisis adecuado de la red de atarjeas, se requiere considerar, en forma simultánea, las posibles alternativas de trazo y funcionamiento de colectores, emisores y descarga final, como se describe en las secciones correspondientes.

6.1.1. Definiciones

Albañal o descarga domiciliaria. Instalación que conecta la salida sanitaria de una edificación a la red de atarjeas.

Red de atarjeas. Tuberías que recogen el agua residual de los albañales y la conducen a los colectores o emisores.

Cabeza de atarjea. Extremo inicial de una atarjea.

6.1.2. Modelos de configuración de atarjeas

El trazo de atarjeas generalmente se realiza coincidiendo con el eje longitudinal de cada calle. Los trazos más usuales se pueden agrupar en forma general en los siguientes tipos:

6.1.2.1. Trazo en bayoneta

Se denomina así al trazo que iniciando en una cabeza de atarjea tiene un desarrollo en zigzag o en escalera.

Las ventajas de utilizar este tipo de trazo son reducir el número de cabezas de atarjeas y permitir un mayor desarrollo de las atarjeas, incrementando el número de descargas para facilitar que los conductos adquieran un régimen hidráulico establecido, logrando con ello aprovechar adecuadamente la capacidad de cada uno

Búsqueda por palabra

de los conductos. Sin embargo, la dificultad que existe en su utilización es que el trazo requiere de terrenos con pendientes bajas más o menos estables y definidas.

6.1.2.2. Trazo en peine

Es el trazo que se forma cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo, empiezan su desarrollo en una cabeza de atarjea, descargando su contenido en una tubería común de mayor diámetro, perpendicular a ellas.

Algunas ventajas y desventajas que se obtienen con este tipo de trazo son las siguientes:

- Ventajas:

  Se garantizan aportaciones rápidas y directas de las cabezas de atarjeas a la tubería común de cada peine, y de éstas a los colectores, propiciando que se presente rápidamente un régimen hidráulico establecido.

  Se tiene una amplia gama de valores para las pendientes de las cabezas de atarjeas, lo cual resulta útil en el diseño cuando la topografía es muy irregular.

- Desventajas:

  Debido al corto desarrollo que generalmente tienen las atarjeas iniciales antes de descargar a un conducto mayor, en la mayoría de los casos aquéllas trabajan por abajo de su capacidad, ocasionando que se desaproveche parte de dicha capacidad.

  En muchas ocasiones, como las atarjeas iniciales van poco profundas, a fin de que puedan descargar al conducto perpendicular común, de diámetro mayor, se requiere de gran cantidad de pozos con caída adosada para cada una de estas atarjeas, lo cual eleva el costo de la construcción.

6.1.2.3. Trazo combinado

Corresponde a una combinación de los dos trazos anteriores y a trazos particulares obligados por los accidentes topográficos de la zona.

Aunque cada tipo de trazo tiene ventajas y desventajas particulares respecto a su uso, el modelo de bayoneta tiene cierta ventaja sobre otros modelos, en lo que se refiere al aprovechamiento de la capacidad de las tuberías. Sin embargo, este no es el único punto que se considera en la elección del tipo de trazo, pues depende fundamentalmente de las condiciones topográficas del sitio en estudio.

Para mayor información se puede consultar el libro técnico “Alcantarillado sanitario” el cual forma parte de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS).

6.1.3. Factores que intervienen en el diseño de la red

6.1.3.1. Topografía

La circulación del agua en las tuberías debe tender a ser por gravedad, dependiendo del diseño de la red, de la correcta ubicación de colectores y emisores, y de las pendientes que puedan obtenerse de acuerdo con la topografía de la localidad.

Para lo anterior es necesario basarse en un plano topográfico actualizado, dibujado a escala 1:1,000 ó 1:2,000 con información producto de nivelación directa, ya sea curvas de nivel equidistantes a cada metro, o elevaciones en cruceros y puntos notables.

Se requiere también de un plano predíal o de uso del suelo, en el que se localicen las zonas de jardines, espacios abiertos, lugares notables y las distintas zonas urbanas, comerciales e industriales con sus densidades de población y de ocupación actuales. Plano de pavimentos y banquetas, anotando su tipo y estado de conservación, además de indicar la profundidad del nivel freático, la clasificación del terreno en porcentajes del tipo de material y, en su caso, localización de los sondeos efectuados.

Si el proyecto por desarrollar se refiere a ampliaciones, o rehabilitación de una red existente, debe contarse con un plano de la red, que indique la longitud de los tramos, elevaciones del terreno y plantillas en los pozos de visita, de los tubos de entrada y salida y puntos notables, tipo, secciones de los conductos y estado de conservación sus accesorios, la descarga actual y uso de las aguas negras.

Se deben obtener datos de las áreas con servicio actual de agua potable y de las futuras ampliaciones, con sus programas de construcción así como las densidades de población y dotaciones para cada una de las etapas de proyecto que se tengan consideradas.

6.1.3.2. Cálculo de gastos

Los gastos que se consideran en los proyectos de alcantarillado son: Gasto medio, mínimo, máximo instantáneo y máximo extraordinario. Los tres últimos se determinan a partir del primero (capítulo 1, Datos Básicos),

La cuantificación del gasto medio de aguas negras en un tramo de la red, se hace en función de la población y de la aportación de aguas negras. Esta aportación equivale a un porcentaje de la dotación de agua potable, el cual se obtiene a partir de mediciones en la localidad correspondiente, sin embargo cuando no se cuenta con esta información se puede utilizar el 75%, En el cálculo de la aportación se debe considerar la dotación de agua potable en función de los diferentes usos del suelo, sean comercial, industrial y domésticos popular, medio y residencial.

El gasto mínimo generalmente se considera como la mitad del gasto medio, sin embargo, para los tramos iniciales de la red y cuando se tengan pendientes muy pequeñas o muy grandes, se acepta como cuantificación práctica del gasto mínimo probable de aguas negras, la descarga de uno o varios excusados tal como se indica en el capítulo 1. Datos Básicos. Lo anterior asegura cumplir con la velocidad mínima para pendientes muy pequeñas y con el tirante mínimo para pendientes muy grandes, considerando el menor gasto probable de descarga.

Con este gasto mínimo, se revisa que la velocidad de flujo en un tramo de tubería sea mayor o igual a la mínima permisible.

El gasto máximo instantáneo resulta de la multiplicación del gasto medio por el coeficiente de variación de Harmon, que está en función de la población acumulada para el tramo considerado.

El gasto máximo extraordinario se obtiene afectando al gasto máximo instantáneo por un coeficiente de seguridad, que, puede ser igual a 1. 5 en el caso de rehabilitaciones a una red existente; o igual a 1 .0 para nuevos asentamientos, siempre y cuando se garantice que las aportaciones pluviales de los lotes urbanizados no se conecten a los albañales o a las atarjeas del alcantarillado sanitario.

Con el gasto máximo extraordinario, se realiza el diseño hidráulico de cada tramo de la red de atarjeas y se revisa que la velocidad de flujo sea menor o igual a la máxima permisible.

El cálculo de estos gastos se presenta en el capítulo 1. Datos Básicos.

6.1.4. Diseño hidráulico

Con los datos topográficos y el plano predial o de uso del suelo, se procede a definir las áreas de la población que requieren proyecto y las etapas de construcción, inmediata y futura, basándose en el proyecto de distribución de agua potable y los requerimientos propios del proyecto de la red de alcantarillado sanitario.

Se hace una revisión detallada de la red existente, de la cual se eligen las tuberías aprovechables por su buen estado de conservación y reunir los requisitos de capacidad necesaria, las que se toman en cuenta como parte del proyecto, modificando o reforzando los tramos que lo requieran.

El primer paso del proyecto consiste en efectuar el trazo de la red de atarjeas, en combinación con los trazos definidos para los colectores y emisores (sección 6.2). Se deben analizar las alternativas de trazo y combinaciones que sean necesarias, de acuerdo a las condiciones particulares de la zona que se estudie, con objeto de asegurar la selección de la mejor combinación técnica y económica.

Búsqueda por palabra

Los pasos subsecuentes del proyecto son el cálculo de la pendiente y elevaciones de plantilla para todos y cada uno de los tramos de tubería, la selección del tipo de tubería por utilizar (en función del análisis técnico-econ6mico que plantee la solución de mínimo costo), y el cálculo de los diámetros.

Las profundidades de instalación de las atarjeas quedan definidas por:

- La topografía
- El trazo
- Los colchones mínimos
- Las velocidades máxima y mínima
- Las pendientes del proyecto
- La existencia de conductos de otros servicios
- Las descargas domiciliarias
- La economía de las excavaciones
- La resistencia de las tuberías a cargas exteriores

La profundidad mínima la determinan el colchón mínimo necesario para la debida protección de la tubería y la seguridad de permitir que se conecten los albañales domiciliarios. Por lo que se debe tener muy en cuenta la infraestructura existente.

El colchón mínimo necesario para evitar rupturas del conducto ocasionadas por cargas vivas, es de:

- 0.9 m para tuberías con diámetro de hasta 45 cm
- m para tuberías mayores de 45 cm y hasta 122 cm de diámetro
- 1.3 m para tuberías mayores de 122 cm y hasta 183 cm de diámetro
- 1.5 m para tuberías mayores de 183 cm de diámetro,

Para permitir la correcta conexión de los albañales se acepta que el albañal tenga como mínimo una pendiente de 1% y que el registro interior más próximo al paramento del predio tenga una profundidad mínima de 60 cm.

La profundidad máxima se debe determinar mediante un estudio económico comparativo entre el costo de instalación del conducto principal con sus albañales correspondientes, y el de atarjea o atarjeas laterales (madrinas), incluyendo los albañales respectivos; no obstante, la experiencia ha demostrado que entre 3 y 4 m de profundidad el conducto principal puede recibir directamente los albañales de las descargas y que a profundidades mayores, resulta más económico el empleo de atarjeas laterales o madrinas.

El diseño hidráulico de una red de atarjeas se realiza tramo por tramo**,** iniciando en las cabezas de atarjeas y finalizando en la entrega a los colectores o emisores.

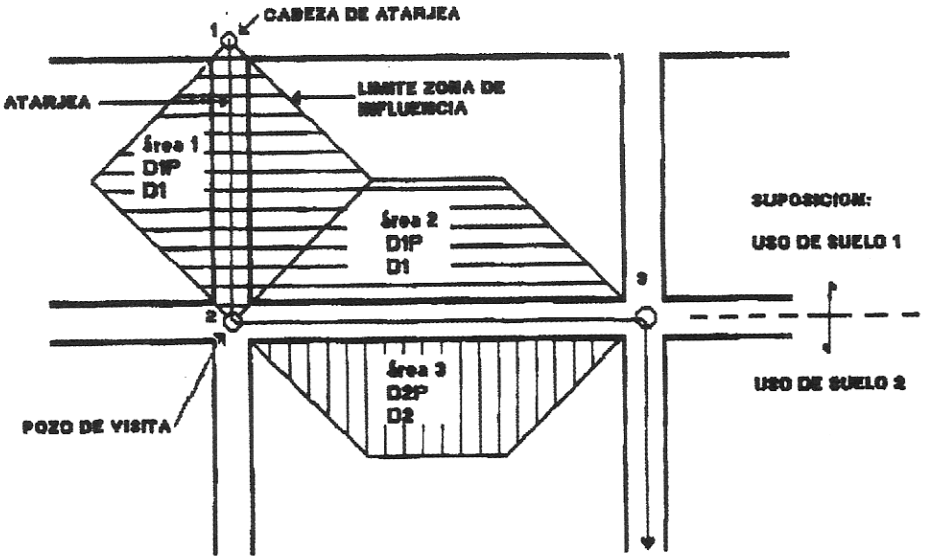
Para el diseño de un tramo de la red, se deben ejecutar los siguientes pasos (figura 6.1):

- Delimitar la zona de influencia del tramo que se calcula.
- Obtener el área total de la zona, dividida en los diferentes usos del suelo que se presenten. En general los usos del suelo se dividen en comercial, industrial y doméstico, este último también se diferencia en popular, medio y residencial
- Para cada uno de los usos del suelo se obtiene la densidad de proyecto y la dotación de agua potable. Estos datos se pueden obtener del proyecto de agua potable (en caso de que exista) o del estudio de factibilidad correspondiente.
- Para cada uso del suelo se calcula su población con el área y la densidad de población correspondiente. Se suman todas las poblaciones calculadas para dicho tramo y se hace un acumulado con los resultados de el o los tramos anteriores.
- Con la población del tramo que se estudia (sin acumular), se calcula el gasto medio de dicho tramo y se acumula a los gastos medios de los tramos anteriores.
- Con los gastos medios acumulados se calcula el gasto mínimo, el cual se utiliza en la revisión de la velocidad mínima en el tramo.
- Con la población acumulada se calcula el coeficiente de variación o de Harmon y con los gastos medios acumulados se calculan los gastos máximos instantáneo y extraordinario del tramo.

Es conveniente calcular en forma aproximada las pendientes gobernadoras entre determinados puntos críticos motivados por condiciones topográficas, cruces con accidentes naturales, cruces con obras de otros servicios y probables conexiones con tuberías existentes, entre otros.

El cálculo de las pendientes y elevaciones de plantilla que se lleva a cabo tramo por tramo, depende del debido aprovechamiento de los desniveles topográficos y, de ser posible, conseguir que las pendientes de la tubería sean semejantes a las del terreno.

La elección de la pendiente se hace en forma tal que la tubería satisfaga, con el menor diámetro, la capacidad de conducción requerida sin exceder los límites de profundidad mínima, pendientes y velocidades máxima y mínima. (capítulo 1. Datos Básicos).



$área_1$ = zona de influencia del tramo 1-2, suponiendo un uso del suelo 1
$área_2$ = zona de influencia parcial del tramo 2-3, suponiendo un uso del suelo 1
$área_3$ = zona de influencia parcial del tramo 2-3, suponiendo un uso del suelo 2

D_1P = densidad de población del uso del suelo 1
D_2P = densidad de población del uso del suelo 2

D_1 = dotación de agua potable, correspondiente al uso del suelo 1
D_2 = dotación de agua potable, correspondiente al uso del suelo 2

$P_{(1-2)} = área_1 \cdot D_1P$ población del tramo 1-2
$P_{(2-3)} = (área_2 \cdot D_1 P) + (área_3 - D_2P)$ población del tramo 2-3

$P_{(acum\ 2-3)} = P_{(1-2)} + P_{(2-3)}$ población acumulada del tramo 2-3

$A_1 = 0.75 - D_1$ aportación correspondiente al uso del suelo 1
$A_2 = 0.75 - D_2$ aportación correspondiente al uso del suelo 2

$$Q_{med}\ (1-2) = \frac{A_1\ (área_1\ D_1P)}{86\,400} \qquad M_{(1-2)} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P_{(1-2)}}}$$

$$Q_{med}\ (2-3) = \frac{[A_1\ (área_2\ D_1P)] + [A_2\ (área_3\ D_2P)]}{86\,400}$$

$$Q_{med}\ (acum\ 2-3) = Q_{med}\ (1-2) + Q_{med}\ (2-3) \qquad M_{(2-3)} = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P(acum\ 2-3)}}$$

Figura 6.1 Diseño hidráulico de atarjeas

Búsqueda por palabra

Debe seleccionarse el diámetro de las tuberías de manera que su capacidad sea tal, que a gasto máximo extraordinario, el agua escurra sin presión a tubo lleno y con un tirante para gasto mínimo que permita arrastrar las partículas sólidas en suspensión, debiendo como mínimo alcanzar ese tirante el valor de 1.0 cm en casos de fuertes pendientes y en casos normales el de 1.5 cm.

Se emplea la fórmula de Manning para calcular la velocidad del agua en las tuberías cuando trabajen llenas, utilizando además, las relaciones hidráulicas y geométricas de esos conductos, al operar parcialmente llenos.

La expresión algebraica de la fórmula de Manning es:

$$V = \frac{1}{n} r^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

donde:

V : velocidad media del flujo, en m/s
n : coeficiente de rugosidad
r : radio hidráulico, en m
S : pendiente de fricción (pérdida de carga unitaria, en m/m)

Para un tramo dado, se calculan los gastos de aguas negras medio, mínimo, máximo instantáneo y máximo extraordinario, como ya se mencionó.

Considerando la topografía, la infraestructura existente y las características particulares de cada tramo, se propone una pendiente para la tubería.

Con el valor del gasto máximo extraordinario de cada tramo y su pendiente, se propone un diámetro el cual no debe ser menor al del tramo anterior.

Aplicando la fórmula de Manning se obtiene la velocidad a tubo lleno y con ésta, el gasto a tubo lleno. Si este gasto es menor al gasto máximo extraordinario se propone un diámetro mayor, si es igual o mayor, se continúa el cálculo.

Se obtienen los tirantes y las velocidades reales de flujo en el tramo utilizando la gráfica para tubos parcialmente llenos. La velocidad máxima de flujo corresponde al gasto máximo extraordinario, la mínima de flujo corresponde al gasto mínimo; se comparan estos tirantes y velocidades con los límites permitidos, si cumplen con ellos, el diámetro y la pendiente propuestos son adecuados y el cálculo se continúa con el siguiente tramo.

6.2. COLECTORES, INTERCEPTORES Y EMISORES

Por razones de economía, los colectores, interceptores y emisores deben tender a ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural.

Búsqueda por palabra

El escurrimiento debe ser por gravedad, excepto en condiciones muy particulares donde se requiere el bombeo para:

- Elevar las aguas negras de un conducto profundo a otro más superficial, cuando constructivamente no es económico continuar con las profundidades resultantes.
- Pasar las aguas negras de una zona de drenaje a otra.
- Entregar las aguas negras a una planta de tratamiento o a una estructura de descarga, por condiciones que así lo requieran.

6.2.1. Definiciones

Colector.- Es la tubería que recoge las aguas negras de las atarjeas. Puede terminar en un interceptor, en un emisor o en la planta de tratamiento. No es admisible conectar los albañales directamente a un colector; en estos casos el diseño debe prever atarjeas paralelas a los colectores.

Interceptor.- Es la tubería que recibe exclusivamente las aguas negras de los colectores y termina en un emisor o en la planta de tratamiento.

Emisor.- Es el conducto que recibe las aguas de un colector o de un interceptor. No recibe ninguna aportación adicional en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la planta de tratamiento. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas de la planta de tratamiento al sitio de descarga.

6.2.2. Modelos de configuración para colectores, interceptores y emisores

Para recolectar las aguas residuales de una localidad, se debe seguir un modelo de configuración para el trazo de las principales tuberías lo cual fundamentalmente depende de:

- La topografía dominante
- El trazo de las calles
- El o los sitios de vertido
- La disponibilidad de terreno para ubicar la planta o plantas de tratamiento.

En todos los casos deben de realizarse los análisis de alternativas que se requieran, tanto para definir los sitios y números de bombeos a proyectar, como el número de plantas de tratamiento y sitios de vertido, con objeto de asegurar el proyecto de la alternativa técnico-económica más adecuada.

Los patrones más usuales se pueden agrupar en la siguiente clasificación:

Búsqueda por palabra

6.2.2.1. Modelo perpendicular

En el caso de una comunidad a lo largo de una corriente, con el terreno inclinándose suavemente hacia ésta, la mejor forma de colectar las aguas residuales se logra colocando tuberías perpendiculares a la corriente.

Adicionalmente debe analizarse la conveniencia de conectar los colectores, con un interceptor paralelo a la corriente, para tener el menor número de descargas.

6.2.2.2. Modelo radial

En este modelo las aguas residuales fluyen hacia afuera de la localidad, en forma radial a través de colectores.

6.2.2.3. Modelo de interceptores

Este tipo de modelo se emplea para recolectar aguas residuales en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas, sin grandes desniveles y cuyas tuberías principales (colectores) se conectan a una tubería mayor (interceptor) que es la encargada de transportar las aguas residuales hasta la planta de tratamiento.

6.2.2.4. Modelo de abanico

Cuando la localidad se encuentra ubicada en un valle, se pueden utilizar las líneas convergentes hacia una tubería principal (colector) localizada en el interior de la localidad, originando una sola tubería de descarga.

Para mayor detalle se puede consultar el libro técnico “Alcantarillado sanitario” el cual forma parte de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS).

6.2.3. Factores que intervienen en el diseño

6.2.3.1. Topografía

La circulación del agua en las tuberías debe tender a ser por gravedad, dependiendo de la correcta ubicación de colectores, interceptores y emisores, y de las pendientes que puedan obtenerse de acuerdo con la topografía de la zona.

Para lo anterior es necesario basarse en un plano topográfico actualizado, dibujado a escala 1:2 000 con información producto de nivelación directa, ya sea curvas de nivel equidistantes a cada metro, o elevaciones en cruceros y puntos notables.

Se requiere también de un plano de pavimentos y banquetas, anotando su calidad y estado de conservación, además de indicar la profundidad del nivel freático, la

clasificación del terreno en porcentajes del tipo de material y, en su caso, localización de los sondeos efectuados.

Si el proyecto por desarrollar se refiere a ampliaciones, o rehabilitación de la tubería principal (colectores, interceptores y emisores), debe contarse con un plano que indique la longitud de los tramos, elevaciones del terreno y plantillas en los pozos de visita y puntos notables; tipo, secciones de los conductos y estado de conservación; sus accesorios, la descarga actual, y uso de las aguas negras.

Se deben obtener datos de las áreas servidas actuales, de proyecto inmediatas y futuras, determinadas por el desarrollo de la población.

6.2.3.2. Cálculo de gastos

Para los colectores e interceptores, los gastos de diseño se calculan como se indica en la sección 6.1.3.2.

Para el emisor el gasto de diseño es igual al caudal de agua captado por la red de atarjeas que aporte a dicho emisor, y lo recibe a través de colectores o interceptores.

6.2.4. Diseño hidráulico

Basándose en información topográfica, deben definirse las mejores rutas del trazo de los colectores, interceptores y emisores; considerando la conveniencia técnico-económica de contar con uno a varios sitios de descarga, con sus correspondientes plantas de tratamiento.

El primer paso del proyecto consiste en efectuar el trazo de emisores, interceptores y colectores, de los que conviene hacer alternativas y elegir la más económica dentro de un óptimo funcionamiento.

En los casos en que se cuente con tubería existente, se hace una revisión detallada eligiendo los tramos aprovechables por su buen estado de conservación y por reunir los requisitos de capacidad necesaria, los que se toman en cuenta en el proyecto total como parte de él, modificando o reforzando la tubería que lo requiera.

Los resultados anteriores se utilizan para analizar la red de atarjeas y en caso necesario se modifica o adiciona otra alternativa hasta que el conjunto red de atarjeas-colectores, interceptores y emisores-tratamiento presente la mejor solución técnica y económica.

Los pasos subsecuentes del proyecto son el cálculo de la pendiente y elevaciones de plantilla para todos y cada uno de los tramos de tubería, la selección del tipo de tubería por utilizar (en función del análisis técnico-económico que plantee la solución de mínimo costo), y el cálculo de los diámetros.

Las profundidades de instalación de los colectores, interceptores y emisores, quedan definidas por:

- Las cotas de la red de atarjeas en sus puntos de entrega (existentes y de proyecto)
- La topografía El trazo
- Los colchones mínimos
- Las velocidades máxima y mínima Las pendientes del proyecto
- La existencia de conductos de otros servicios La economía de las excavaciones
- La resistencia de las tuberías a cargas exteriores

El colchón mínimo necesario para evitar rupturas del conducto se indica en la sección 6.1.4.

La profundidad máxima se debe determinar mediante un estudio económico comparativo entre el costo de instalación del conducto principal trabajando a gravedad, o utilizando un bombeo para disminuir dicha profundidad.

Es conveniente calcular en forma aproximada las pendientes gobernadoras entre determinados puntos críticos motivados por condiciones topográficas, cruces con accidentes naturales, cruces con obras de otros servicios y probables conexiones con tuberías existentes, entre otros.

El cálculo de las pendientes y elevaciones de plantilla que se lleva a cabo tramo por tramo, depende del debido aprovechamiento de los desniveles topográficos y, de ser posible, conseguir que las pendientes de la tubería sean semejantes a las del terreno.

La elección de la pendiente se hace en forma tal que la tubería satisfaga, con el menor diámetro, la capacidad de conducción requerida sin exceder los límites de profundidad mínima, pendientes y velocidades máxima y mínima. (capítulo 1 . Datos Básicos).

6.2.4.1. Colectores e interceptores

El diseño hidráulico de los colectores e interceptores, se lleva a cabo en forma análoga al de la red de atarjeas, aplicando la metodología que se presenta en la sección 6.1.4.

6.2.4.2. Emisores

Los emisores tienen por objeto conducir el caudal de aguas negras de la red de alcantarillado, a la planta de tratamiento y de la planta de tratamiento al sitio de vertido final. Pueden trabajar a gravedad o a presión dependiendo de las condiciones particulares del proyecto.

Los emisores se diseñan para el gasto máximo extraordinario de proyecto, en el tramo de la red a la planta de tratamiento, y para el gasto de producción del tratamiento en el tramo de la planta al vertido final.

Los emisores pueden ser canales a cielo abierto cuando transportan los caudales ya tratados.

En el proyecto de sistemas de alcantarillado se procurará que la descarga del emisor al cuerpo receptor definido, sea libre y que funcione por gravedad. Generalmente el emisor está formado por tuberías con pozos de visita para su inspección y limpieza, localizados en todos los cambios de dirección, pendiente y en los tramos rectos a las distancias especificadas en la sección 6.4.2.5.

Se considera que el conducto trabaja en régimen hidráulico establecido y que en todos los casos el movimiento es uniforme.

En el tramo entre la planta de tratamiento y la descarga, el conducto puede ser cerrado o un canal a cielo abierto. El costo del emisor debe justificar la elección de uno u otro, dependiendo del estudio económico que se elabore y las condiciones locales como el tipo de terreno, pendiente, profundidad obligada del emisor, localización en zona de crecimiento futuro, etc.

En el caso de que el espejo del agua del cuerpo receptor tenga variaciones tales que su nivel máximo tienda a producir un remanso en el emisor, se debe revisar la longitud de influencia de éste para que no se vean afectadas las estructuras aguas arriba.

Debe seleccionarse el diámetro de las tuberías de manera que su capacidad sea tal, que a gasto máximo extraordinario, el agua escurra sin presión a tubo lleno y con un tirante para gasto mínimo que permita arrastrar las partículas sólidas en suspensión, debiendo como mínimo alcanzar ese tirante el valor de 1.0 cm en casos de fuertes pendientes y en casos normales el de 1.5 cm.

Se emplea la fórmula de Manning para calcular la velocidad del agua en las tuberías cuando trabajen llenas, utilizando además, las relaciones hidráulicas y geométricas de esos conductos, al operar parcialmente llenos (sección 6.1.4).

Cuando la topografía no permite que el emisor sea a gravedad, en parte o en su totalidad, será necesario recurrir a un emisor a presión. También la localización de la planta de tratamiento o del sitio de vertido, puede obligar a tener un tramo de emisor a bombeo.

La estación de bombeo se utiliza cuando se requiere elevar el caudal de un tramo de emisor a gravedad, a otro tramo que requiera situarse a mayor elevación o bien alcanzar el nivel de aguas máximas extraordinarias del cuerpo receptor, en cuyo

Búsqueda por palabra

caso el tramo de emisor a presión puede ser desde un tramo corto hasta la totalidad del emisor.

El tramo a presión debe ser diseñado hidráulicamente debiendo estudiarse las alternativas necesarias para establecer su localización más adecuada, tipo y clase de tubería, así como las características de la planta de bombeo y la estructura de descarga.

Cuando la tubería trabaje a presión, el cálculo hidráulico de la línea consistirá en utilizar la carga disponible para vencer las pérdidas por fricción únicamente, ya que en este tipo de obras las pérdidas secundarias no se toman en cuenta por ser muy pequeñas. En el cálculo hidráulico se emplea la fórmula de Darcy-Weisbach (véase Datos Básicos sección 1.2.4).

Cuando la topografía es accidentada se deben localizar válvulas combinadas de admisión y expulsión con eliminadora de aire en los sitios más elevados del conducto; cuando la topografía es más o menos plana se deben localizar en puntos situados a cada 1.0 km como máximo y además en los puntos más altos del conducto.

El diámetro de las válvulas de aire se debe determinar en función del gasto de conducción y la presión, o utilizando nomogramas que para tal fin tienen los fabricantes. Se recomienda que se especifique en el proyecto que las válvulas en este caso son para manejo de aguas residuales.

En toda la línea de la conducción por bombeo se hace el estudio del diámetro más económico, determinando el costo total de operación anual para varias alternativas de diámetros y tipos de materiales cuyo valor mínimo debe ser el que fije el diámetro más económico.

Para protección de los equipos de bombeo y de la tubería de la conducción contra los efectos del golpe de ariete, se pueden utilizar válvulas aliviadoras de presión, cámaras de aire, o algún otro dispositivo de protección, especificando que sean para aguas residuales.

6.3. ESTRUCTURA DE DESCARGA

Para la disposición final o vertido de las aguas residuales, se requiere de una estructura de descarga cuyas características dependen del lugar elegido, del gasto de descarga, del tipo de emisor (tubería o canal), entre otros.

Las estructuras de descarga pueden verter las aguas a presión atmosférica o en forma sumergida, y podrá hacerse a ríos, lagos, al mar, a pozos de absorción, a riego, etc.

Búsqueda por palabra

En todos los casos, previo a la estructura de descarga, se debe considerar el tratamiento de las aguas negras, aún cuando su construcción se programe en etapas posteriores.

6.3.1. Definiciones

Estructura de descarga. Obra de salida o final del emisor que permite el vertido de las aguas negras a un cuerpo receptor.

Contaminación de un cuerpo de agua. Introducción o emisión en el agua, de organismos patógenos o sustancias tóxicas, que demeritan la calidad del cuerpo de agua.

Tratamiento. Es la remoción en las aguas negras, por métodos físicos, químicos y biológicos de materias en suspensión, coloidales y disueltas.

6.3.2. Aspectos por considerar en el proyecto

El vertido final del caudal del alcantarillado sanitario, debe efectuarse previo tratamiento, por lo que el dimensionamiento de la estructura de descarga se hará para el gasto de producción de la planta de tratamiento. En caso de que la construcción de la planta se difiera, el diseño se hará para el gasto máximo extraordinario considerado para el emisor.

Se debe investigar el uso posterior que se dará al agua para definir el tipo de tratamiento que será necesario realizar, considerando las normas de calidad del agua existente al respecto.

Para el diseño de la o las estructuras de descarga de un sistema de alcantarillado, es recomendable considerar lo siguiente:

- Localización adecuada del sitio de vertido, procurando que quede lo más alejado posible de la zona urbana, tomando en cuenta las zonas de crecimiento futuro, la mejor ubicación para la planta de tratamiento y la dirección de los vientos dominantes,
- Para el caso de descarga en una corriente de agua superficial que fluctúe notablemente en su tirante, se puede diseñar una estructura con dos descargas a diferente nivel, una para escurrimiento de tiempo seco y otra para la época de avenidas. En todos los casos se deben evitar los remansos en el emisor de descarga, o asegurar que su funcionamiento sea adecuado en cualquier condición de operación.
- Protección a la desembocadura del conducto contra corrientes violentas, tráfico acuático, residuos flotantes, oleaje y otras causas que pudieran dañar la estructura de descarga según las características del sitio de vertido.

- En general no es recomendable localizar vertidos en:
- Masas de agua en reposo; vasos de presas, lagos, estuarios o bahías pequeñas
- Aguas arriba de una cascada o caída de agua
- Terrenos bajos que estén alternativamente expuestos a inundación y secado

6.3.3. Sitios de Vertido

La disposición final de las aguas residuales se puede llevar a cabo en diversas formas, que complementan por medio de los procesos naturales, el trabajo que efectúan las plantas de tratamiento, A continuación se describen los sitios más comunes de disposición de aguas servidas:

6.3.3.1. Vertido en corrientes superficiales

Los ríos se han utilizado indiscriminadamente en nuestro medio corno sitio de vertido, aun cuando el agua residual no se haya sometido a tratamiento (caso común), causando la contaminación de las corrientes superficiales.

Para evitar el problema anterior es importante investigar los usos que se hagan aguas abajo, que pueden ser abastecimiento de agua para usos domésticos, riego, etc. lo cual determina el tipo de tratamiento.

Para descargar el agua servida en una corriente receptora se debe utilizar una estructura que permita encauzar debidamente las aguas servidas en la corriente. La construcción de la estructura de descarga se debe hacer preferentemente en un tramo recto del río, debiendo tomar en cuenta las características de socavación de la corriente en la sección de vertido.

Si el vertido se hace en corrientes de escurrimiento permanente, con variaciones pequeñas en su tirante, la obra de descarga será semejante a la que se presenta en el plano 7 del libro “Alcantarillado sanitario” del MAPAS. Como ya se mencionó en la sección anterior, si el río presenta variaciones notables en su tirante, debe estudiarse la posibilidad de tener una estructura con descargas a diferentes niveles, situadas entre el nivel de aguas mínimas y el nivel de aguas máximas normales, analizando la importancia que puede tener el remanso del agua para grandes avenidas.

Si el vertido se realiza en corrientes con escurrimiento muy Variable a través del tiempo, se deben encauzar en el estiaje las aguas servidas hasta el sitio más bajo del cauce en donde se tenga el escurrimiento, a fin de evitar el encharcamiento del agua servida.

Para el diseño de la estructura de descarga se deberá contar con la siguiente información:

- Gasto mínimo y máximo de aguas servidas que entrega el emisor.

Búsqueda por palabra

- Sección o secciones topográficas en la zona de vertido, procurando que sea un tramo recto y estable de la corriente, indicando los niveles de aguas mínimas, aguas máximas normales y aguas máximas extraordinarias.
- Características geotécnicas del cauce.
- Elevación de la plantilla del emisor en la descarga, la cual debe tener una elevación comprendida entre el nivel de aguas mínimas y el nivel de aguas máximas normales.

6.3.3.2. Vertido en Terrenos

Se lleva a cabo generalmente para utilizar las aguas residuales tratadas para riego de terrenos agrícolas, con fines recreativos o para recarga de acuíferos.

La información que se requiere para el proyecto y que es determinante para elegir el sitio de vertido es la siguiente:

- Gasto mínimo y máximo de aguas servidas que entrega el emisor
- Tipo de suelo
- Permeabilidad del terreno y factibilidad para drenarlo
- Elevación del nivel freático
- Topografía del terreno ligada a la del emisor de descarga

Cuando el emisor corresponda a tubería, su plantilla debe ser lo más superficial que sea posible en la descarga, garantizando un colchón mínimo de 60 cm para tuberías de hasta 45 cm de diámetro siempre y cuando no se tenga la acción de cargas vivas. La elevación de la descarga debe ser tal que permita el vertido a terrenos por gravedad.

La disposición del agua residual tratada para irrigación o inundación es muy útil en zonas áridas. Pueden regarse pasturas, huertos de naranjos, limoneros, nogales y los jardines de parques públicos.

Si la disposición final se hace para riego, se debe tener especial cuidado cuando se destine a cultivo de hortalizas, ya que las aguas servidas deben contar con el tratamiento adecuado.

6.3.3.3. Vertido en el mar

En este caso es conveniente que el emisor se prolongue a cierta distancia de la ribera hasta alcanzar aguas profundas, o hasta donde las corrientes produzcan una mezcla de los líquidos residuales con el agua de mar, con objeto de evitar molestias en las playas próximas.

En las descargas al mar, es conveniente instalar el emisor submarino a profundidades mayores que el nivel promedio de las mareas bajas, con una longitud

que puede variar entre 50 y 100 m. Para su orientación es necesario considerar la dirección de las corrientes marinas superficiales.

La descarga es submarina y en la tubería se pueden colocar difusores; puede haber bifurcaciones o simplemente tenerse una tubería con orificios. Conviene que la sección transversal de los difusores sea perpendicular a las corrientes dominantes. En caso de utilizar tuberías perforadas, las perforaciones se alternan a un lado y otro del tubo para evitar interferencias de los chorros. Las perforaciones usuales son de 6 a 23 cm de diámetro. Se recomienda que en las tuberías de descarga la velocidad sea de 0.60 a 0.90 m/s.

Los tubos que se utilicen deben ser protegidos contra la acción de las olas.

En los vertidos al mar hay una gran tendencia a formarse bancos de cieno, por lo que la localización del vertido debe hacerse en sitios tales que las corrientes marinas y las mareas arrastren las aguas tratadas hacia puntos lejanos de playas, evitando así los malos olores y peligros de infección que pueda originar el agua servida aún cuando reciba tratamiento.

Si la localidad tiene muy poca altura sobre el nivel del mar y hay grandes variaciones de mareas, para aprovechar al máximo las pendientes para desaguar por gravedad, se recurre a establecer depósitos compensadores de marea con capacidad mínima igual al volumen de aguas servidas en 12 horas, así se llenan estos depósitos durante la marea alta y se vacían durante la marea baja.

En bahías pueden establecerse desagües múltiples colocando ramas abiertas en "T" ó en “Y”, en el conducto de salida. Si las bahías son muy cerradas no es recomendable el vertido al mar.

Para el diseño de una descarga en el mar es necesaria la siguiente información:

- Gasto mínimo y máximo de aguas servidas que entrega el emisor
- Estudio de las corrientes en la zona de vertido, su dirección en las diferentes estaciones del año
- Topografía de la zona de descarga y perfil en el eje del emisor
- La batimetría debe cubrir una superficie aproximada de 30 000 m^2, de no más de 150 m a lo largo del eje del conducto con un ancho de 200 m, teniendo como eje al emisor.

Para mayor detalle se puede consultar el libro técnico “Guía de diseño de emisores submarinos” el cual forma parte de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS).

6.3.3.4. Vertido en lagos y lagunas

En general no es aconsejable el vertido de las aguas negras en lagos y lagunas, pues los procesos de tratamiento son muy costosos. En caso estrictamente necesario, debe tomarse en cuenta que las aguas servidas deben ser sometidas a un tratamiento adecuado y la descarga debe ser ahogada.

Para elaborar el proyecto se requiere lo siguiente:

- Gasto mínimo y máximo de aguas servidas que entrega el emisor
- Características físicas, químicas y biológicas de las aguas servidas y de las del lago
- Datos topográficos de la zona de descarga

6.3.3.5. Recarga de aguas subterráneas por medio de pozos de absorción

Las aguas servidas también se utilizan para recarga de aguas subterráneas. Puede hacerse mediante pozos de absorción o depósitos de repartición, que permitan a las aguas infiltrarse y llegar a los mantos subterráneos, o bombearse hasta los estratos acuíferos que alimentan los pozos. Los estudios de geohidrología del lugar definirán la posibilidad de proyectar este tipo de descarga, además de considerar el adecuado tratamiento de las aguas negras.

6.4. OBRAS ACCESORIAS

Las obras accesorias que se reuieren en un sistema de alcantarillado sanitario y que ayudan a su operación, se describen a continuación:

6.4.1. Descargas domiciliarias

La descarga domiciliaria o albañal, es una tubería que permite el desalojo de las aguas servidas, de las edificaciones a las atarjeas.

La descarga domiciliaria sale de un registro principal, localizado en el interior del predio, provisto de una tapa de cierre hermético que impide la salida de malos olores, con un diámetro mínimo de 15 cm y una profundidad mínima de 60 cm. El albañal se conecta al sistema de alcantarillado con una pendiente del 1 % como mínimo.

En las descargas domiciliarias se debe garantizar que la conexión del albañal a la atarjea, sea hermética.

6.4.2. Pozos de visita

Los pozos de visita son estructuras que permiten la inspección y limpieza de las alcantarillas. Se utilizan para la unión de varias tuberías y en todos los cambios de diámetro, dirección y pendiente.

Los materiales utilizados en la construcción de los pozos de visita, deben asegurar la hermeticidad de la estructura y de la conexión con la tubería.

El cambio de diámetro se debe hacer por medio de una transición dentro de un pozo de visita indicándose en cada caso, en el plano del proyecto, las elevaciones de sus plantillas, tanto de llegada como de salida.

La disposición de las plantillas de las tuberías en los pozos de visita debe facilitar las operaciones de limpieza.

Los pozos de visita se clasifican en pozos comunes, pozos especiales y pozos caja, de acuerdo a las características que se mencionan a continuación.

6.4.2.1. Pozos comunes y especiales

Los pozos de visita tienen forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior, son suficientemente amplios para darle paso a una persona y permitirle maniobrar en su interior. Un brocal de concreto o de fierro fundido, cubre la boca.

El piso de los pozos de visita, es una plataforma en la cual se localizan canales (medias cañas) que prolongan los conductos y encauzan sus caudales. Una escalera de peldaños de fierro fundido empotrados en las paredes del pozo, permite el descenso y ascenso al personal encargado de la operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado.

Atendiendo al diámetro interior de la tubería, los pozos de visita se clasifican en comunes y especiales.

Los pozos de visita comunes tienen un diámetro interior de 1.2 m y se utilizan con tubería de hasta 61 cm de diámetro.

Los pozos de visita especiales presentan un diámetro interior de 1.5 m para tuberías de 0.76 a 1,07 m de diámetro, y 2.0 m de diámetro interior para tuberías con diámetro de 1.22 m y mayores.

6.4.2.2. Pozos caja

Los pozos caja están formados por el conjunto de una caja de concreto reforzado y una chimenea de tabique idéntica a la de los pozos comunes y especiales. Su

sección transversal horizontal tiene forma rectangular o de un polígono irregular. Sus muros así como el piso y el techo son de concreto reforzado, arrancando de éste último la chimenea que al nivel de la superficie del terreno, termina con un brocal y su tapa, ambos de fierro fundido o de concreto reforzado.

Generalmente a los pozos cuya sección horizontal es rectangular, se les llama simplemente pozos caja; a los pozos de sección horizontal en forma de polígono irregular, se les llama pozos caja de unión y a los pozos caja a los que concurre una tubería de entrada y tiene sólo una de salida con un ángulo diferente a 180", se les llama pozos caja de deflexión.

Estas estructuras se utilizan en las uniones de dos o más conductos con diámetros de 76 cm y mayores a los que se unen tuberías de 38 cm y mayores,

6.4.2.3. Cambios de dirección

Para los cambios de dirección, las deflexiones necesarias en los diferentes tramos de tubería se efectúan como se indica a continuación:

- Si el diámetro es de 61 cm o menor, los cambios de dirección hasta de 90º de la tubería, pueden hacerse en un solo pozo común.
- Si el diámetro es mayor de 61 cm puede emplearse un pozo especial o un pozo caja para cambiar la dirección de tubería hasta en 45º, si se requiere dar deflexiones más grandes, se pueden emplear tantos pozos como ángulos de 45º o fracción sean necesarios.

6.4.2.4. Conexiones

Desde el punto de vista hidráulico se recomienda que en las conexiones se igualen los niveles de las claves de los conductos por unir.

Atendiendo a las características del proyecto, se pueden efectuar las conexiones de las tuberías haciendo coincidir las claves, los ejes o las plantillas de los tramos de diámetro diferente. Se recomienda que las conexiones a ejes y plantillas se utilicen únicamente cuando sea indispensable; para mayor detalle sobre este tema se puede consultar el libro técnico “Alcantarillado sanitario” el cual forma parte de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS).

6.4.2.5. Separación máxima entre los pozos de visita

La separación máxima entre dos de las citadas estructuras, debe ser la adecuada para facilitar las operaciones de inspección y limpieza. Se recomiendan las siguientes de acuerdo con el diámetro:

- En tramos de 20 a 60 cm de diámetro, 125 m
- En tramos de 76 a 122 cm de diámetro, 150 m

- En tramos con diámetro de 152 a 244 cm, 175 m

Estas separaciones pueden incrementarse de acuerdo con las distancias de los cruceros de las calles, como máximo un 10%.

6.4.2.6. Estructuras de caída

Por razones de carácter topográfico o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías, suele presentarse la necesidad de construir estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel.

Las estructuras de caída que se utilizan son:

- Caídas libres. Se permiten caídas hasta de 0.4 m sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial.
- Pozos con caída adosada. Son pozos de visita comunes, especiales o pozos caja a los cuales lateralmente se les construye una estructura que permite la caída en tuberías de 20 y 25 cm de diámetro con un desnivel hasta de 2.00 m.
- Pozos con caída. Son pozos constituidos también por una caja y una chimenea a los cuales, en su interior se les construye una pantalla que funciona como deflector del caudal que cae. Se construyen para tuberías de 30 a 76 cm de diámetro y con un desnivel hasta de 1.50 m.
- Estructuras de caída escalonada. Son pozos caja con caída escalonada cuya variación es de 50 en 50 cm hasta llegar a 2.50 m como máximo, que están provistos de una chimenea a la entrada de la tubería con mayor elevación de plantilla y otra a la salida de la tubería con la menor elevación de plantilla. Se emplean en tuberías con diámetros de 0.91 a 2.44 m.

El empleo de los pozos con caída adosada, de los pozos con caída y de las estructuras de caída escalonada, se hace atendiendo a las siguientes consideraciones:

- Cuando en el pozo las uniones de las tuberías se hagan eje con eje o clave con clave, no se requiere emplear ninguna de las estructuras mencionadas en la sección anterior, uniéndose las plantillas de las tuberías mediante una rápida.
- Si la elevación de proyecto de la plantilla del tubo del cual cae el agua, es mayor que la requerida para hacer la conexión clave con clave y la diferencia entre ellas no excede el valor de 40 cm., se hace la caída libre dentro del pozo uniéndose las plantillas de las tuberías mediante una rápida, sin utilizar, por lo tanto, ninguna de las estructuras mencionadas, pero en el caso de que esta diferencia sea mayor de 40 cm., para salvar la caída, se emplea una estructura de alguno de los tipos mencionados.

Búsqueda por palabra

Si la diferencia de nivel entre las plantillas de tuberías, es mayor que las especificadas para los pozos con caída y caja de caída adosada, se construye el número de pozos que sea necesario para ajustarse a esas recomendaciones.

Para mayor detalle se puede consultar el libro técnico “Obras accesorias” el cual forma parte de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS).

6.4.2.7. Materiales usados en los pozos de visita

Los pozos de visita pueden ser construidos In situ" o prefabricados, su elección dependerá de un análisis económico y en cualquier caso se debe asegurar la hermeticidad de la estructura.

Los pozos de visita comúnmente se construyen de: tabique, concreto o mampostería de piedra. Cuando se use tabique, el espesor mínimo será de 28 cm a cualquier profundidad.

La cimentación del pozo puede ser de mampostería o de concreto. En terrenos suaves se construye de concreto armado aunque la chimenea sea de tabique. En cualquier caso, las banquetas del pozo pueden ser de tabique o piedra. Todos estos elementos sé juntan con mortero cemento-arena.

Los pozos de visita se deben aplanar y pulir interiormente con mortero cemento-arena, el espesor del aplanado debe ser como mínimo de 1 cm. Para evitar la entrada de aguas freáticas o pluviales, el aplanado se hace exteriormente. Se deben aplanar las dos caras del pozo con mortero mezclado con impermeabilizante.

En los pozos caja los elementos que constituyen la caja, deben ser de concreto reforzado, asegurando su impermeabilidad.

6.4.3. Sifones invertidos

Cuando sea necesario cruzar alguna corriente de agua, depresión del terreno, estructura, conducto o viaductos subterráneos, que se encuentren al mismo nivel en que debe instalarse la tubería, normalmente se utilizan sifones invertidos.

El sifón invertido tiene la característica de funcionar totalmente lleno bajo la acción de la gravedad y bajo presión, debido a que se encuentra en un nivel inferior al del gradiente hidráulico.

En el diseño de los sifones invertidos, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- La velocidad mínima de escurrimiento en el sifón, será de 1.20 m/s para evitar depósitos.

- Se debe analizar la conveniencia de emplear varios conductos a diferentes niveles para que, de acuerdo a los caudales por manejar, se obtengan siempre velocidades adecuadas. En estos casos el primer tubo tendrá capacidad para conducir el gasto mínimo de proyecto.
- En el caso de que el gasto requiera un solo tubo de diámetro mínimo de 20 cm, se acepta como velocidad mínima de escurrimiento la de 60 cm/s.
- Se deben proyectar estructuras adecuadas, tanto a la entrada como a la salida del sifón, que permitan separar y encauzar los caudales de diseño asignados a cada tubería.
- Se deben colocar rejillas en una estructura adecuada, aguas arriba del sifón, para detener objetos flotantes que puedan obstruir las tuberías del sifón.

En el cálculo hidráulico se utilizan las fórmulas de continuidad y de DarcyWeisbach, para conocer las pérdidas y elevaciones de entrada y salida en el sifón, respetando las restricciones de velocidad marcadas.

6.4.4. Cruces elevados

Cuando por necesidad del trazo, se tiene que cruzar una depresión profunda como es el caso de algunas cañadas o barrancas de poca anchura, generalmente se logra por medio de una estructura que soporta la tubería. La estructura por construir puede ser un puente ligero de acero, de concreto o de madera, según el caso.

El paso de este conducto por un puente vial o ferroviario, debe ser de acero y estar suspendido del piso del puente por medio de soportes que eviten la transmisión de las vibraciones a la tubería, la que debe colocarse en sitio que permita su fácil inspección o reparación. A la entrada y a la salida del puente, se deben construir cajas de inspección o pozos de visita, sin olvidar que entre esa estructura y el conducto, debe existir cierta flexibilidad. La tubería se debe proteger interior y exteriormente contra la corrosión.

7. ESTRUCTURAS

INTRODUCCIÓN

Con objeto de dar cumplimiento a los programas de carácter prioritario a nivel nacional, relativos a los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, se vio la necesidad de definir y establecer los lineamientos que sirvan como marco de referencia para la elaboración de los proyectos ejecutivos de las estructuras que forman parte de dichos Sistemas, para unificar los criterios de diseño en base a la normatividad vigente.

En este capítulo se establecen estos lineamientos, que tiene como objetivo lograr que los proyectos ejecutivos tengan un nivel de seguridad adecuado contra fallas estructurales, así como lograr un comportamiento aceptable de las construcciones en condiciones normales de operación.

Estos lineamientos son aplicables tanto a las construcciones nuevas, como a las modificaciones, ampliaciones, obras de refuerzo y reparaciones.

Para mayor detalle, consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Sección Estructuras, los libros de “Obras de Toma”, “Diseño, selección e instalación de tubería de acero para líneas de conducción de agua potable” y “Diseño estructural de recipientes”.

Los lineamientos que se establecen en el presente capítulo son el producto de la recopilación y selección de Normas y Especificaciones vigentes, emitidas por Dependencias, Instituciones y Asociaciones Técnicas a nivel Nacional e Internacional así como de reglamentos, manuales y guías de diseño aplicables a los proyectos estructurales para Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento y que se mencionan a continuación:

- Normas y Especificaciones de la Ley de Obra Pública de la Comisión Nacional del Agua.
- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y Normas Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado ACI-31 8R-89 y Comentarios
- Estructuras Sanitarias de Concreto para el Mejoramiento del Ambiente ACI-350R-89.
- Instituto Americano de Construcciones de Acero (AISC).
- Asociación Americana de Obras de Agua (AWWA)
- Sociedad Americana de Soldadura (AWS)
- Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME)
- Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE)

Búsqueda por palabra

- Asociación de Cemento Portiand (PCA)
- Reglamento de Construcciones del Estado en que se construirá la obra (versión 1990 o subsecuente). Aquellos que han sido actualizados, revisados y aprobados por la Comisión Nacional de Desarrollo Urbano y Seguridad Estructural.

7.1. DISPOSICIONES GENERALES

A continuación se presentan disposiciones de carácter general para el análisis y diseño de las estructuras que componen los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

Las disposiciones particulares aplicables en específico a determinada obra de dichos Sistemas, se establecen en la sección 7.2.

7.1.1. Clasificación

Las construcciones que integran los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, se deben considerar dentro del Grupo A, Artículo 174 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, en donde se establece que las construcciones del Grupo A son: "Construcciones cuya falla estructural podría causar la pérdida de un número elevado de vidas o pérdidas económicas o culturales excepcionalmente altas, o que constituyen un peligro significativo por contener substancias tóxicas o explosivas, así como construcciones cuyo funcionamiento es esencial a raíz de una emergencia urbana, como hospitales y escuelas, estadios, templos, salas de espectáculos y hoteles que tengan salas de reunión que puedan alojar más de 200 personas; gasolineras, depósitos de sustancias inflamables o tóxicas, terminales de transporte, estaciones de bomberos, subestaciones eléctricas y centrales telefónicas y de telecomunicaciones, archivos y registros públicos de particular importancia, monumentos y locales que alojen equipo especialmente costoso".

7.1.2. Sismo

El análisis y diseño por sismo se efectuará conforme al Reglamento de Construcciones del Estado en donde se construirán las obras (versión 1990 o subsecuente) y a falta de éste, conforme al Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad en su capítulo de Diseño por Sismo, con la regionalización Sísmica de la República Mexicana que se muestra en la figura No. 1 con los coeficientes y espectros de diseño para las construcciones clasificadas como del grupo B siguientes:

Búsqueda por palabra

Tabla 7.1 Coeficientes y espectros de diseño

T E R R E N O I					
ZONA	C	Ao	Ta	Tb	r
A	0.08	0.02	0.2	0.6	1/2
B	0.14	0.04	0.2	0.6	1/2
C	0.36	0.36	0.0	0.6	1/2
D	0.50	0.50	0.0	0.6	1/2
T E R R E N O II					
ZONA	C	Ao	Ta	Tb	r
A	0.16	0.04	0.3	1.5	2/3
B	0.30	0.08	0.3	1.5	2/3
C	0.64	0.64	0.0	1.4	2/3
D	0.86	0.86	0.0	1.2	2/3
T E R R E N O III					
ZONA	C	Ao	Ta	Tb	r
A	0.20	0.05:	0.6	2.9	1
B	0.36	0.10	0.6	2.9	1
C	0.64	0.64	0.0	1.9	1
D	0.86	0.86	0.0	1.7	1

donde:

ZONA Zonas en que se encuentra dividida la República Mexicana, para fines de diseño sísmico. La zona A es la de menor intensidad sísmica y la D la de mayor intensidad (ver figura 7.1).

TERRENO Clasificación de¡ terreno atendiendo a su rigidez:
Tipo I, terreno firme
Tipo ll, terreno de baja rigidez
Tipo III, arcillas muy compresibles.

C Coeficiente sísmico básico.
ao Ordenada espectral para T = 0.
T Período natural de las estructuras o uno de sus modos de vibrar en segundos.
Ta y Tb Períodos naturales que definen la forma del espectro, en segundos.
r Exponente adimensional.

Para las construcciones del grupo A se incrementará el coeficiente sísmico en 50%.

Búsqueda por palabra

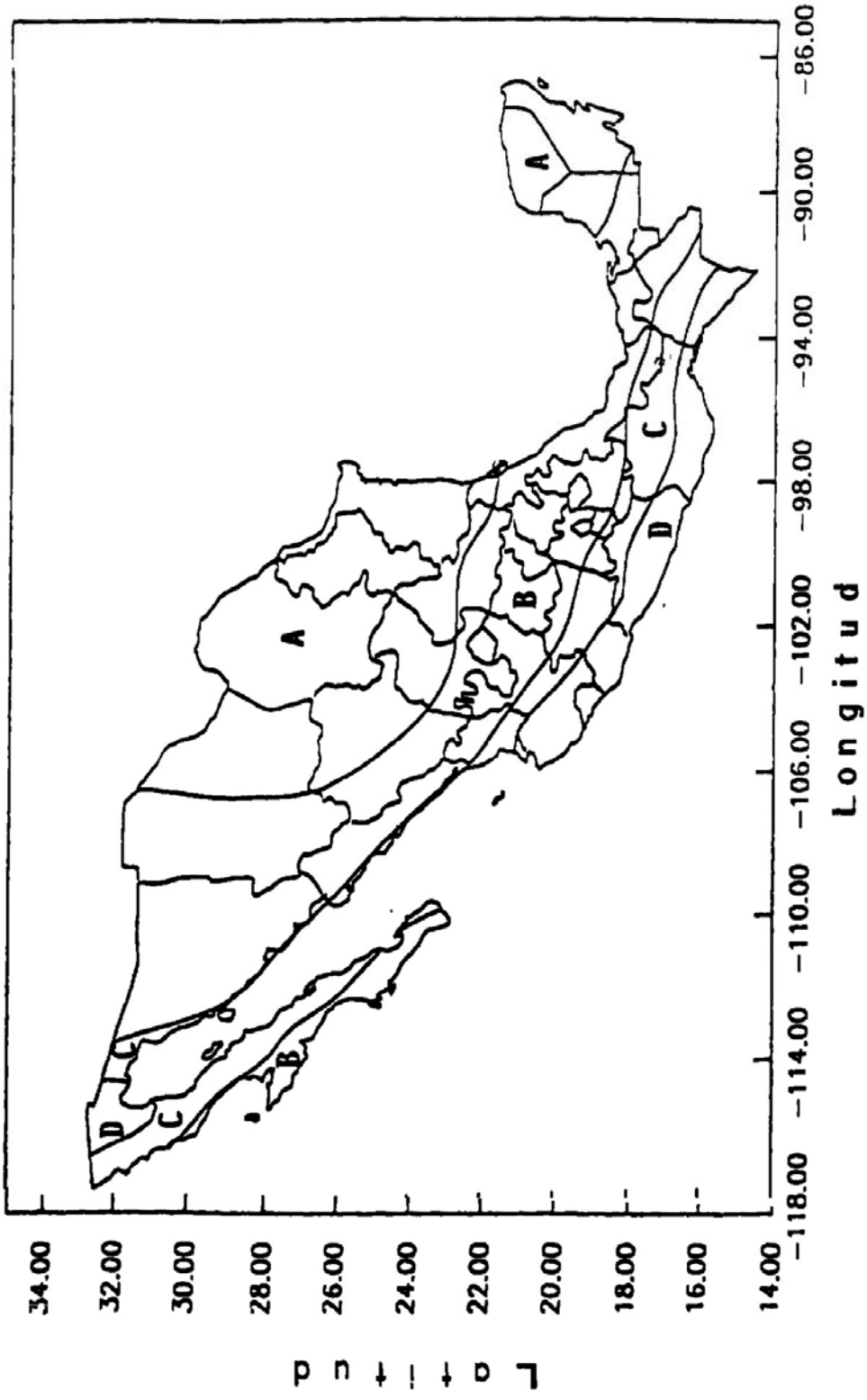


Figura 7.1 Regionalización sísmica de la República Mexicana

Búsqueda por palabra

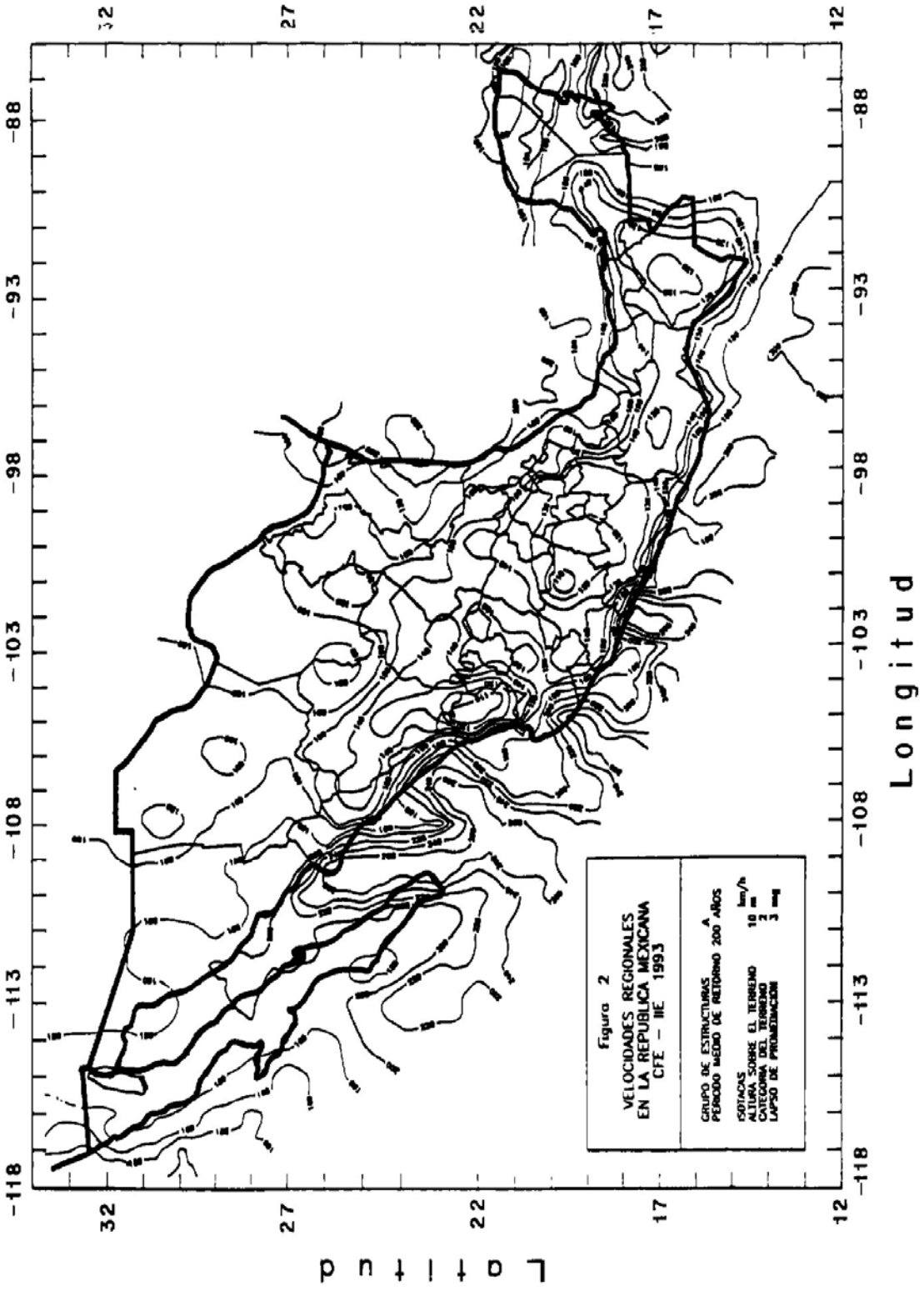


Figura 7.2

Búsqueda por palabra

7.1.3. Viento

El análisis y diseño por viento se efectuará conforme al Reglamento de Construcciones del Estado en donde se construirán las obras (versión 1990 o subsecuente) y a falta de éste, conforme al Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad en su capitulo de Diseño por Viento, apoyándose en el mapa de isotacas de la República Mexicana que se muestra en la figura No, 2, correspondiente al período de recurrencia de 200 años aplicable a estructuras del grupo A conforme se establece en la sección 7. l. l.

7.1.4. Planos Estructurales

Una vez efectuado el análisis y diseño de las estructuras que componen los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, se procederá a elaborar los planos estructurales generales y de detalle que sean necesarios donde se muestren las plantas, cortes, elevaciones, detalles geométricos, detalles constructivos, juntas de construcción, ubicación y cuantías de¡ acero de refuerzo, ganchos, traslapes, recubrimentos, acotaciones, secciones y armados, equipos y en general todos los detalles que permitan construir la obra. El plano contendrá los datos de proyecto, coeficiente sísmico y velocidad de viento de diseño, resistencia del terreno, calidad de materiales y cantidades principales de obra. Los planos estructurales se elaborarán a escala con las medidas, sellos, notas y croquis de localización conforme al plano tipo CC-5776.

7.1.5. Estructuras

Las estructuras que componen los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento se pueden agrupar de acuerdo a las Normas Técnicas que las rigen en:

- Edificación
- Depósitos
- Estructuras Especiales

7.1.5.1. Edificación

Se entenderá por edificación en los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, las construcciones destinadas a satisfacer los requerimientos específicos de un programa de necesidades para albergar equipos, maquinaria, sustancias químicas, oficinas, laboratorios, controles y vigilancia.

La estructura deberá analizarse para cargas muertas, vivas, accidentales, de viento y sismo que puedan presentarse durante el proceso constructivo y de operación. El diseño de la estructura se efectuará para la combinación de cargas más desfavorable, verificando que las deformaciones de los elementos que la componen queden dentro de las tolerancias especificadas.

Búsqueda por palabra

La alimentación deberá proyectarse sobre la base de las recomendaciones de mecánica de suelos, tomando en cuenta la capacidad de carga del terreno, el nivel de desplante y las deformaciones que se puedan presentar. Para estructuras que albergan maquinaria se incluirá en el análisis los efectos de carga de equipos, vibración e impacto, en montaje y operación.

El análisis y diseño de edificios se regirá por el Reglamento de Construcciones del Estado donde se construirán las obras (versión 1990 o subsecuentes) y a falta de éste por el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y Normas Técnicas Complementarias, en específico lo contenido en los capítulos de Disposiciones Generales, Características Generales de las Edificaciones, Criterio de Diseño Estructural, Cargas Muertas, Cargas Vivas, Diseño de Cimentaciones, El diseño por sismo se efectuará conforme a lo estipulado en la sección 7.1.2 y el diseño por viento conforme a lo estipulado en la sección 7.1.3.

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo descrito en la sección 7.1.4 complementando la información mostrando cimentación, pisos, juntas de piso, columnas, trabes, losas, muros de carga, muros de relleno, castillos, dalas, cerramientos y escaleras.

7.1.5.2. Depósitos

En los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, se entenderá por depósitos a las estructuras destinadas a contener líquidos, tales como: tanques elevados, tanques superficiales, semienterrados y enterrados.

Para el análisis y diseño de estos tanques se recomienda consultar el libro “Diseño estructural de recipientes” de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS).

Los tanques de 3 000 m^3 de capacidad o mayores, deberán cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM-007-CNA-1997 “Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques de agua”.

- **Tanque Elevados**

Los tanques elevados generalmente son construidos para proporcionar carga hidráulica, servir de regulación en los Sistemas de Suministro de Agua Potable y como almacenamiento para Sistemas contra Incendio.

Las capacidades y alturas normales para tanques elevados serán las especificadas en el Capítulo 5.

El tirante útil para medir la capacidad del tanque, será la distancia vertical del nivel inferior del mismo al nivel de excedencias y su altura será medida del terreno natural al nivel inferior del tanque.

El proyecto estructural de los tanques elevados deberá contener los elementos de cimentación, estructura, muros, zapatas, trabes, losas, escaleras, registros, ventilación, vertedor de excedencias, tuberías, anillos de anclaje y todos los elementos necesarios para su construcción.

La estructura se analizará tomando en cuenta las cargas vivas, muertas, accidentales, de viento y sismo para la condición de tanque vacío y tanque lleno, tanto en el proceso constructivo como en el de operación.

Se revisará la estabilidad del conjunto, verificando que el factor mínimo de seguridad al volteo sea de 1.5 (AWWA D-100-84 12.5.1) y el factor mínimo de seguridad al deslizamiento sea de 1.5 (RCDF), considerando la combinación de carga más desfavorable, verificando que las deformaciones queden dentro de las tolerancias especificadas en las Normas vigentes.

En base a las recomendaciones de mecánica de suelos se procederá al diseño de la cimentación para las combinaciones de carga más desfavorables.

El análisis y diseño de la superestructura de los tanques elevados de concreto y su cimentación deberá llevarse a cabo de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y las Normas Técnicas Complementarias. Para la estructura en contacto con el agua (depósito, regirán las Normas y Especificaciones del ACI-35OR-89 Estructuras Sanitarias de Concreto para el Mejoramiento del Ambiente (Instituto Americano del Concreto). Para el análisis y diseño de tanques elevados de acero soldado regirán las Normas y Especificaciones del A.W.W.A. D-100-84 (Asociación Americana de Obras de Agua), en sus capítulos de Generalidades, Materiales, Generalidades de Diseño, Dimensionamiento y Diseño de Tanques Elevados, Accesorios para Tanques Elevados, Soldadura, Fabricación, Construcción y Montaje, Inspección y Prueba, Diseño de Cimentación y Generalidades de Diseño por Sismo.

El análisis de sismo y viento deberá realizarse de acuerdo al capítulo Tanques y Depósitos del Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad con las adecuaciones especificadas en las secciones 7.1.2 y 7.1.3.

Los planos estructurales generales y de detalle se elaborarán conforme a lo descrito en la sección 7.1.4, complementando la información mostrando las anclas, placas de base, escaleras, registros, ventilación, vertedor de excedencias, cuerpo y cabezas del cilindro, soldaduras, tuberías, anillos de anclaje e inserciones.

- **Tanques Superficiales, Enterrados o Semienterrados**

Los tanques superficiales, semienterrados o enterrados son construidos para servir de almacenamiento, regulación y en algunos casos como estructuras rompedoras de presión.

Búsqueda por palabra

Los lineamientos que se presentan a continuación son aplicables también a los cárcamos de bombeo.

Los tanques pueden ser de mampostería de piedra, concreto reforzado, concreto presforzado o de acero.

Los tanques con muros de mampostería de piedra se podrán construir cuando el suelo en el que se desplanten sea un suelo rígido en el que las deformaciones totales o diferenciales no afecten la integridad de la estructura, se pondrá especial atención en que toda la cimentación del tanque se desplante sobre suelo rígido y no se permitirá que se desplante sobre rellenos.

En base a las recomendaciones de mecánica de suelos se seleccionará el tipo de estructura y se analizará tomando en cuenta las cargas muertas, vivas, accidentales, empuje de agua, empuje de tierra, subpresión y en estructuras que llevan maquinaria; la carga de equipos, vibración, impacto y montaje. En caso de existir subpresión se verificará que el factor mínimo de seguridad a la flotación sea de 1.5 (CFE). En base a los planos funcionales y de equipos, se procederá al análisis y diseño estructural considerando la combinación de esfuerzos más desfavorable, verificando que las deformaciones de los elementos que la componen queden dentro de las tolerancias especificadas.

En los tanques con muros de mampostería de piedra y en los tanques sin tapa con relación largo a altura mayor de 3, se revisará la estabilidad de los muros, verificando que el factor de seguridad al volteo y al deslizamiento sea mayor de 1.5.

El proyecto estructural de los tanques superficiales, enterrados o semienterrados deberá contener los elementos de cimentación, estructura, muros, zapatas, trabes, losas, escaleras, registros, ventilación, vertedor de excedencias, tuberías, anillos de anclaje y todos los elementos necesarios para su construcción.

Los tanques de 3 000 m^3 de capacidad o mayores se deberán diseñar tomando en cuenta las siguientes medidas tendientes a mitigar el riesgo de falla:

- Estar constituído por dos o más celdas independientes.
- El sistema de piso debe diseñarse com el mínimo de juntas de construcción.
- La cimentación de los muros perimetrales e intermedios debe ligarse con el sistema de piso.
- Evita juntas de dilatación.
- La estructura de la cubierta debe ligarse a los muros.

El análisis y diseño se elaborará conforme a las Normas ACI-31 8R-89, Reglamento de Construcciones de Concreto Reforzado y ACI-35OR-89 Estructuras Sanitarias de Concreto para el Mejoramiento del Ambiente (Instituto Americano del Concreto). Para el análisis de viento y sismo regirá el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad,

Búsqueda por palabra

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 7.1.4, complementando la información con las anclas, placas de base, escaleras, registros, ventilación, vertedor de excedencias, tuberías y anillos de anclaje,

7.1.5.3. Estructuras Especiales

Dentro del conjunto de obras que componen los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, existen algunas estructuras que requieren de un tratamiento especial y están regidas por normas específicas, tal es el caso de las Estructuras de cruce y las Estructuras de Protección. En las secciones 7.2.2.3 y 7.2.2.4, se encuentran las recomendaciones para este tipo de estructuras.

7.2. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO.

Las disposiciones particulares para la elaboración de los proyectos estructurales de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento se desarrollarán de acuerdo a los elementos que se consignan a continuación y que constituyen dichos Sistemas.

- Captación
- Conducción
- Almacenamiento y/o regulación
- Distribución
- Potabilización
- Alcantarillado
- Tratamiento

7.2.1. Captación

Llamamos captación a las obras civiles y electromecánicas que nos permiten disponer del agua de la fuente de abastecimiento e incorporarla a la línea de conducción.

Para el análisis y diseño de estas estructuras se recomienda consultar el libro “Obras de toma” de este Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS).

Antes de iniciar el proyecto ejecutivo de la captación, se debe disponer de información referente al funcionamiento de¡ sistema, en cuanto a que ésta forme parte de un proyecto más amplio o trabaje en forma aislada, con el fin de tener en cuenta la interacción que se pueda presentar y que pudiera obligar a la modificación de obras existentes o al diseño de obras temporales o definitivas.

Contando con la información topográfica, hidrológica, geohidrológica, geológica y geotécnica, así como la complementaria obtenida durante el desarrollo del proyecto y las visitas al sitio, se procederá al diseño estructural, el cual se efectuará de acuerdo a los siguientes lineamientos.

7.2.1.1. Aguas Subterráneas

Pozos

El proyecto estructural de la captación en pozos deberá comprender: base de equipos, atraques y silletas para tubería de descarga, casetas para operar los equipos de bombeo y de ser necesario plataformas para protegerlo contra inundaciones.

Se analizarán para las condiciones de carga muerta, carga viva, carga de equipos, carga de impulso, cargas accidentales y subpresión.

Contando con la información topográfica, de geohidrología, geotécnica, eléctrica y mecánica se procederá al diseño de las estructuras el que se efectuará en base al Reglamento de Construcciones del Estado en donde se construirá la obra (versión¡ 1990 o subsecuentes), y a falta de éste, conforme al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias. En el caso de atraques y silletas, éstas deberán diseñarse de acuerdo a la sección 7.2.2.1.

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 71.4 complementando la información con plataformas de operación, barandales, instalación de tuberías, válvulas, compuertas, equipo y mecanismos de operación.

Galerías Filtrantes

Este tipo de captación está básicamente constituida por las siguientes estructuras: caja o cárcamo de bombeo y la estructura de filtración, la que puede ser un túnel filtrante o bien tubería ranurada localizada bajo el lecho de un río o de un cuerpo de agua.

Apoyados en la información geotécnica, geohidrológica, hidráulica y mecánica, se efectuará el análisis y diseño, que se hará sobre la base de las Normas del ACI-318R-89 y ACI - 35OR -89 (instituto Americano del Concreto).

Estas estructuras se analizarán para las condiciones de carga muerta, carga de equipo, carga de impulso, cargas accidentales, empujes de agua, empujes de tierra y subpresi6n. Se verificará que los factores de seguridad al volteo, deslizamiento y flotación sean mayores de 1.5.

Búsqueda por palabra

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 7.1A complementando la información con plataformas de operación, barandales, instalación de tuberías, válvulas, compuertas, equipo y mecanismos de operación.

7.2.1.2. Aguas Superficiales

Manantiales

En el diseño de esta captación el objetivo principal es la protección del manantial para evitar que éste se contamine y el afloramiento se obture. Para lograr esto es necesario construir una estructura que confine y proteja el área de afloramiento y una caja que se pueda utilizar como cárcamo de bombeo o inicio de la conducción.

Contando con la información geotécnica, hidráulica y mecánica, se procederá al análisis y diseño de las estructuras en base a las Normas del ACI-31 8R-89 Y ACI-3 SOR-89 (Instituto Americano del Concreto), el que se efectuará para las combinaciones más desfavorable de las cargas: muerta, viva, de equipo y accidentales, así como los empujes de agua y de tierra, para las condiciones de estructura llena sin relleno exterior y vacía con empuje de tierras.

Dependiendo de su relación largo y altura, el análisis se efectuará mediante el Método de Placas o siguiendo las recomendaciones de la P.C.A. (Asociación de Cemento Portiand).

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 7.1.4 complementando la información con partes fijas y partes móviles; escaleras, plataformas de operación, barandales, instalación de tuberías, válvulas, compuertas, equipo y mecanismos de operación primeros colados y segundos colados.

Canales

El proyecto estructural deberá contener: los muros de encauzamiento, estructura de limpia, estructura de control y conductos de toma.

Se analizarán para las condiciones de carga muerta, carga viva, carga de equipos, cargas de impulso, cargas accidentales, empujes de agua, empujes de tierra y subpresión.

Contando con la información proporcionada por las áreas de geomancia, hidráulica y mecánica, se procederá a su análisis y diseño el que se hará sobre la base de las Normas ACI-31 8R-89 y ACI-3 SOR-89 (Instituto Americano del Concreto).

Los planos estructurales se elaborarán conforme lo estipulado en la sección 7.1A complementando la información con partes fijas y partes móviles, escaleras, plataformas de operación, barandales, instalación de tuberías, válvulas, compuertas, equipo y mecanismos de operación, primeros colados y segundos colados.

Ríos

Obra de Toma Directa.- El proyecto estructural deberá contener: canal de llamada, estructura de limpia, estructura de control, desarenador y conductos de toma.

Contando con la información de las áreas de hidráulica y mecánica, se efectuará el cálculo y diseño de las estructuras en base a las Normas ACI-31 8R-89 y ACI-3 SOR-89 (Instituto Americano del Concreto), las que se analizarán para las condiciones de carga viva, muerta, de equipo, de impulso y accidentales, empuje de agua, empuje de tierra y subpresión.

Los planos estructurales se elaboraran de acuerdo a lo estipulado en la sección 7.1.4, complementando la información con refuerzo de esquina, registros, partes fijas y partes móviles, escaleras, plataformas de operación, barandales, instalación de tuberías, válvulas, compuertas, equipo y mecanismos de operación, primeros colados y segundos colados.

Obra de Toma Flotante.- El proyecto estructural está constituido básicamente por una estructura flotante modulada en celdas para garantizar su flotación, donde se alojen los equipos de bombeo, plataforma de acceso, sistema de anclaje y caseta de operación de equipos de bombeo.

Contando con la información de las áreas de hidráulica y mecánica se efectuará el cálculo y diseño de la estructura en base a las especificaciones del AISC (Instituto Americano de Construcciones del Acero), del ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos) y AWS (Asociación Americana de Soldadura), la que se analizará para las condiciones de carga muerta, viva, de equipo, de impulso, accidentales y empuje de agua.

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estípulado en la sección 7.1.4., complementando la información con registros, partes fijas, partes móviles, escaleras, plataformas de operación, barandales, instalación de tuberías, válvulas, tipo de soldadura y protección anticorrosiva.

Embalses

En obras de toma en embalse básicamente se pueden distinguir tres casos

Obra de Toma Flotante.- El proyecto estructural lo constituye una estructura modulada en celdas herméticas que garanticen su flotación, donde se alojan los equipos de bombeo, plataforma de acceso, sistema de anclaje y caseta de operación de equipos de bombeo.

Contando con la información de las áreas de hidráulica y mecánica, se efectuará el cálculo y diseño de la estructura en base a las especificaciones del AISC (Instituto Americano de Construcciones del Acero), del ASME (Sociedad Americana de

Ingenieros Mecánicos) y AWS (Asociación Americana de Soldadura), la que se analizará para las condiciones de carga muerta, viva, de equipo, de impulso, accidentales y empuje de agua.

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 7.1.4, complementando la información con registros, partes fijas, partes móviles, escaleras, plataformas de operación, barandales, instalación de tuberías, válvulas, tipo de soldadura y protección anticorrosiva.

Obra de Toma con Estructura Dentro del Embalse.- En embalses de presas de almacenamiento o lagos esta alternativa está constituida por canal de llamada, estructura de limpia, torre para alojar compuertas y equipos de bombeo dentro del embalse, duchos, puente de acceso y caseta para operar equipos de bombeo.

Contando con la información de las áreas de geotécnica y mecánica, se procederá al cálculo y diseño, el que se hará en base a las Normas ACI-318R-89 y ACI-35OR-89 (Instituto Americano del Concreto). Estas se analizarán para las condiciones de carga muerta, carga viva, carga de equipos, cargas de impulso, cargas accidentales, sismo, viento, empujes de agua, empujes de tierra y subpresión.

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 71.4, complementando la información con registros, partes fijas, partes móviles, escaleras, plataformas de operación, barandales, instalación de tuberías, válvulas, tipo de soldadura y protección anticorrosiva.

Obra de Toma Fuera del Embalse.- En presas de almacenamiento o lagos, el proyecto estructural está constituido por: canal de llamada, estructura de entrada, muros de encauzamiento, estructura de limpia, de control, aforadora y ductos.

Contando con la información de las áreas de hidráulica y mecánica, se procederá al cálculo y diseño, el cual se hará en base a las Normas ACI-318R-89 y ACI-35OR-89 (instituto Americano del Concreto). Estas se analizarán para las condiciones de carga muerta, carga viva, carga de equipos, cargas de impulso, cargas accidentales; empuje de agua, empujes de tierra y subpresión.

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 7.1A complementando la información con registros, partes fijas, partes móviles, escaleras, plataformas de operación, barandales, instalación de tuberías, válvulas, tipo de soldadura y protección anticorrosiva.

7.2.2. Conducción

Se denomina Línea de Conducción al conjunto de ductos, estructuras de operación, protección y especiales, destinadas a transportar el agua procedente de la obra de captación hasta las estructuras de almacenamiento y/o regulación.

Para el análisis y diseño de la conducción se recomienda consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico los libros denominados “Diseño, selección e instalación de tubería de acero para líneas de conducción de agua potable” y “Seguridad en acueductos”.

Los proyectos estructurales para la Línea de Conducción se elaborarán conforme a los siguientes lineamientos.

7.2.2.1. Atraques y Silletas

Tomando en cuenta la información de geomancia, hidráulica y mecánica, se evaluarán las acciones sobre estas estructuras, tales como: el peso propio, peso de la tubería, peso del agua, carga piezométrica, cargas internas y externas, empuje de tierra, fuerzas inducidas por cambios de dirección, por fenómenos transitorios, por cambios de temperatura y cargas accidentales.

Se verificará que los esfuerzos inducidos al terreno no rebasen el empuje pasivo para fuerzas horizontales y capacidad de carga de terreno, para cargas verticales, revisando la estabilidad del conjunto y verificando que los factores de seguridad a la flotación, al volteo y deslizamiento sean mayor de 1 .5. El diseño se efectuará para la combinación de esfuerzos que resulte más desfavorable.

El análisis y diseño se hará de acuerdo a las Normas y Especificaciones del AWWA (Asociación Americana de Obras de Agua) Manual M-11 o al Manual de Diseños de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, en específico las contenidas en el capítulo de tuberías.

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 7.1.4

7.2.2.2. Cajas de Válvulas

De acuerdo al dimensionamiento obtenido para operación y mantenimiento, se efectuará el proyecto estructural de las cajas de protección y operación para los distintos tipos de válvulas.

Para el análisis y diseño se recomienda consultar las Normas Técnicas NT-004-CNA-2001 y NT-005-CNA-2001 “Línea de conducción de agua, cajas para operación de válvulas” y “Red de distribución, cajas para operación de válvulas” respectivamente y el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño estructural de recipientes”.

En el desarrollo del proyecto estructural de estas cajas se tomarán en consideración las condiciones de cargas rodantes, empujes de agua, empujes de tierra y subpresión. En el caso de que se diseñen como cajas-atraques, deberán analizarse los muros para los empujes inducidos. El análisis y diseño se hará en base a las

Normas del ACI-31 8R-89 y ACI35OR-89 (Instituto Americano del Concreto), de acuerdo a la sección 71.5.2

Los planos estructurales se elaborarán conforme lo estipulado en la sección 7.1.4, complementando la información con refuerzo de esquina, registros, escaleras, instalación de tuberías, válvulas, tapas removibles, marcos, contramarcos y tapas.

7.2.2.3. Estructuras de Cruce

En la construcción de un acueducto, se entenderá por estructura de cruce, las obras que nos permitan vencer obstáculos tales como: corrientes de agua, barrancas, carreteras, caminos y vías férreas.

Para el análisis y diseño de la conducción se recomienda consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño, selección e instalación de tubería de acero para líneas de conducción de agua potable”.

Dependiendo del tipo de obstáculo por salvar, las podemos agrupar de la siguiente manera:

- Estructura de cruce con ríos, arroyos, canales y lagunas.
- Estructuras de cruce con carreteras y caminos.
- Estructuras de cruce con vías férreas.
- Estructuras de cruce con ductos

Estructuras de Cruce con Ríos, Arroyos, Canales y Lagunas

Las estructuras de cruce con ríos, arroyos y lagunas fundamentalmente son resueltas mediante la construcción de puentes, sifones invertidos, puente canal, con tubería aérea o tubería colocada en el fondo del cauce.

Las estructuras de cruce con canales, en general son resueltas mediante la construcción de puentes, sifón invertido, puente canal, con tubería aérea o mediante tubería hincada.

La solución por adoptar para este tipo de cruces estará en función de la topografía del terreno, condiciones geológicas, longitud del claro por salvar, procedimiento constructivo y la presencia del agua.

El proyecto estructural deberá contar en cada caso con los elementos necesarios para su construcción y protección, tales como: atraques, silletas, anclaje y lastre. En general, la línea de conducción en la zona de cruce deberá ser con tubería de acero.

De acuerdo a las recomendaciones de mecánica de suelos, se efectuará el análisis y diseño tomando en consideración las cargas interna y externa en la tubería, cargas

Búsqueda por palabra

muertas, vivas, accidentales, empujes de aguas, empujes de tierra y subpresión durante las etapas constructivas y en operación.

El cálculo y diseño deberá llevarse a cabo de acuerdo a las Normas y Recomendaciones del AWWA (Asociación Americana de Obras de Agua, Manual para Tubería de Acero M-11), Especificaciones del AISC (instituto Americano de Construcciones de Acero), AWS (Sociedad Americana de Soldadura) y las Normas del ACI-318R-89 (Instituto Americano del Concreto).

El análisis y: diseño de los atraques y silletas deberá llevarse a cabo de acuerdo a la sección 7.2.2.1.

Se elaborarán los planos en papel albanene o en cronaflex, de forma rectangular con relación del largo igual a dos veces el ancho aproximadamente, dejando a la izquierda un margen de 5 cm. y 1.5 cm. para las márgenes restantes y deberá contener lo siguiente:

La Planta General se ubicará en la margen superior izquierda, estando a escala tal que represente adecuadamente el detalle del cruce, con coordenadas e indicando el Norte.

El corte longitudinal por el eje de la línea de conducción, ubicarlo en la parte inferior de la planta y contendrá cadenamiento, rasante de tubería, cota del terreno natural y altura de corte.

Cortes transversales por una de las márgenes y por el eje del río o arroyo, cortes y detalles de los atraques y de la unión o junta en los cambios de tubería de diferente material, detalle de los cambios de dirección en la tubería, cuadro de datos de proyecto, cuadro de cantidades de obra, croquis de localización del cruce, ubicando en la margen superior derecha, notas importantes, calidad de materiales, procedimiento constructivo y protección anticorrosiva.

Estructuras de Cruce con Carreteras y Caminos.

En base a la topografía, mecánica de suelos, densidad de tránsito y procedimiento constructivo, se definirá la solución a este tipo de cruce, la cual puede ser con un cajón de concreto reforzado o con camisa de tubería de acero instalada en zanja o hincada.

Para el análisis y diseño de la conducción se recomienda consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño, selección e instalación de tubería de acero para líneas de conducción de agua potable” y la Norma Técnica NT-002-CNA-2001 “Línea de conducción de agua, cruce con carretera”.

El proyecto estructural deberá contar con los elementos necesarios para su construcción tales como: estructura protectora, muros de cabeza, atraques y silletas.

Búsqueda por palabra

En todos los casos, la tubería de conducción en la zona de cruce, será con tubería de acero. En el caso de que la estructura protectora sea colocada en zanja, se elaborará un proyecto de camino de desvío con su trazo geométrico y señalizaciones de tránsito de acuerdo a las Normas y Especificaciones de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

El análisis y diseño de la estructura protectora cuando es a base de cajón de concreto armado y muros de cabeza de mampostería se efectuará de acuerdo a las Normas y Especificaciones de la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes), Especificaciones de la AASHO (Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Caminos), y las Normas del ACI-31 8R-89 (Instituto Americano del Concreto), analizándolas para cargas muertas, cargas vivas, accidentales, cargas rodantes (H20-S16), empujes de agua, empuje de tierra y subpresión durante sus etapas constructivas y de operación.

El análisis y diseño de la estructura protectora a base de encamisado de tubería de acero, deberá llevarse a cabo de acuerdo del AWWA (Asociación Americana de Obras de Agua, Manual M-11), especificaciones del AISC (Instituto Americano de Construcciones de Acero) y AWS (Sociedad Americana de Soldadura), tomando en consideración las cargas muertas, cargas vivas, accidentales, cargas rodantes (H_20-S16), empuje de agua, empuje de tierra y subpresión durante sus etapas constructivas y de operación, así como aplastamiento, corrosión, manejo, transporte y por efectos de deformación longitudinal en el caso de ser hincada. Para la selección del tipo de protección se usarán las Normas de Pemex.

El análisis y diseño de los atraques y silletas deberá llevarse a cabo de acuerdo a la sección 7.2.2.1

Se elaborarán los planos en papel albanene o en cronaflex, de preferencia su tamaño será de 100 X 55 cm, a la izquierda se dejará un margen de 5 cm y 1 cm para los márgenes restantes y deberán contener lo siguiente:

La planta general ubicada en la margen superior izquierda, a escala 1:200 ó 1:250 con coordenadas y norte, se precisará el ángulo de intersección de la línea de conducción con la vía de comunicación, el kilometraje de la línea de conducción y el de la carretera con su nombre, dibujándose en la intersección dos círculos concéntricos, señalando tanto en la carretera como en la línea de conducción por medio de flechas en los extremos, las poblaciones inmediatas a manera de origen y destino. Así también se indicarán y acotarán los límites del derecho de vía.

Corte longítudinal por el eje de la línea de conducción, indicándose elevación del terreno natural y rasante del camino, acotación e indicación del límite del derecho de vía, los muros de cabeza y las juntas de uniones entre tuberías de diferentes materiales. Si la tubería es hincada, indicar la longitud efectiva de hincado.

Abajo del corte anterior, ubicar el cuadro que contiene cadenamiento, rasante de tubería, cota del terreno natural y altura de corte.

Corte transversal por el sitio del cruzamiento, cortes y detalles de los muros de cabeza y de la instalación de tubería de la línea de conducción y la estructura de protección, detalle de las juntas en los cambios de tubería de diferente material precisamente fuera del derecho de vía, cuadro de deflexiones en el caso que los hubiera, cuadro de datos de proyecto, cuadro de cantidades de obra, croquis de localización del cruce ubicado en la margen superior derecha, notas, procedimiento constructivo y protección anticorrosiva.

Estructuras de Cruce con Vías Férreas

En base a la topografía, mecánica de suelos y procedimiento constructivo, se definirá la solución a este tipo de cruce, la que puede ser con cajón de concreto reforzado o con camisa de tubería de acero instalada en zanja o hincada.

Para el análisis y diseño se recomienda consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño, selección e instalación de tubería de acero para líneas de conducción de agua potable” y la Norma Técnica NT-003-CNA-2001 “Línea de conducción de agua, cruce con ferrocarril”.

El proyecto estructural deberá contar con los elementos necesarios para su construcción tales como: estructura protectora, muros de cabeza, atraques y silletas. La línea de conducción en la zona del cruce deberá ser con tubería de acero.

El análisis y diseño de la estructura protectora cuando es a base de cajón de concreto armado y muros de cabeza de mampostería se efectuará de acuerdo a las Normas y Especificaciones de Ferrocarriles Nacionales de México y las Normas del ACI-31 8R-89 (Instituto Americano del Concreto), analizándolas para cargas muertas, cargas vivas, accidentales, cargas rodantes (COOPER E-80) y empuje de tierra durante sus etapas constructivas y de operación.

El análisis y diseño de la estructura protectora a base de encamisado de tubería de acero deberá llevarse a cabo de acuerdo a las Normas y Especificaciones de Ferrocarriles Nacionales de México, del AWWA (Asociación Americana de Obras de Agua, Manual M-1 l), del AISC (instituto Americano de Construcciones de Acero) y AWS (Sociedad Americana de Soldadura), tomando en consideración las cargas muertas, cargas vivas, accidentales, cargas rodantes (COOPER E-80) y empuje de tierra durante sus etapas constructivas y de operación, así como aplastamiento, corrosión, manejo, transporte y por efectos de deformación longitudinal en el caso de ser hincada. Para la selección del tipo de protección se usarán las Normas de Pemex.

El análisis y diseño de la estructura protectora cuando es a base de cajón de concreto armado y muros de cabeza de mampostería se efectuará de acuerdo a las Especificaciones de Ferrocarriles Nacionales de México, las Normas del ACI-31 811-89 (Instituto Americano del Concreto), analizándolas para cargas muertas, vivas,

accidentales, cargas rodantes y empuje de tierra durante sus etapas constructivas y de operación.

El análisis y diseño de los atraques y silletas deberá llevarse a cabo de acuerdo a la sección 7.2.2.1.

Se elaborarán los planos en papel albanene o en cronaflex, con dimensiones de 153.5 cm como máximo y 77.5 cm como mínimo de largo y de 55 cm de ancho, ubicando la margen izquierda a 5 cm y los márgenes restantes a 1 .5 cm. y deberá contener lo siguiente:

La planta estará ubicada a la margen superior izquierda a escala de 1:200 ó 1:250 con coordenadas e indicándose el norte, se precisará el ángulo de intersección de la línea de conducción con la vía férrea, el kilometraje de la línea de conducción y el correspondiente al del ferrocarril con su nombre, dibujándose en la intersección dos círculos concéntricos, señalando tanto en la vía férrea como en la línea de conducción por medio de flechas en los extremos las poblaciones inmediatas a manera de origen y destino. Así también se dibujarán y acotarán los límites del derecho de vía. La estructura motivo de aprobación se dibujará de color rojo y las dos líneas que definen el derecho de vía, se dibujarán de color verde.

Corte longitudinal por el eje de la línea de conducción, indicándose la elevación del terreno natural y elevación del hongo del riel, acotación e indicación del límite del derecho de vía en color verde y toda la estructura de protección dentro del derecho de vía en color rojo, los muros de cabeza y las juntas o uniones entre tuberías de diferente material. Si la tubería es hincada, acotar la longitud efectiva de hincado.

Abajo del corte anterior, ubicar el cuadro que contiene cadenamiento dentro del derecho de vía, rasante de tubería, cota del terreno natural y altura de corte.

Corte transversal por el sitio del cruzamiento, cortes y detalles de los muros de cabeza, detalle de las juntas en los cambios de tubería de diferente material precisamente fuera del derecho de vía, cuadro de deflexiones en el caso que los hubiera, cuadro de datos de proyecto, cuadro de cantidades de obra, croquis de localización del cruce ubicado en la margen superior derecha, notas, procedimiento constructivo y protección anticorrosiva interior y exterior de la tubería.

En la margen inferior izquierda aparecerá el nombre, cédula profesional y firma de los ingenieros responsables, esto también deberá hacerse en cada una de los tres tipos de memoria, es decir: descriptiva, justificativa y de cálculo, que forma parte de la documentación para trámites de licencia de construcción.

Para efecto de trámite de aprobación ante la Oficina de Ferrocarriles Nacionales de México, se entregarán plano (s) original (es), dos copias reproducibles y 14 copias heliográficas de cada uno de los planos del proyecto. Con respecto a las memorias (descriptiva, justificativa y de cálculo) se presentarán los originales y 14 juegos de copias de contacto de cada una de ellas.

Estructuras de Cruce con Ductos

El proyecto de cruce de la línea de conducción con otra tubería conductora de derivados de hidrocarburos, de aguas residuales o de agua potable, se elaborará tratando de evitar la posibilidad de afectación entre ambas tuberías.

Para el análisis y diseño se recomienda consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño, selección e instalación de tubería de acero para líneas de conducción de agua potable”.

En el proceso constructivo al descubrir la tubería instalada se tomará todo tipo de previsiones para no dañarla, soportándola con una estructura provisional a base de madera.

Cuando la línea de conducción sea de P.V.C. o de Poliestireno de alta densidad, el cruce se efectuará como línea de conducción, dejando un colchón entre ambas tuberías de 1.00 m. para diámetros menores de 24" y de 1.50 m. para tuberías de mayor diámetro.

Para líneas de conducción de Concreto Presforzado y de Asbesto-Cemento el cruce se proyectará de acuerdo a lo indicado en el párrafo anterior y en caso de que el ducto conduzca aguas negras o derivados de hidrocarburos, se elaborará el proyecto de la estructura de protección necesaria para evitar la contaminación en caso de fuga.

Cuando la línea de conducción y el ducto sean de Acero, se dejarán los colchones mínimos indicados anteriormente tomando las medidas necesarias para que el proyecto de cruce prevea la posible afectación a la protección catódica.

El proyecto estructural del cruce con ductos deberá contar con los elementos necesarios para su construcción y protección y en caso de llevar atraques y silletas, el análisis y diseño se efectuará de acuerdo a la sección 7.2.2.1. .

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 7.1.4, complementando la información con cortes y detalles de los atraques, de la unión o junta en los cambios de tuberías de diferente material, procedimiento constructivo y protección anticorrosiva.

7.2.2.4. Estructuras de Protección

Tanques de Oscilación

Estas estructuras tienen por finalidad evitar las variaciones de carga que se presentan por efecto de los fenómenos transitorios.

Búsqueda por palabra

Para el análisis y diseño se recomienda consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño estructural de recipientes”.

El proyecto estructural deberá contener los elementos de cimentación, cuerpo del tanque, escaleras, plataforma de operación, vertedor de excedencias, tuberías de llegada y de salida y todos los elementos necesarios para su construcción.

El tanque se analizará tomando en cuenta las cargas vivas, muertas, accidentales, de viento y sismo para la condición de tanque vacío y tanque lleno, tanto en el proceso constructivo como en el de operación. Se revisará la estabilidad del conjunto, verificando que el factor de seguridad al volteo y deslizamiento, sea mayor de 1.5 considerando la combinación de carga más desfavorable. Las deformaciones deberán quedar dentro de las tolerancias especificadas.

En base a los resultados de los estudios de mecánica de suelos se procederá al diseño de la cimentación tomando en cuenta las combinaciones de carga más desfavorable.

El análisis y diseño de los tanques de oscilación de concreto, deberá llevarse a cabo de acuerdo a las normas y especificaciones del ACI 31 8R-89 y ACI-3 5011-89 (Instituto Americano del Concreto). El análisis y diseño de los tanques de oscilación metálicos se deberá llevar a cabo conforme a las normas y especificaciones AISC (Instituto Americano de Construcciones de Acero), ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos) y AWS (Sociedad Americana de Soldadura). Para el análisis de sismo y viento las contenidas en el capítulo Tanques y Depósitos del Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad con las adecuaciones especificadas en las secciones 7.1.2 y 7.1.3.

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 7.1A complementando la información con escaleras, plataformas de operación, tuberías, anillos de anclaje y equipo.

Cámaras de Aire

El objetivo primordial de una cámara de aire es la de controlar la variación del gasto provocada por efectos del fenómeno transitorio mediante una cámara cilíndrica de acero, que contiene agua y aire comprimido conectada a la línea de conducción.

Para el análisis y diseño se recomienda consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño estructural de recipientes”.

El proyecto estructural contendrá los elementos de cimentación, estructura de soporte, cuerpo y cabezas de cilindro, escaleras, inserciones y todos los elementos necesarios para su construcción.

Búsqueda por palabra

Apoyados en la información del área de electromecánica, se efectuará el análisis del cuerpo de la cámara tomando en cuenta la presión interna, cargas muertas, accidentales, de viento y sismo, tanto en el proceso constructivo como en el de operación.

Se revisará la estabilidad del conjunto, evaluando el factor de seguridad al volteo y deslizamiento, que deberá ser mayor de 1 .5, considerando la combinación de carga más desfavorable, verificando que las deformaciones queden dentro de las tolerancias especificadas.

En base a los resultados de los estudios de mecánica de suelos, se procederá al diseño de la cimentación, tomando en cuenta las combinaciones de carga más desfavorable.

El cálculo y diseño de las cámaras, deberá llevarse a cabo de acuerdo a las normas y especificaciones del ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos), A.I.S.C. (Instituto Americano de Construcciones de Acero) y AWS (Sociedad Americana de Soldadura). Para el análisis de sismo y viento las contenidas en el capítulo Tanques y Depósitos del Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, con las adecuaciones especificadas en las secciones 7.1.2 y 7.1.3.

El cálculo y diseño de la cimentación deberá llevarse a cabo de acuerdo a las Normas ACI-318R-89 (American Concrete Institute).

Los planos estructurales se elaborarán conforme lo estipulado en la sección 7.1.4, complementando la información con anclas, placas de base, escaleras, cuerpo y cabezas del cilindro, soldadura, tuberías e inserciones.

Tanques Unidireccionales

La función de los tanques unidireccionales es evitar el colapso de la línea, alimentándola al momento de presentarse la onda negativa de los transitorios.

Para el análisis y diseño se recomienda consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño estructural de recipientes”.

El proyecto estructural deberá contener la estructura del tanque, los atraques y silletas de la fontanería de llenado del mismo y de alimentación a la línea,

El proyecto estructural de los tanques deberá realizarse conforme a lo estipulado en la sección 7.1.5.2. El de los atraques y silletas será de acuerdo a la sección 7.2.2.1

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 7.1.4 complementando la información con escaleras, plataformas de operación, tuberías, anillos de anclaje y equipo.

Estructuras Rompedoras y Disipadoras de Carga

Las estructuras rompedoras y disipadoras de carga se pueden agrupar en. recipientes, válvulas y placas de orificio.

Para el análisis y diseño se recomienda consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño estructural de recipientes”.

El proyecto estructural de los recipientes rompedores de carga deberá contener los elementos de cimentación, estructura, muros, zapatas, escaleras, vertedor de excedencias, tuberías, anillos de anclaje y todos los elementos necesarios para su construcción.

El análisis, diseño y presentación del proyecto estructural de los recipientes se llevará a cabo conforme a lo estipulado en la sección 7.1.5.2.

El proyecto estructural de dispositivos disipadores de carga a base de válvulas y placas de orificio, consiste en atraques y silletas para la sustentación de su arreglo mecánico.

El cálculo, diseño y presentación del proyecto estructural de éstos últimos se elaborará de acuerdo a la sección 7.2.2.1

7.2.2.5. Plantas de Bombeo

Las estructuras que integran las plantas de bombeo se pueden dividir en dos grupos:

- Edificación
- Tanques y depósitos

Las edificaciones que usualmente intervienen en las plantas de bombeo son:

- Edificio de oficinas
- Servicios generales
- Bodegas
- Taller
- Edificio de control de motores
- Caseta de vigilancia
- Muro de logotipo

El análisis, diseño y presentación del proyecto estructural se elaborará conforme a lo estipulado en la sección 7.1.5.1.

Los depósitos utilizados generalmente en plantas de bombeo son:

Búsqueda por palabra

- Cárcamo de bombeo
- Canales

El análisis, diseño y presentación del proyecto estructural de los depósitos se elaborará conforme a lo estipulado en la sección 7.1.5.2.

Para el análisis y diseño se recomienda consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño estructural de recipientes”.

En el análisis y diseño estructural de los canales y ductos se tomarán en cuenta empujes de agua, empuje de tierra y subpresión que actúen sobre la estructura, considerando la condición de vacío con empujes de tierra y lleno sin relleno exterior. Se analizarán por tramos o secciones y en el caso de ser canales elevados, deberán considerarse auto sustentantes con elementos de apoyo.

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 7.1.4.

7.2.3. Estructuras de Almacenamiento y Regulación

Las estructuras de almacenamiento y regulación son las obras civiles y electromecánicas que nos permiten recibir, almacenar y/o regular el agua de la conducción para incorporarla a la red de distribución. Generalmente estas estructuras son tanques elevados o tanques superficiales.

Para el análisis y diseño se recomienda consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño estructural de recipientes” y “Diseño, Operación y Construcción de Tanques de Regulación para Abastecimiento de Agua Potable”.
.
Para poder elaborar el proyecto de estas estructuras se debe disponer de la información topográfica, de geomancia y la referente a su dimensionamiento, funcionamiento hidráulico, materiales y los elementos que la forman.

El análisis, diseño y presentación del proyecto estructural se efectuará de acuerdo a los requerimientos de seguridad y servicio que se establecen en la sección 7.1.5.1.

7.2.4. Distribución

Los proyectos estructurales que intervienen en un proyecto de red de distribución de agua potable, lo constituyen las cajas de operación de válvulas, atraques en cruceros de la red y cajas de inundación contra incendio, cuyo diseño se consigna en los planos tipo que se mencionan en el Capítulo 5.

Búsqueda por palabra

Para el análisis y diseño se recomienda consultar las Normas Técnicas NT-004-CNA-2001 y NT-005-CNA-2001 “Línea de conducción de agua, cajas para operación de válvulas” y “Red de distribución, cajas para operación de válvulas” respectivamente y el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño estructural de recipientes”.

7.2.5. Potabilización

Las estructuras que integran las plantas potabilizadoras se pueden dividir en dos grupos:

- Edificación
- Tanques y depósitos

Las edificaciones que usualmente interviene en las plantas potabilizadoras son:

- Edificio de oficinas
- Edificio de cloración
- Edificio de almacenamiento y dosificación de reactivos
- Laboratorio
- Servicios generales
- Bodegas Taller
- Cuarto de control de Motores
- Cuarto de compresores
- Caseta de vigilancia
- Muro logotipo

El análisis, diseño y presentación de¡ proyecto estructural de las edificaciones se elaborará conforme a lo estipulado en la sección 7.1.5.1.

Los depósitos usados generalmente en plantas potabilizadoras son:

- Tanque de aguas crudas
- Medidor Parshall
- Caja repartidora
- Tanque de mezcla rápida
- Canales
- Floculador
- Sedimentador
- Filtros
- Tanque de contacto de cloro
- Tanque de aguas claras
- Tanque de recuperación de agua de retrolavado
-

El análisis, diseño y presentación del proyecto estructural de los depósitos se elaborará conforme a lo estipulado en la sección 7.1.5.2.

Para mayor claridad a continuación se estipulan los lineamientos particulares para las siguientes estructuras:

Canales y Medidor Parshall

En el análisis y diseño estructural se tomarán en cuenta empuje de agua, empuje de tierra y subpresión que actúen sobre la estructura, considerando la condición de vacío con empuje de tierra y lleno sin relleno exterior. Se analizarán por tramos o secciones y en caso de ser elevado, deberán considerarse auto sustentante con elementos de apoyo. En los planos estructurales se especificarán las juntas de colado y dilatación, mostrando su ubicación y detalle.

Tanque de Aguas Crudas, Cárcamo de Bombeo, Floculador, Sedimentador, Filtros, Tanque de Contacto de Cloro y de Recuperación de Agua de Retrolavado

Para su análisis se tomarán en cuenta las cargas muertas, vivas, de impulso, equipos, impacto, subpresión, empuje de agua y empuje de tierra para las condiciones de tanque lleno sin relleno exterior y vacío con empuje de tierra. Dependiendo de su relación largo y altura, el análisis se efectuará mediante el Método de Placas o siguiendo las recomendaciones de la P.C.A. (Portiand Cement Asociation).

Tanque de Aguas Claras

Estas estructuras pueden ser rectangulares o circulares. Las acciones que se tomarán en cuenta son: empuje de agua, empuje de tierra y subpresión que actúen sobre la estructura, considerando la condición de vacío con empujes de tierra y lleno sin relleno exterior. Se deberá realizar el análisis hidrodinámico para sus efectos en el conjunto o por elemento y en caso de ser rectangulares y dependiendo de su relación largo y altura, se podrá analizar como placa o siguiendo las recomendaciones de la P.C.A., analizando los efectos en las esquinas. Se recomienda que la unión entre muro y losa tapa se realice mediante anclas para evitar el volteo del muro. Las estructuras circulares se analizarán conforme a las recomendaciones de la P.C.A. y en depósitos de grandes dimensiones se verificará la conveniencia de utilización de acero de preesfuerzo.

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 7.1A complementando la información con detalles de instalación de compuertas y sus mecanismos elevadores, bombas, grúa, juntas de construcción y dilatación, escaleras, andadores y plataformas de operación, entradas y salidas de ductos, vertedores y cajas de válvulas.

Los planos estructurales deberán ser acompañados de planos de terracerías donde se muestren las profundidades de desplante de las unidades de proceso, los taludes de excavación y el drenaje necesario para evitar el efecto de subpresión en el proceso constructivo.

7.2.6. Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales

Las estructuras que integran las plantas de tratamiento de aguas residuales se pueden dividir en dos grupos:

- Edificación
- Tanques y depósitos

Las edificaciones que usualmente interviene en las plantas de tratamiento son:

- Edificio de oficinas
- Edificio de cloración
- Edificio de deshidratación
- Edificio de almacenamiento y dosificación de reactivo
- Laboratorio
- Servicios generales
- Bodegas
- Taller
- Cuarto de control de motores
- Cuarto de compresores
- Caseta de vigilancia

El análisis, diseño y presentación del proyecto estructural de las edificaciones se elaborará conforme a lo estipulado en la sección 7.1.5.1

Los depósitos requeridos generalmente en plantas de tratamiento son.

- Caja receptora
- Cárcamo de bombeo
- Canales
- Medidores Parshall
- Desarenador
- Sedimentados
- Aereador
- Clarificador
- Tanque de contacto de cloro
- Cárcamo de recirculación de lodos
- Espesador de lodos

El análisis, diseño y presentación del proyecto estructural de los depósitos se elaborará conforme a lo estipulado en la sección 7.1.5.2.

Para el análisis y diseño se recomienda consultar el Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, en específico el libro denominado “Diseño estructural de recipientes”.

Búsqueda por palabra

Para mayor claridad a continuación se estipulan los lineamientos particulares para las siguientes estructuras:

Canales y Medidor Parshall

En el proyecto estructural se elaborará conforme a lo estipulado en la sección 7.2.5 para este tipo de estructuras.

Caja Receptora, Cárcamo de Bombeo y Recirculación de Lodos

Para su análisis se tomarán en cuenta las cargas muertas, vivas, impulso de equipos, impacto, subpresión, empuje de agua y empuje de tierra para las condiciones de estructura llena sin relleno exterior y vacía con empuje de tierra. Dependiendo de su relación largo y altura, el análisis se efectuará mediante el Método de Placas o siguiendo las recomendaciones de la P.C.A. (Asociación de Cemento Portland).

Tanques Desarenador, Sedimentador, Aereador, Clarificador, Contacto de Cloro y Espesador de Lodos.

Estas estructuras pueden ser rectangulares o circulares. Las acciones que se tomarán en cuenta son: empuje de agua, empuje de tierra, a tanque lleno sin tierra y vacío con relleno exterior, subpresión, peso de equipos, vibración, impulso e impacto. Se deberá realizar el análisis hidrodinámico para sus efectos en el conjunto y por elemento, en caso de ser rectangulares y dependiendo de su relación largo y altura, se podrá analizar como placa o en voladizo, o siguiendo las recomendaciones de la P.C.A. (Asociación de Cemento Portiand), analizando los efectos en las esquinas. Las estructuras circulares se analizarán conforme a las recomendaciones de la P.C.A. (Asociación de Cemento Portiand) y en depósitos de grandes dimensiones se verificará la conveniencia de la utilización de acero de preesfuerzo conforme a las normas ACI-344R-89 (Instituto Americano del Concreto).

Los planos estructurales se elaborarán conforme a lo estipulado en la sección 7.1A complementando la información con detalles de instalación de compuertas y sus mecanismos elevadores, bombas, grúa, juntas de construcción y dilatación, escaleras, andadores y plataformas de operación, entradas y salidas de ductos, vertedores, cajas de válvulas.

7.2.7. Alcantarillado

El proyecto estructural de los sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial lo constituyen los siguientes elementos: pozos de visita común, pozo de visita especial, pozo caja, pozo caja de unión, pozo con caída, pozo con caída adozada, estructura de caída escalonada y estructura de descarga esviajada. Los planos tipo de las estructuras que se mencionan están consignados en Capítulo 6.

Búsqueda por palabra

Por lo que respecta a sifones invertidos, cruces con vías de ferrocarril, con carreteras, con ríos, con arroyos y canales su análisis, diseño y presentación se efectuará conforme a la sección 7.2.2.3.

En el análisis, diseño y presentación del proyecto de las estructuras de entrega, se realizará de acuerdo a lo especificado para canales y ductos en la sección 7.2.2.5.

CATALOGO DE CONCEPTOS ESTRUCTURALES

NUMERO	CONCEPTO	UNIDAD
7.2.1	CAPTACIÓN	
7.2.1.1	AGUAS SUBTERRÁNEAS	
7.2.1.1.1	Pozos	
7.2.1.1.1.1	Bases para motores	proy
7.2.1.1.1.2	Atraques y silletas en arreglo mecánico	proy
7.2.1.1.1.3	Caseta de operación	proy
7.2.1.1.1.4	Plataforma de operación	proy
7.2.1.1.2	Galerías filtrantes	proy
7.2.1.1.2.1	Estructura de filtración	proy
7.2.1.1.2.2	Cárcamo de bombeo	proy
7.2.1.2	AGUAS SUPERFICIALES	
7.2.1.2.1	Manantiales	
7.2.1.2.1.1	Caja de captación	proy
7.2.1.2.1.2	Cárcamo de bombeo	proy
7.2.1.2.2	Canales	
7.2.1.2.2.1	Obra de toma	proy
7.2.1.2.3	Ríos	
7.2.1.2.3.1	Obra de toma	proy
7.2.1.2.4	Embalses	
7.2.1.2.4.1	Obra de Toma	proy
7.2.2	CONDUCCIÓN	
7.2.2.1	Atraques y silletas	proy
7.2.2.2	Cajas de válvulas	proy
7.2.2.3	Estructuras de cruce	
7.2.2.3.1	Con ríos, arroyos, canales y lagunas	
7.2.2.3.1.1	Con ríos	proy
7.2.2.3.1.2	Con arroyos	proy
7.2.2.3.1.3	Con canales	proy
7.2.2.3.1.4	Con lagunas	proy
7.2.2.3.2	Con carreteras y caminos	
7.2.2.3.2.1	Con carreteras	proy
7.2.2.3.2.2	Con caminos	proy

Búsqueda por palabra

7.2.2.3.3	Con vías férreas	proy
7.2.2.4	ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN	
7.2.2.4.1	Tanques de oscilación	proy
7.2.2.4.2	Cámaras de aire	proy
7.2.2.4.3	Tanques unidireccionales	proy
7.2.2.4.4	Estructuras rompedoras de carga	proy
7.22.5	PLANTAS DE BOMBEO	
7.2.2.5.1	Edificio de oficinas	proy
7.2.2.5.2	Servicios generales	proy
7.2.2.5.3	Bodegas	proy
7.2.2.5.4	Taller	proy
7.2.2.5.5	Edificio de control de motores	proy
7.2.2.5.6	Caseta de vigilancia	proy
7.2.2.5.7	Muro logotipo	proy
7.2.2.5.8	Cárcamo de bombeo	proy
7.2.2.5.9	Canales	proy
7.2.3	ALMACENAMIENTO Y/O REGULACIÓN	
7.2.3.1	Tanques superficiales	proy
7.2.3.2	Tanques elevados	proy
7.2.5	POTABILIZACIÓN	
7.2.5.1	Edificio de oficinas	proy
7.2.5.2	Edificio de cloración	proy
7.2.5.3	Edificio de almacenamiento y dosificación de react.	proy
7.2.5.4	Laboratorio	proy
7.2.5.5	Servicios generales	proy
7.2.5.6	Bodega	proy
7.2.5.7	Taller	proy
7.2.5.8	Cuarto de control de motores	proy
7.2.5.9	Cuarto de compresores	proy
7.2.5.10	Caseta de vigilancia	proy
7.2.5.11	Muro logotipo	proy
7.2.5.12	Tanque de aguas crudas	proy
7.2.5.13	Medidor Parshall	proy
7.2.5.14	Caja repartidora	proy
7.2.5.15	Tanque de mezcla rápida	proy
7.2.5.16	Canales	proy
7.2.5.17	Floculador	proy
7.2.5.18	Sedimentador	proy
7.2.5.19	Filtros	proy

7.2.5.20	Tanque de contacto de cloro	proy
7.2.5.21	Tanque de aguas claras	proy
7.2.5.22	Tanque de recuperación de agua de retrolavado	proy
7.2.7	TRATAMIENTO	
7.2.7.1	Edificio de oficinas	proy
7.2.7.2	Edificio de cloración	proy
7.2.7.3	Edificio de almacenamiento y dosificación de reactivos	proy
7.2.7.4	Laboratorio	proy
7.2.7.5	Servicios generales	proy
7.2.7.6	Bodega	proy
7.2.7.7	Taller	proy
7.2.7.8	Cuarto de control de motores	proy
7.2.7.9	Cuarto de compresores	proy
7.2.7,10	Edificio de deshidratación	proy
7.2.7.11	Caseta de vigilancia	proy
7.2.7.12	Muro logotipo	proy
7.27,13	Caja receptora	proy
7.2.7.14	Medidor Parshall	proy
7.2.7.15	Cárcamo de bombeo	proy
7.2.7.16	Desarenador	proy
7.2.7.17	Canales	proy
7.2.7.18	Sedimentador	proy
7.2.7.19	Filtros	proy
7.2.7.20	Tanque de contacto de cloro	proy
7.2.7.21	Cárcamo de recirculación de lodos	proy
7.2.7.22	Espesador de lodos	proy

Búsqueda por palabra

8. ELECTRICA

INTRODUCCIÓN

Este capítulo establece los requerimientos mínimos que deben satisfacer los proyectos eléctricos de pozos, plantas de bombeo, plantas de tratamiento y plantas potabilizadoras.

El objetivo de este documento es darlo a conocer en todas aquellas áreas que en forma directa o indirecta intervienen en este tipo de proyectos, con el fin de unificar los diferentes criterios establecidos hasta la fecha.

El documento contiene la metodología para realizar un proyecto eléctrico, incluyéndose una relación general de normas aplicables y una descripción detallada del contenido de la memoria de cálculo, donde se indica el proceso que debe seguirse para la selección del equipo eléctrico. Se considera que a partir de la aplicación de los conceptos descritos anteriormente se puede integrar y analizar la información correspondiente para proceder a la elaboración del proyecto.

Se incluye el alcance de las especificaciones eléctricas y recomendaciones, respecto al formato de planos y normas particulares que se aplican a la fabricación y pruebas de equipos y accesorios.

Finalmente se tiene un apéndice que puede tomarse como referencia para la elaboración del catálogo de conceptos del proyecto eléctrico.

Como apoyo para éste capítulo se tienen los temas de "Diseño de Instalaciones Eléctricas, Selección de Equipo Eléctrico y Proyectos Electromecánicos Tipo para Poblaciones Rurales", que forman parte del Manual de Agua Potable y Alcantarillado en el libro V, cuarta sección.

8.1. LINEAMIENTOS GENERALES

Estos lineamientos generales se aplican en la elaboración del proyecto ejecutivo eléctrico para pozos, plantas de bombeo, plantas de tratamiento y plantas potabilizadoras.

Adicionalmente en secciones específicas se dan los lineamientos que son aplicables a cada caso en particular según el tipo de proyecto M que se trate.

8.1.1. Objetivo

Establecer los lineamientos y criterios para el desarrollo de los proyectos ejecutivos eléctricos.

Búsqueda por palabra

8.1.2. Normas y Reglamentos que se Aplican

El proyecto y equipo eléctrico deberá estar de acuerdo a las partes aplicables de las siguientes normas y reglamentos:

- NOM Normas Oficiales Mexicanas
- NEMA National Electrical Manufacturers Association
- IEEE Institute of Electrical and Electronic Engineers
- ANSI American National Standards Institute
- ASTM American Society for Testing and Materials
- CFE Comisión Federal de Electricidad

8.1.3. Alcance

Los documentos que forman el proyecto ejecutivo deben de integrarse de la siguiente manera:

- Memoria de Cálculo
- Planos
- Especificaciones Eléctricas
- Cantidades de Obra
- Presupuesto

8.1.4. Procedimiento de Cálculo

La aplicación de la ingeniería en el diseño permitirá obtener un Proyecto Ejecutivo adecuado a los requerimientos de confiabilidad, simplicidad y flexibilidad dentro de un costo económico. Estos requerimientos ó necesidades deberán ser tomados en cuenta e indicarse en una memoria técnica cuya secuencia y desarrollo deberá ser de la siguiente manera:

8.1.4.1. Análisis de las cargas

De acuerdo a la información obtenida de la sección 9.1.4.2 de la parte mecánica, donde se indicará la potencia a consumir de los motores y tomando en cuenta el análisis de cargas (ubicación de centros de cargas) se establecerán los niveles de voltaje de tal manera que las cargas tengan una tensión de alimentación adecuada, a su demanda,

8.1.4.2. Características del suministro de energía eléctrica

Se debe solicitar a la compañía suministradora de energía eléctrica las siguientes características:

- Voltaje, fases y frecuencia
- Capacidad interruptiva.

Búsqueda por palabra

- Corriente de corto circuito (monofásico y trifásico) de la línea
- Interrupciones en la zona
- Tipo de acometida: aérea o subterránea

8.1.4.3. Niveles de voltaje

Los voltajes utilizados son:

- Baja tensión: 127,220, 440 V
- Media tensión: 2.3, 4.16 KV
- Alta tensión: 13.2, 23, 34.5, 115 KV

8.1.4.4. Análisis y selección de alternativas

De acuerdo al análisis de las cargas y las necesidades de servicio, sé elaborarán las alternativas para alimentar los diferentes centros de carga y tomando en cuenta la confiabilidad, flexibilidad y economía, sé determinará la alternativa más adecuada.

8.1.4.5. Tipo de subestaciones

En caso de requerirse Subestación Eléctrica podemos decir que generalmente las ubicadas en zonas rurales son tipo exterior, sin embargo debido a situaciones especiales la selección del tipo de Subestación podría ser de otro tipo (compacta, tipo jardín, etc.), por lo que deberá soportarse con un estudio donde se tome en cuenta principalmente la funcionalidad, seguridad y continuidad de servicio de dicha Subestación y deberá tomarse en cuenta para su diseño las Normas de Distribución y Construcción de C.F.E., así como la Norma Oficial Mexicana NOM-001 -SEMP-1 994 cáp. 24 6 las que estén en vigor.

8.1.4.6. Distribución de fuerza y alumbrado

La localización y tipo de cargas, así como la Importancia de su continuidad en el servicio, determinarán, el tipo y arreglo, de la distribución de fuerza (alimentación de tableros hacia las cargas).

En este nivel serán definidos los siguientes criterios:

- Ubicación y tipo de centros de carga (interiores, exteriores, etc.)
- Cálculo, clasificación y codificación de cables y canalizaciones conforme a la NOM-001 -SEMP-1 994 cáp. 2,3 y 4 ó vigentes.

Búsqueda por palabra

8.1.4.7. Sistema de tierras

El diseño del sistema de tierras se realizará dé tal forma que cumpla con las siguientes funciones:

- Proporcionar un circuito de baja impedencia para la circulación de corrientes de falla a tierra o a la operación de un apartarrayos
- Evitar que durante la circulación de una corriente de falla a tierra puedan producirse potenciales peligrosos al personal.
- Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico

Las normas aplicables en éste sentido deben apegarse a lo indicado en la NOM-001 -SEMP-1994 cáp. 2 y 24, así como en el I.E.E.E. No.80 o vigentes.

8.1.4.8. Sistema de protección

El diseño del sistema de protección contra sobrecorriente debe apegarse a la NOM-001-SEMP-1994 cáp. 2 o los vigentes y cumplir con las siguientes condiciones.

- Aislar una mínima porción del sistema en condiciones de falla
- Aislar todo tipo de fallas con alta rapidez
- Proporcionar una máxima seguridad y confiabilidad, tanto con el equipo como el personal

8.1.4.9. Sistema de control

Se deberá prever en el caso necesario un sistema, el cual permita proteger y controlar los equipos instalados según los requerimientos de operación, estos pueden ser, según el caso : por alto y bajo nivel de agua, por alta presión, arranque y paro manual y/o automático, etc.

Para plantas de bombeo y plantas de tratamiento se deberá tener en cuenta en las secciones 8.2.2.2 y 8.2.3.1 correspondientes.

8.1.5. Planos

8.1.5.1. Contenido

Los planos deberán tener la información siguiente:

- Diagramas, dibujos y esquemas indicando la secuencia de conexiones y/o control
- Vista de planta y perfil de los arreglos que se tengan con los equipos
- Lista de materiales y notas aclaratorias

- Cuadro de cargas, en el que se indique longitud, fuente de alimentación, carga a alimentar, calibre del conductor, diámetro de tubería e identificación de los circuitos principales
- Anclajes, ubicación y acotaciones de la instalación de todos los equipos
- Vista de planta y perfil de trayectoria de canalizaciones, ductos, registros, detalles e instalación y otros

8.1.5.2. Relación de planos

En el caso de ser necesarios, se deberán presentar individual o agrupadamente (según el espacio el plano lo permita) los siguientes títulos:

- Diagrama unifilar
- Subestación eléctrica
- Distribución de fuerza
- Sistema de tierras
- Sistema de alumbrado
- Sistema de control
- Cédula de cables y conduit

Para plantas de bombeo ver la sección 8.2.2.3 correspondiente.

8.1.5.3. Formato de planos

El plano será elaborado en papel albanene o cualquier otro que permita obtener copias heliográficas con claridad, de preferencia su tamaño será de 70 X 110 cm, la letra será de 2.0 mm. de alto como mínimo. Las escalas serán las adecuadas para que se tenga el espacio de lo que se desee presentar, el sistema general de unidades y medidas será de acuerdo a norma NOM-Z-1 vigente; así mismos los símbolos serán los indicados en la NOM-J-136 o la vigente, en el ángulo superior derecho se dibujará el croquis de localización lo más ilustrativo posible indicando el norte.

También deberá cumplir con lo solicitado ante la autoridad competente para su aprobación.

8.1.6. Especificaciones Eléctricas

8.1.6.1. Contenido

Todas las especificaciones de los equipos deberán contener como mínimo la siguiente información:

- Objetivo y campo de aplicación
- Normas que se aplican en fabricación y pruebas (basándose en las Normas N.O.M., A.N.S.I., I.E.E.E., etc.)

Búsqueda por palabra

- Alcance del suministro
- Trabajo no incluido
- Características
- Materiales
- Pruebas de fábrica
- Pruebas opcionales
- Supervisión de la fabricación
- Pruebas en campo

Además deberá solicitarse, en la especificación, que el proveedor del equipo entregue:

- Lista de partes y herramientas de repuesto
- Instructivos de instalación, operación y mantenimiento
- Dibujos del equipo a ofertar

8.1.6.2. Relación de especificaciones

Deberán elaborarse especificaciones para el equipo más importante que sea utilizado en el proyecto eléctrico y que puede ser:

- Generales de instalación
- Transformadores
- Interruptores
- Apartarrayos
- Cuchillas seccionadoras
- Cortacircuito fusible y/o desconectadores
- Tableros y/o arrancadores
- Motores
- Banco de capacitores

Para plantas de bombeo ver la sección 8.2.2.4 correspondiente.

8.1.7. Cantidades de Obra

Descripción de todos los equipos y materiales eléctricos indicando número de partida, concepto, unidad y cantidad.

8.1.8. Presupuesto

Este deberá incluir lo mencionado en la sección 8.1.7, además de su costo, indicado en precio unitario e importe total.

8.2. LINEAMIENTOS PARTICULARES

Además de lo señalado en la sección 8.1, serán aplicables según el caso los siguientes lineamientos para pozos, plantas de bombeo, plantas de tratamiento y plantas potabilizadoras.

8.2.1. Pozos

Deberá contener lo mencionado en la sección 8.1 (Lineamientos Generales)

8.2.2. Plantas de Bombeo

Deberá contener lo mencionado en la sección 8.1 (Lineamientos Generales) además en la sección 8.1.4. deberá incluir:

8.2.2.1. Arreglo Eléctrico

Deberán establecerse alternativas de la configuración del equipo eléctrico y con base en la flexibilidad y economía de la operación y mantenimiento seleccionar la más adecuada. En esta fase se deberán determinar los siguientes criterios:

- Diagrama de conexiones (unifilar)
- Disposiciones constructivas
- Niveles de voltaje
- Relaciones de transformación
- Localización de Subestación y tableros

8.2.2.2. Sistema de control

El conjunto de instalaciones de baja tensión necesarias para controlar las funciones de los equipos instalados y comprenderán según el caso:

- Dispositivos de mando para la operación del equipo de alta tensión, apertura y/o cierre de interruptores, cuchillas desconectadoras y el equipo auxiliar necesario para la correcta ejecución de las maniobras (diagramas sinópticos e indicadores luminosos).
- Dispositivos de control automáticos (cierres y/o aperturas) del equipo de alta tensión.
- Dispositivos de alarmas sonoras y luminosas, destinados a avisar al operador de una protección automática, o de alguna condición anormal en el funcionamiento del equipo eléctrico de alta tensión.
- Aparatos registradores.
- Dispositivos destinados al mando a distancia o mando local.
- Dispositivos destinados al mando automático o semiautomático de los motores, mecanismos, etc.

Además en la sección 8.1.5, deberá incluir

8.2.2.3. Relación de planos

- Diagramas lógicos y secuenciales
- Coordinación de protecciones

Además en la sección 8.1.6, deberá incluir

8.2.2.4. Relación de especificaciones

- Transformadores de potencia
- Transformadores de potencial y de corriente
- Transformadores de distribución y de servicios auxiliares
- Herrajes, aisladores, conectores y buses de la subestación
- Centro de control de motores
- Tableros blindados, dual, dúplex, simples y de distribución
- Cables de potencia
- Material para distribución de fuerza, alumbrado, tierras y control (en planos) Banco de baterías y cargadores
- Plantas de emergencia

8.2.3. Plantas de Tratamiento

Deberá contener lo mencionado en las secciones 8.1 (Lineamientos Generales), 8.2.2.1, 8.2.2.3, 8.2.2.4, además en la sección 8.1.3 deberá incluir :

8.2.3.1. Sistema de control

El conjunto de instalaciones de baja tensión necesarias para controlar funciones de los equipos instalados, en el caso de ser necesarios comprenderán lo siguiente:

- Dispositivos de control automático, (arranques, paros y cambios automáticos, de los equipos de proceso)
- Dispositivos de alarmas sonoras y luminosas, destinados a avisar al operador de una protección automática, o de alguna condición anormal en el funcionamiento del equipo eléctrico y de proceso
- Aparatos registradores
- Dispositivos destinados al mando a distancia o mando local
- Dispositivos destinados al mando automático o semiautomático de los motores, líneas de proceso, mecanismos, etc.

8.2.4. Plantas Potabilizadoras

Deberá contener lo mencionado en las secciones 8.1 (Disposiciones generales), 8.2.2.1, 8.2.2.3, 8.2.2.4 y 8.2.3.1

9. MECANICA

INTRODUCCION

Este capítulo establece los requerimientos mínimos que deben satisfacer los proyectos mecánicos de pozos, plantas de bombeo, plantas de tratamiento, plantas potabilizadoras y dispositivos de control de fenómenos transitorios.

La intención principal de estos requerimientos al hacerlos del conocimiento de todas aquellas áreas que en forma directa o indirecta intervienen en este tipo de proyectos, es con el fin de unificar los diferentes criterios establecidos hasta la fecha.

Este documento contiene información respecto al procedimiento para la elaboración del proyecto mecánico, empezando con una relación general de normas aplicables y continuando con una descripción detallada del contenido de la memoria de cálculo, donde se indica, paso a paso, el proceso que debe seguirse para la selección de equipos de bombeo, válvulas, tuberías, piezas especiales, equipo de medición de gasto, etc.

Adicionalmente se incluye el alcance de las especificaciones mecánicas, recomendaciones respecto a formato de planos y normas particulares que se aplican a fabricación y pruebas de equipo y accesorios.

Al final se incluye un apéndice que puede tomarse como referencia para la elaboración del catálogo de conceptos del proyecto mecánico.

Como apoyo para éste capítulo se tienen los temas de "Diseño y Selección de Instalaciones y Equipo Mecánico y Proyectos Electromecánicos Tipo para Poblaciones Rurales", que forman parte del manual de agua potable y alcantarillado en el libro v, cuarta sección.

9.1. LINEAMIENTOS GENERALES

Estos lineamientos generales se aplican en la elaboración del proyecto ejecutivo mecánico para pozos, plantas de bombeo, plantas de tratamiento, plantas potabilizadoras y dispositivos de control de transitorios hidráulicos.

Adicionalmente en secciones específicas se dan los lineamientos que son aplicables en cada caso, según el tipo de proyecto del que se trate.

Búsqueda por palabra

9.1.1. Objetivo

Definir los lineamientos y criterios para el desarrollo del proyecto ejecutivo mecánico de pozos, plantas de bombeo de agua potable, de tratamiento de aguas residuales y dispositivos de control de transitorios.

9.1.2. Normas que se Aplican

El equipo mecánico deberá estar de acuerdo a las partes aplicables de las siguientes normas y reglamentos:

NOM	Normas Oficiales Mexicanas
ASTIVI	American Society for Testing of Materiais
ANSI	American National Standards Institute
HIS	Hydraulics Institute Standards
AWWA	American Water Works Association

9.1.3. Alcance

Los documentos que conformarán el proyecto ejecutivo deberán integrarse como sigue:

- Procedimientos de Cálculo
- Dibujos, planos y esquemas
- Especificaciones mecánicas
- Cantidades de Obra
- Presupuesto

9.1.4. Procedimiento de Cálculo

Deberá contener información de proyecto recabada en campo, así como también información complementaria proporcionada por las áreas de ingeniería hidráulica, sanitaria y de potabilización, para el proyecto específico que se vaya a desarrollar.

Entre los datos fundamentales que deberán considerarse están: cotas piezométricas, niveles máximos, mininos y de operación normal del líquido en tanques de succión o cárcamos de bombeo, pérdidas menores en válvulas, tuberías y piezas especiales, así como gastos de proyecto.

En los lineamientos particulares se encontrarán diversos procedimientos de cálculo, pudiendo enumerarse los siguientes: para pozos ver la sección 9.2.1.1, para plantas de bombeo la sección 9.2.2.1, para plantas de tratamiento la sección 9.2.31, para plantas potabilizadoras la sección 9.2.4.1 y para dispositivos de control de transitorios la sección 9.2.5.1 correspondiente.

Búsqueda por palabra

9.1.4.1. Cálculo de la carga dinámica total (C.D.T.) de bombeo

Con los datos de proyecto señalados en el inciso anterior e información adicional relativa al proyecto particular de que se trate, se calculará la carga dinámica total del equipo de bombeo.

9.1.4.2. Cálculo de la potencia hidráulica

Se calculará la potencia hidráulica a partir del gasto de explotación, carga dinámica total y eficiencia del equipo de bombeo. Se determinarán, así mismo, las pérdidas de potencia por transmisión en la flecha de la bomba y se indicará al área eléctrica para la selección del motor correspondiente.

9.1.4.3. Cálculo del empuje axial de la bomba (para bombas verticales)

Para calcular el empuje axial de la bomba se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Constante de empuje de la bomba
- Carga dinámica total
- Peso de la flecha
- Peso de los impulsores

Con el valor del empuje axial se seleccionará el cojinete de carga del motor.

Con el empuje axial más el peso de la columna, cuerpo de tazones, cabezal y motor, se obtendrá el peso total del equipo de bombeo que servirá de información para que el área de estructuras calcule la cimentación.

9.1.4.4. Trazo de la curva del sistema

Se deberá realizar la curva del sistema tomando en cuenta tanto el nivel estático como el dinámico, gastos, material y diámetro de la línea de conducción, y la curva característica de los equipos de bombeo seleccionados, con el fin de obtener el comportamiento de los mismos cuando estén en operación desde uno hasta el total de equipos considerados,

9.1.4.5. Cálculo y dimensionamiento de cárcamo de bombeo y/o tanque de succión

Este cálculo se deberá realizar de acuerdo a las recomendaciones del H.I.S. y BHRA (British Hydromechanics Research Association), capítulo: The hydraulic desígn of pump sumps and intakes.

9.1.4.6. Cálculo y dimensionamiento de grúa viajera o polipasto

De requerirse, se deberá partir de los pesos y dimensiones de los equipos instalados.

9.1.4.7. Cálculo de compuertas, rejillas, obturadores y válvulas

El diseño de estos elementos de protección y control considera aspectos de funcionamiento y dimensiones de la obra de toma, calidad del agua para la elección de materiales y tipo y tamaño de sólidos en suspensión.

9.1.4.8. Cálculo de espesores y diámetros para tuberías de acero y piezas especiales

El cálculo de los espesores se deberá realizar como mínimo para los siguientes casos:

- Presión interna
- Colapso bajo condiciones de operación
- Manejo y vibración al paso del agua
- Pandeo y colapso
- Trabajabilidad del acero
- Por vacío

La selección de materiales, pruebas de equipos y dimensionamiento de accesorios se realizará de acuerdo a las normas ASTM, AWWA, ANSI y HIS. En las especificaciones se indica el número de cada norma aplicable.

9.1.4.9. Arreglo mecánico de equipos de bombeo

Una vez terminados los cálculos y seleccionados diámetros y materiales de válvulas, piezas especiales y equipo de medición de gasto, deberá proponerse el arreglo más adecuado para la instalación mecánica de los equipos de bombeo, considerando aspectos económicos, de operación y mantenimiento.

Una vez definido el aspecto mecánico del equipo de bombeo y determinados peso y empuje axial de la bomba, se proporcionará esta información al área de estructuras para que diseñe la estructura de soporte de la bomba y los atraques que sean necesarios en la descarga de la misma.

9.1.5. Planos

9.1.5.1. Contenido General

Los planos deberán contener la información siguiente:

Planta y perfil donde se indique(n) él(los) arreglo(s) del (los) equipo(s) indicando el tipo de bomba, fontanería, válvulas, piezas especiales y equipo de medición de gasto, así mismo acotaciones de cada uno de estos elementos, indicándose con detalle los siguientes aspectos:

- Instalación de cabezal de descarga, placa base y brocal
- Instalación de manómetro, válvula de admisión y expulsión de aire y válvula aliviadora de presión (cuando se requiera)
- Detalle de soldadura de unión entre tubos, tubo con brida y bifurcaciones
- Instalación de medidor de gasto
- Instalación de medídores de nivel en pozos
- Atraques
- Múltiples

Cada una de las partes que constituyen el equipamiento deberá ser enumerada, para que en una lista de materiales se describa cada elemento y el número de piezas requeridas.

9.1.5.2. Relación de Planos

Se deberán presentar individual o agrupadamente (según el espacio del plano lo permita) los títulos que se indican en los lineamientos particulares.

Para pozos ver las secciones 9.2.1.3 y 9.2.1.4 y para plantas de bombeo las secciones 9.2.2.4 y 9.2.2.5.

9.1.5.3. Formato de Planos

El plano será elaborado en papel albanene o cualquier otro material que permita obtener copias con claridad, su tamaño será de 70 x 110 cm, la letra será de 2.0 mm. de alto como mínimo.

En el ángulo superior derecho se dibujará el croquis de localización lo más ilustrativo y simplificado posible indicándose el norte geográfico.

9.1.6. Especificaciones Mecánicas

9.1.6.1. Contenido

Las especificaciones de los equipos deberán contener como mínimo la siguiente información:

- Objetivo y campo de aplicación
- Normas que se aplican en fabricación y pruebas
- Alcance de¡ suministro

- Características generales y condiciones de servicio
- Materiales
- Pruebas en fábrica
- Supervisión de la fabricación
- Pruebas de campo

Además deberá solicitarse en la especificación que el proveedor del equipo entregue:

- Lista de partes y herramientas de repuesto recomendables
- Instructivos de instalación, operación y mantenimiento
- Dibujos del fabricante

Las normas aplicables para los diferentes equipos serán:

- ASTM A 126 especificación para fundiciones de hierro gris en válvulas bridas y accesorios.
- ASTM A 48 especificación para fundiciones de hierro gris (tazones y cabezales de bombas verticales tipo turbina).
- ASTM A 216 gr WCB fundiciones de acero al carbón.
- ANSI B16.1 bridas para tuberías de fierro fundido y conexiones bridadas, clase 25, 125, 125, 250 y 8OO.
- ANSI B16.5 bridas para tuberías y conexiones de acero, clase 150 y 300. AWWA C200-800 normas para tuberías de acero para agua de T y mayores.
- AWWA C206-75 norma para soldadura de campo para tuberías de acero.
- AWWA C207-78 norma para bridas de tuberías de acero para obras de agua de 4" a 144".
- AWWA C208-59 normas para dimensiones de piezas especiales de acero.
- AWWA C5OO-80 norma para válvula de compuerta de 3” a 48", para sistemas de agua potable y alcantarillado.
- AWWA C504-80 normas para válvulas de mariposa con asiento de hule.
- AWWA C508-76 normas para válvulas de no retorno para servicio ordinario en obras de agua.
- HIS normas para fabricación y pruebas de bombas centrífugas.

9.1.6.2 Relación de especificaciones

Se deberán elaborar especificaciones de los equipos más importantes utilizados en el proyecto mecánico incluyéndose como mínimo los equipos siguientes:

- Bombas
- Válvulas de seccionamiento
- Válvulas de no retorno
- Válvulas aliviadoras de presión
- Válvulas de admisión y expulsión aire

- Medidor de gasto
- Manómetro
- Electroniveles
- Fontanería y piezas especiales

9.1.7. Cantidades de Obra

En este documento se deberán describir todos los equipos mecánicos, indicando número de partida, concepto, unidad y cantidad.

9.1.8. Presupuesto

Incluirá lo indicado en el inciso anterior más el costo que corrresponda, indicado en precio unitario e importe total.

9.2. LINEAMIENTOS PARTICULARES

Además de lo que se señala en sección 9.1 serán aplicables los siguientes lineamientos particulares, según el caso.

9.2.1. Pozos

Para pozos es aplicable lo mencionado en la sección 9.1 y además en las secciones 9.1.4 y 9.1.5 deberá incluirse en donde corresponda, lo siguiente:

9.2.1.1. Procedimiento de cálculo

El procedimiento de cálculo deberá contener información de proyecto relativa a características constructivas y curvas de aforo del pozo seleccionado, donde se indique el nivel dinámico para el gasto de explotación del pozo en cuestión.

9.2.1.2. Cálculo de la carga dinámica total (C.D.T.) de bombeo

Con los niveles estático y dinámico del agua en el pozo, así como pérdidas por fricción en la columna de la bomba, piezas especiales, válvulas, líneas de conducción y el nivel de la descarga se procederá al cálculo de las cargas dinámicas totales mínima y máxima de bombeo.

9.2.1.3. Planos (Contenido)

Los planos que se elaboren para equipo de bombeo en pozos deberán apegarse a lo que se indica en la sección 9.1 .5 y además incluir:

En caso de tener un arreglo tipo y las características de los pozos sean diferentes, se indicará en una tabla lo siguiente:

Búsqueda por palabra

Número de pozo, gasto, nivel de terreno, piezométrica en la descarga, niveles estático y dinámico, carga dinámica total, potencia y diámetro de descarga.

9.2.1.4. Relación de planos

Se deberán presentar individual o agrupadamente (según el espacio M plano lo permita) los siguientes títulos.

- Arreglo general
- Detalles de instalación

9.2.2. Plantas de Bombeo

Deberá contener lo mencionado en la sección 9.1 y además en la sección 9.1.4 deberá incluirse donde corresponda, lo siguiente:

9.2.2.1. Procedimiento de cálculo

El procedimiento de cálculo deberá incluir información de apoyo, la que servirá de punto de partida para el cálculo de gasto y carga dinámica total de equipos de bombeo.

9.2.2.2. Cálculo de la carga dinámica total (C.D.TJ de bombeo

Con los gastos requeridos por los equipos de bombeo, los niveles máximo y mínimo de operación en el cárcamo y el nivel en la descarga se procederá al cálculo de la carga dinámica total máxima y mínima.

9.2.2.3. Cálculo y selección de compuertas, rejillas, obturadores y válvulas

Las plantas de bombeo que cuenten con canal de llamada hacia una corriente superficial, deberán dotarse de compuertas, rejillas u otro mecanismo obturador, con el fin de facilitar su operación y mantenimiento. En el caso de plantas de bombeo con tanque de succión deberá disponerse de válvulas de seccionamiento para cumplir con el mismo propósito.

9.2.2.4. Planos (Contenido)

Los planos deberán contener la información indicada en la sección 9.1 .5 incluyendo lo siguiente:

Planta y corte de los múltiples de descarga y/o succión (según se requiera), señalando dimensiones, diámetros y espesor de la tubería, vistas de detalle de

inserciones, placas o refuerzos que se requieran, localización de registros de inspección y drenes.
9.2.2.5. Relación de planos

Se deberán presentar como mínimo los siguientes planos:

- Arreglo general
- Detalles de instalación
- Grúa viajera

9.2.3. Plantas de Tratamiento

Deberá contener lo mencionado en la sección 9.1 y además en la sección 9.1.4 deberá incluirse en donde corresponda, lo siguiente:

9.2.3.1. Procedimiento de cálculo

Con los niveles máximos y mínimos en el cárcamo de bombeo o colector de llegada de aguas negras, gasto, diámetro, longitud y material del emisor a presión, y niveles máximo y mínimo en la caja distribuidora de la planta de tratamiento, se procederán a desarrollar los cálculos de los equipos de bombeo de aguas negras.

9.2.3.2. Cálculo de la carga dinámica total (C.D.T.) de bombeo

Una vez definidas las cargas estáticas máxima y mínima, y las pérdidas por fricción en válvulas, piezas especiales y emisor a presión, se determinará la carga dinámica total para los equipos de bombeo.

9.2.3.3. Cálculo de compuertas, rejillas de limpieza mecánica, desarenadores y equipo de remoción de arenas

El cálculo del equipo mecánico que se utilice en el pretratamiento de aguas residuales, se efectuará considerando tanto los gastos de proyecto como la cota de plantilla delk colector de llegada al pretratamiento de la planta. Siempre que sea posible, las estructuras para remoción de arenas, compuertas, rejillas de limpieza mecánica etc., deberán anteceder al cárcamo de bombeo.

9.2.4. Plantas Potabilizadoras

Deberá contener lo mencionado en la sección 9.1, además la sección 9.1.4 deberá incluir donde corresponda lo siguiente:

9.2.4.1. Procedimiento de cálculo

Deberán elaborarse considerando los niveles de operación normal *del* líquido en el sitio donde se instalará la bomba, pudiendo ser un cárcamo de agua cruda, un cárcamo para recuperación de agua de lavado de filtros, un tanque de agua de retrolavado de filtros, etc. En caso de bombeo a la red de distribución, el área hidráulica deberá proporcionar gastos de bombeo y cotas piezométricas.

9.2.4.2. Cálculo de la carga dinámica total (C.D.T.) de bombeo

Se calculará considerando la información proporcionada, relativa a gastos de bombeo, niveles máximo y mínimo del agua en cárcamo o tanque, y elevación de la estructura de descarga.

9.2.5. Dispositivos de Control de Fenómenos Transitorios

Deberá contener lo mencionado en la sección 9.1, además la sección 9.1.4 deberá incluir lo siguiente:

9.2.5.1. Procedimiento de cálculo

Con la información relativa a cotas plezométricas y gasto de operación, se procederá a la elaboración de los cálculos correspondientes.

10. EVALUACIÓN DE PARÁMETROS AGRESIVOS A LAS TUBERÍAS DE ACERO Y CONCRETO PREFORZADO

INTRODUCCIÓN

La corrosión se define como la destrucción de los metales debido a una reacción química o electroquímica por la interacción con el medio que los rodea.

Las tuberías de acero y de concreto presforzado no escapan a este fenómeno, lo que hace necesario que se realicen estudios que permitan identificar todos los parámetros que individual o colectivamente, puedan contribuir al fenómeno corrosivo y así definir las medidas preventivas que sean necesarias.

Estos Lineamientos Técnicos establecen los estudios necesarios que se deben realizar en aguas y suelos en contacto con las tuberías de acero y de concreto presforzado, con objeto de evaluar los parámetros agresivos a éstas y adoptar las medidas de protección adecuadas.

Estos Lineamientos Técnicos se complementan con la Norma Oficial Mexicana NOM-C-346-1 987, publicada por la Dirección General de Normas de la SECOFI, y por el Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Libro “Protección Catódica y Recubrimientos Anticorrosivos”.

Los presentes Lineamientos Técnicos contienen las especificaciones de los parámetros agresivos al acero y al concreto, tanto de aguas como de suelos y se definen los límites permisibles. También se proporcionan los procedimientos de muestreo y una metodología de análisis. Además se mencionan los métodos de protección.

10.1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Estos Lineamientos Técnicos establecen los estudios y especificaciones que deben realizarse en una franja paralela a las líneas de conducción y redes de distribución de agua potable, para prevenir y en su caso, controlar la corrosión originada por la acción de aguas y suelos, sobre las tuberías de acero y de concreto presforzado.

Búsqueda por palabra

10.2. REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de estos Lineamientos Técnicos se deben consultar las siguientes Normas Oficiales Mexicanas y manuales vigentes:

NOM-AA-8-19 Análisis de agua-Determinación de pH.

NOM-AA-73-1981 Análisis de agua Determinación de cloruros Método argentométrico.

NOM-AA-74-1981 Análisis de agua-Determinación del ión sulfato-Método gravimétrico.

NOM-C-340-1986 Industria de la Construcción Tubos de concreto presforzado Toma de muestras de agua para su análisis y para evaluar parámetros potencialmente agresivos a la tubería.

NOM-C-346-1987 Industria de la Construcción Tubos de concreto presforzado- Evaluación de parámetros potencialmente agresivos.

Libro MAPAS Prospección Geoeléctrica y Registros Geofísicos de Pozos. Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, (MAPAS), CNA, 1994.

Libro MAPAS Protección Catódica y Recubrimientos Anticorrosivos. MAPAS, CNA, 1994.

10.3. PARÁMETROS AGRESIVOS

Los parámetros especificados en estos Lineamientos Técnicos se debe verificar en el agua que conduce la tubería, en las aguas freáticas y superficiales y en el suelo donde se localice la línea.

Los parámetros potencialmente agresivos a las tuberías de acero y de concreto presforzado, que se considera que contribuyen al fenómeno de

- Contenido de cloruros en ppm o en %.
- Contenido de sulfatos en ppm o en
- Potencial de Hidrógeno (pH).

Y para el suelo:

- Resistividad en ohms-cm
- Contenido de cloruros en ppm o en

Búsqueda por palabra

- Contenido de sulfatos en ppm o en
- Potencial de hidrógeno (pH).
- Corrientes eléctricas parásitas.

Estos parámetros se deben definir completamente.

10.3.1. Agua

10.3.1.1. Parámetros agresivos al acero

Se considera que las aguas son agresivas al acero si presentan las siguientes características (NOM-C-346):

Cloruros	Concentraciones mayores de 500 mg/L (ppm)
PH	Menor de 6.5
Indice de Langelier	Negativo

10.3.1.2. Parámetros agresivos al concreto

Se considera que las aguas son agresivas al concreto si presentan las siguientes características (NOM-C-346):

Sulfatos:

- mayor que 80 mg/L (ppm) concretos con cemento tipo I
- mayor que 250 mg/L (ppm) concretos con cemento tipo II
- mayor que 500 mg/L (ppm) concretos con cemento tipo V

10.3.2. Suelo

10.3.2.1. Parámetros agresivos al acero.

Se consideran suelos agresivos al acero si presentan las siguientes características (NOM-C-346):

Resistividad. La agresividad potencial del suelo se clasifica en función de la resistividad, como se indica en la Tabla 10.1.

Tabla 10.1. Agresividad en relación con la resistividad

Agresividad de suelo	Resístívidad (ohms-cni)
No agresivos	Mayores que 10000
Ligeramente agresivos	de 4000 a 10000
Medianamente agresivos	de 2500 a 4000
Muy agresivos	de 1000 a 2 500
Extremadamente agresivos	Menores de 1000

Cloruros. Concentraciones mayores a 0.02%
Potencial de hidrógeno (pH). Menor de 6.5
Corrientes eléctricas parásitas.

En el caso que se detecten corrientes eléctricas parásitas o se observen posibles fuentes generadoras de corriente directa, a lo largo del trazo de las líneas de conducción, se debe realizar un estudio para evaluar el potencial agresivo de los suelos,

10.3.2.2. Parámetros agresivos al concreto

Se consideran suelos agresivos al concreto cuando presentan las siguientes características (NOM-C-346):

Sulfatos. Los limites de concentraciones en suelos varían de acuerdo al tipo de cemento a utilizar, como se indica en la Tabla 2.

10.3.3. Variación del nivel freático

En el caso de que se anticipen variaciones frecuentes del nivel freático, los valores acotados en los puntos anteriores, se interpretan en forma rigurosa, puesto que esta condición aumenta la agresividad del terreno y en consecuencia deben llevarse a cabo estudios complementarios.

Tabla 10.2 Cemento recomendado con respecto al contenido de sulfatos

Contenido de sulfatos	Cemento Recomendado
Hasta 0. 10	Tipo
Mayores que 0. 10 hasta 0. 15	Tipo 11 (GA no mayor 8%)
Mayores que 0. 15 hasta 0.20	Tipo 11 (GA no mayor 6%)
Mayores que 0.20 hasta 0.25	Tipo V(C3A no mayor 5%)
Mayores que 0.25 hasta 0.30	Tipo V(C3A no mayor 4%)
Mayores que 0.30 hasta 0.35	Tipo V (GA no mayor 3%)
Mayores que 0.35 hasta 0.40	Tipo V (Excento GA)
Mayores que 0.40	Tipo V y protección adicional

- C3Al = Aluminato Tricálcico
- En caso de que en el mercado no existan cementos con las características marcadas, debe aplicarse una protección adicional del tipo y espesor que garantice la protección.

10.3.4. Métodos de protección para tuberías acero

Los métodos de protección recomendados para tuberías de acero, enterradas o sumergidas en agua, son los siguientes:

- Recubrimientos.
- Protección Catódica.

10.3.5. Métodos de protección para tuberías de concreto presforzado

Los métodos de protección recomendados para tuberías de concreto presforzado son los siguientes:

- Selección del tipo de cemento en la fabricación.
- Aumentar el espesor del mortero o concreto de recubrimiento.
- Recubrimientos.
- Encamisado de poliétileno
- Protección Catódica

10.4. MUESTREO

10.4.1. Agua

Se determina de acuerdo a la NOM-C-340-1 986

Búsqueda por palabra

10.4.2. Suelo

10.4.2.1. Técnica de muestreo

Las muestras de suelo se deben recolectar en bolsas de poliétileno adecuadas para su manejo y considerar un mínimo de 2 kg de material por cada muestra.

Cada bolsa se debe etiquetar por dentro y por fuera; en las etiquetas se debe anotar el nombre de la obra, la fecha de muestreo, kilometraje del sitio de muestreo y la profundidad.

El método recomendable para la toma de muestras es por medio de pozos a cielo abierto, que consiste en hacer una excavación de dimensiones suficientes para que se pueda extraer la muestra y el personal técnico designado pueda examinar directamente los estratos del suelo en su estado natural, así como investigar la existencia de niveles freáticos, afloramientos superficiales de sales o flujo subterráneo de agua.

Para la extracción de muestras de suelo, se deben utilizar los pozos a cielo abierto excavados para los estudios geotécnicos.

La profundidad a la que se hace la excavación, debe ser igual a la que aloja la tubería o hasta donde las condiciones del suelo lo permitan.

10.4.2.2. Frecuencia del muestreo

Para suelos medianamente, ligeramente y no agresivos, de acuerdo a las mediciones de resistividad (véase Tabla l), se deben tomar muestras de suelo a cada 1 000 m sobre la ruta de la línea propuesta.

Si las mediciones de resistividad y las características tanto geológicas como estratigráfícas indican suelos agresivos o muy agresivos (véase Tabla l), la toma de muestras debe realizarse a cada 500 m (dos muestras por kilometro).

La frecuencia de muestreo se debe incrementar cuando los estudios indiquen que el suelo es extremadamente agresivo, con el fin de tener más elementos de decisión.

En caso que se encuentren variaciones notorias en el perfil estratigráfico y las mediciones de resistividad indiquen suelos muy agresivos (véase Tabla 1), es recomendable tomar muestras de los diferentes estratos.

Es recomendable tomar dos grupos de muestras: uno en tiempo de estiaje y otro en época de lluvias.

Búsqueda por palabra

Para complementar el estudio para la evaluación de parámetros agresivos del suelo, se requiere recopilar y analizar información existente sobre factores en la zona, que puedan contribuir al fenómeno de la corrosión, como son:

- Características geológicas.
- Propiedades geotécnicas
- Drenaje.
- Variación de humedad.
- Condiciones climatológicas.
- Características geotécnicas.
- Características topográficas.
- Yacimientos minerales.
- Corrientes eléctricas.

Cabe hacer énfasis sobre la importancia que tiene el realizar las actividades mencionadas en éste capítulo, con el fin de conocer el medio en donde se sitúe la obra hidráulica, sin importar el tipo de material con que se fabrique el conducto y los accesorios de dicha obra.

10.5. MÉTODOS DE PRUEBA

Los métodos de prueba a seguir para determinar el tipo de suelo y la calidad del agua referente a esta norma, se establecen a continuación.

10.5.1. Métodos de prueba para agua

10.5.1.1. Determinación de cloruros. Método argentométrico

Se determina de acuerdo al método indicado en la NOM-AA-73-1 981.

10.5.1.2. Determinación de sulfatos. Método gravimétrico

Se determina de acuerdo al método indicado en la NOM-AA-74-1 981.

10.5.1.3. Determinación del índice de Langelier

Se determina de acuerdo al método indicado en la NOM-C-346-1 987.

10.5.1.4. Determinación del potencial de hidrógeno (pH)

Se determina de acuerdo al método indicado en la NOM-AA-8-1 980.

Búsqueda por palabra

10.5.2. Métodos de prueba para muestras de suelo

10.5.2.1. Secado y molturación

Si la muestra de suelo se encuentra seca al aire, se procede a moler totalmente la muestra de suelo en un mortero de porcelana, para que pase la criba M 0.150 (No.100).

Si la muestra esta húmeda y se presentan problemas en la molienda, ésta debe secarse en una estufa a una temperatura entre 80 y 100 °C, posteriormente se realiza la molienda para que pase por la criba M 0. 150 (No.100).

10.5.2.2. Preparación del extracto acuoso

Se deben tomar 100 g con exactitud de ± 0.001 g, transvasar con cuidado a un matraz aforado de 1 000 Cm3 y se completa con agua destilada.

Se agita durante 24 h introduciendo una barra magnética revestida de 11 teflón" o material similar, se deja asentar por un período de 24 h y se procede a decantar el extracto acuoso.

Se filtra el líquido de manera que no se observe turbidez en la porción filtrada.

10.5.2.3. Determinación de parámetros agresivos

Una vez obtenido el extracto acuoso se procede a realizar los análisis químicos como si fuese una muestra de agua.

10.5.3. Número de ensayes

El número mínimo de ensayes que se deben efectuar, debe ser igual al número de muestras de suelo y agua.

10.5.4. Determinación de la resistividad

10.5.4.1. Medición de la resistividad en campo (in situ)

Se debe utilizar el método Wenner de cuatro electrodos, como lo indica la NOM-C-346-1987

Las mediciones deben realizarse cada 500 m sobre el trazo de la línea de conducción, a una profundidad de 3 y 4.5 m, en terreno natural.

Si los valores de resistividad son menores de 4 000 ohms-cm, las mediciones se deben realizar a cada 250 m, como mínimo.

Asimismo, si las características del proyecto lo requieren, se debe incrementar la frecuencia de mediciones,

Con los valores de resistividad obtenidos se debe dibujar un perfil en papel semilogarítmico de 3 ciclos, gráficando la resistividad en ohms-cm en el eje de las ordenadas y la distancia en kilómetros en el eje de las abscisas.

En estudios geohidroi6gicos y geotécnicos se realizan mediciones de resistividad para definir los perfiles elctroestratigráficos en secciones previamente seleccionadas, empleando el Método Schlumberger (MAPA, Libro V.3.2.1). Las resistividades medidas en la primera y segunda capa pueden usarse como valores preliminares en estudios de potencial corrosivo de los suelos.

10.5.4.2. Medición de la resistividad mediante el método de la caja de suelos

Se debe utilizar el procedimiento indicado en la norma NOM-C-346-1987.

Este método se emplea para determinar la variación de la resistividad con respecto a la húmedad, para lo cuál se deben realizar mediciones en muestras de suelo a humedad natural y en condición de saturación.

Las mediciones de resistividad con la caja de suelos (solí box), también se deben realizar en muestras de agua freática y superficial.

Él número mínimo de mediciones de resistividad mediante el método de la caja de suelos, debe ser igual al número de muestras de agua y suelo analizadas químicamente.

Búsqueda por palabra

11. BANCOS DE MATERIALES

INTRODUCCIÓN

Estos Lineamientos establecen el marco de referencia técnico para la elaboración de Estudios Geotécnicos para la localización de bancos de materiales, susceptibles de ser utilizados en los sistemas de agua potable y alcantarillado.

El documento se apoya en Normas Nacionales y Normas de Organismos Internacionales, así como en los documentos del Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, editado por la CNA. Se incluye bibliografía.

Estos Lineamientos describen, en forma general, la metodología para la elaboración de Estudios Geotécnicos y detallan ¡as Técnicas de Exploración en Suelos y Rocas y la Determinación de las Propiedades Físicas y Mecánicas tanto en Campo como en Laboratorio, para la evaluación de los Bancos de Materiales.

11.1. NORMAS Y MANUALES TÉCNICOS DE REFERENCIA

Manual de Mecánica de Suelos Secretaria de Recursos Hidráulicos, SRH México, 1970

Instructivo para ensaye de suelos Secretaria de Recursos Hidráulicos, SRH México, 1970

Normas para proyecto de obras (Norma 2.214.05)
Petróleos Mexicanos, PEMEX
Primera edición México, 1976

Manual de diseño geotécnico (volumen 1) Departamento de¡ Distrito Federal, DDF México, 1987

Suggested Methods for the Cuantitative Description of Discontinuites ISRIVI, 1985

Descripción Petrográfica de Rocas, Comisión sobre Estandarizaci6n para efectuar pruebas de Campo y Laboratorio, ISRM, 1977

Manual de diseño de obras civiles Sección B, Tema 3, capítulos 11,2,3,4,5,6 y 7 Comisión Federal de Electricidad, CFE México, 1979

International Stratigraphic Guide Editado por Heciberg H.D. John Wiley, New York, 1976

Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento:

- Prospección Geoeléctrica y Registros de Pozos.

Búsqueda por palabra

- Exploración Geosísmica.
- Perforación de Pozos.

11.2. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

11.2.1. Símbolos

m	Centímetro
m/s	Metro sobre segundo

11.2.2. Abreviaturas

DDF	Departmento del Distrito Federal.
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
ISRM	Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (International Society for Rock Mechanics).
INEGI	Instituto Nacional de Estadistica, Geografía e Informatica.
IN SITU	Locución latina que significa en el sitio.
PCA	Pozo a Cielo Abierto,
PCAs	Pozos a Cielo Abierto.
PEMEX	Petróleos Mexicanos.
RQD	Indice de Calidad de la Roca (Rock Quality Designation).
SARH	Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
SEV	Sondeo Eléctrico Vertical.
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
Vp	Velocidad de las ondas de compresión.
VRS	Valor relativo de soporte.
MAPAS	Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento,

11.3. BANCOS DE ENROCAMIENTO

La exploración de bancos de roca tiene como objetivo la localización de sitios en los cuales se pueda explotar, mediante excavación con explosivos, materiales cuya finalidad es servir como enrocamiento en la construcción de diversas estructuras de sistemas de agua potable y alcantarillado. Estos materiales son susceptibles de ser aprovechados para la producción de gravas y arenas por medio de trituración de las rocas.

Los principales aspectos que se consideran para la selección de bancos de roca son:

- Cercanía a las obras.
- Menor espesor de despalme.
- Topografía adecuada para la explotación.
- Granulometría adecuada para el diseño de las estructuras.
- Obtención de material sano, no intemperizable.

Búsqueda por palabra

- Enrocamiento con alta resistencia al manejo.
- Obtención de un porcentaje mínimo de finos.
- Accesos

Las actividades que deben realizarse para la localización y evaluación de bancos en la zona cercana a un proyecto determinado son las siguientes:

- Recopilación de información.
- Fotogeología.
- Visita de reconocimiento.
- Topografía.
- Cartografia geológica.
- Exploración geosísmica.
- Perforación con recuperación de núcleos.
- Pruebas de laboratorio.
- Análisis de la información.

11.3.1. Etapas de estudio

Los bancos de roca se deben de estudiar en dos etapas: la primera encaminada a la localización y evaluación cualitativa de la calidad del banco en función de su volumen potencial, accesos, distancias y tenencia de la tierra.

A partir de la información preliminar obtenida de la actividad anterior, se programa la segunda etapa y se efectúa la exploración del subsuelo mediante exploración geosísmica y perforación con recuperación de núcleos y se realizan ensayes de laboratorio. A partir del análisis de resultados se emite un dictamen geotécnico del banco.

11.3.2. Recopilación de información

Se debe recopilar la información geológica y geotécnica en la zona de influencia del banco en estudio y se realiza la comparación de bancos similares que hayan sido explotados en las cercanías. Se debe investigar la información referente a la estratigrafía de las unidades de roca que afloran y sus propiedades físicas y mecánicas,

La información recopilada debe ser obtenida de cartas topográficas y geológicas editadas por el INEGI, Instituto de Geología, el Consejo de Recursos Minerales, las universidades y los gobiernos estatales.

Para enfocar en forma adecuada la exploración del banco es necesario conocer el uso al que se destinarán las rocas, los volúmenes y tipo de materiales que se pretenda obtener.

Se deben conseguir fotografías aéreas para realizar actividades de fotogeología. Es importante recopilar la información geológica de reportes para la construcción de obras civiles tales como: caminos, carreteras, puentes y obras hidráulicas que se ubiquen en la zona de influencia del proyecto. Con la información técnica recopilada se deben realizar análisis y síntesis para obtener conclusiones en lo que se refiere a bancos de enrocamiento.

11.3.3. Localización de Bancos

A partir de la interpretación de las fotografías aéreas se elabora un plano fotogeológico, separando las unidades de roca que afloran en el sitio del proyecto y se localizan áreas que tengan posibilidades de servir como bancos de enrocamiento.

Se efectúan recorridos de verificación en campo y se realizan evaluaciones técnicas de cada uno de los bancos propuestos, con el fin de obtener parámetros que permitan determinar cuales son factibles y cuales deben ser desechados.

Se debe definir un programa de exploración para la visita de inspección y elaborar un reporte, determinando rutas de acceso y actividades geológicas y geotécnicas a realizar. El conocimiento del proyecto, sus posibles accesos, las distancias de acarreo y dificultades topográficas de explotación, así como la calidad de la roca, sugieren una jerarquizaci6n de los bancos más atractivos y son los primeros que se deben estudiar.

11.3.3.1. Actividades

Las actividades descritas a continuación, se deben realizar en cada uno de los bancos estudiados, para después compararlos y determinar cuales son los más adecuados desde el punto de vista geológico, geotécnico, topográfico, de localización, indemnizaciones y de explotación.

- Descripción de accesos y sus dificultades.
- Descripción topográfica, acompañada de fotografías de las canteras.
- Cartografía geológica, incluyendo estratigrafía y croquis mediante caminamientos.
- Descripción petrográfica de la columna geológica y zonificación del banco, en materiales granulares y roca firme y esta a su vez debe describirse en términos de roca alterada y sana.
- Estructura geológica mostrada en sección.
- Geología estructural: indicar las características del fracturamiento y fallas, con datos estructurales, medición de espaciamiento y continuidad de estos accidentes (referencia No 5).
- Obtención de muestras representativas de las diferentes unidades de roca.
- Plano o croquis del levantamiento y zonificación de materiales.
- Impacto ambiental potencial

Se debe generar un informe que contenga un análisis comparativo de las conclusiones de cada uno de los bancos estudiados. Definir, en escala comparativa, los mejores bancos, los buenos y los que se desechan. Para el banco o bancos seleccionados generar un modelo geológico y elaborar un programa de exploración directa para la evaluación cuantitativa, Además, describir aspectos para la explotación, tal como espesor de despalme,' zonas sanas, zonas alteradas, tamaño esperado de roca, características económicas para la explotación, abrasividad, producción de finos, accesos y uso del suelo.

11.3.4. Geología superficial

Estas actividades se realizan como parte de la segunda etapa de exploración y únicamente si la información obtenida en la primera etapa, sugiere seguir estudiando el banco.

11.3.4.1. Levantamiento geológico

A partir de levantamientos geológicos, apoyados en planos topográficos, se deben conocer las características del terreno, que permitan definir el modelo geológico del subsuelo en tres dimensiones y mediante técnicas de ingeniería geológica y ensayes de laboratorio, se evalúa la calidad del banco. La información se debe vaciar en planos geológicos a escalas convenientes (1 :500 a 1 :5000).

11.3.4.2. Estratigrafía

Se debe medir y describir las unidades de roca o formaciones para definir la columna geológicadel banco, determinando la posición relativa de cada unidad, para determinar la homogeneidad o heterogeneidad del banco (Código Internacional Estratigráfico 1979).

11.3.4.3. Petrografia

Deben describirse las propiedades físicas, mineralógicas y texturales de cada una de las capas o unidades de roca y de los defectos geológicos que las afectan (alteraciones hidrotermales, intemperismo y discontinuidades).

Esta determinación permite dividir la columna estratigráfica, agrupando las rocas en unidades de iguales características, tales como microfracturamiento, grado de alteración, abrasividad y determinar las unidades de roca susceptibles de explotación (referencia No 6).

11.3.4.4. Geología estructural

Se deben levantar y medir el mayor número de datos estructurales de fracturas, fallas, juntas, foliación y bandeamiento, para obtener su rumbo, echado (inclinación),

frecuencia, rugosidad, continuidad, espesor de diques, posición de estructuras, forma y dirección de flujo de rocas extrusivas.

Para definir la estructura se debe representar en planta y sección los plegamientos, fallamientos, formas volcánicas y formas intrusivas. Esto permite definir la posición y profundidad del espesor de roca a explotar en el banco y de sus principales accidentes estructurales (definir cimas de roca sana).

La información estructural se debe procesar, en estereogramas de áreas iguales, para definir estructuras mayores y sistemas de discontinuidades (referencia No 5).

11.3.5. Exploración geosísmica

La exploración geosísmica se realiza para comprobar, dimensionar y obtener valores cualitativos al modelo geológico estructural. Este método de exploración es recomendable realizarlo antes de iniciar la exploración directa, con objeto de contar con información del subsuelo previa a la toma de muestras.

11.3.5.1. Método sísmico de refracción

En este método se debe garantizar la penetración de las ondas sísmicas a 1.5 veces la profundidad de investigación, La presencia de capas blandas o zonas fracturadas provocan la atenuación de la energía y por lo tanto, las ondas no penetran hasta la profundidad deseada.

No se debe planear refracción sísmica en zonas donde existan capas más compactas o con mayor velocidad de transmisiones de ondas sobreyaciendo a rocas o formaciones menos compactas, ya que en estos casos no se produce la refracción (referencia No 3).

Todo estudio de refracción sísmíca debe generar un informe escrito, con anexos, entre los que se incluyen, necesariamente, secciones de velocidad compresional y su interpretación en función de los objetivos planteados.

11.3.5.2. Modelo geosísmico-geotécnico

A partir de la exploración geosísmica y con la información de las velocidades de transmisión de las ondas de compresión (Vp), el subsuelo puede zonificarse en tres grupos o categorías, en función de la velocidad de onda:

- Material I Vp < 600 m/s
- Material II600 m/s < Vp < 2000 m/s
- Material III Vp > 2000 m/s

Esta zonificación se puede relacionar con el grado de compacidad y consistencia de los materiales y asociarlos a suelos, roca decomprimida y fracturada y roca sana poco fracturada, respectivamente. Estos parámetros tienen aplicación al definir la forma de explotación del banco.

La información geosísmica se integra en las secciones geol6gicas que muestran los rasgos estructurales principales, como estratificación, fracturamiento y Fallamiento, así como contactos geológicos.

11.3.6. Exploración directa del subsuelo

Como última etapa de evaluación del banco, se debe programar la exploración directa para comprobar el modelo geológico y geofísico.

Si el proyecto del sistema de agua potable o alcantarillado es factible y se programa la construcción de la obra, se debe realizar la exploración geológica del subsuelo, mediante perforaciones, para obtener núcleos de roca para estudio y pruebas de laboratorio, definir profundidad de contactos e integrar las observaciones y datos de los modelos geológicos y geofísicos.

11.3.6.1. Perforación con recuperación de núcleos

Los métodos con barril doble y barril triple, se utilizan para obtener muestras representativas del macizo rocoso.

Estas perforaciones se pueden realizar con máquinas de perforación joy, Long Year 24, 34 y 38 y SIMCO.

- Perforación Wireline con barril doble giratorio NQ y NXL.
- Perforación Wireline con barril triple.

11.3.6.2. Descripción de núcleos de roca

La descripción de núcleos consiste en medir y evaluar los siguientes parámetros:

- Litología.
- Porcentaje de recuperación.
- % de RQD (10 y 20 cm).
- Fracturas por metro.
- Descripción de fracturas.
- Rugosidad.
- Abertura.
- Relleno.
- Espaciamiento.

De los resultados obtenidos se presenta un informe donde se incluyan tablas y gráficas. Esta información se debe describir conforme a las recomendaciones de la referencia No 5.

11.3.6.3. Pruebas de laboratorio

Para evaluar la calidad del banco en términos de sus propiedades físicas y mecánicas se deben realizar las siguientes pruebas:

- Carga puntual (Point *Load*).
- Resistencia a la tensión.
- Peso volumétrico.
- Velocidad sónica.
- Abrasión tipo Los Ángeles.
- Intemperismo acelerado.
- Análisis petrográfico (Microfracturamiento).

Estas pruebas deben realizarse conforme a los lineamientos de la Comisión sobre Estandarización para efectuar pruebas de campo y laboratorio de la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (referencia No 6).

El informe de resultados debe contener tablas y gráficas, que resuman las características geotécnicas del banco estudiado,

11.3.7. Proyecto de explotación

Se debe plantear un proyecto de explotación del banco sobre planos de isopacas o de configuración de la cima de roca sana, con datos de volúmenes y las características físicas de las rocas a producirse. El informe debe recomendar el mejor banco, su forma de ataque y material que producirá.

11.3.7.1. Análisis económico de la explotación del banco

Se debe realizar una evaluación técnica-económica tomando en cuenta los factores siguientes:

- Dirección óptima de ataque.
- Cantidad de desperdicio y granulometría que se obtiene de cada una de las zonas.
- Propiedades físicas y mecánicas de los materiales producidos por zonas.
- Análisis de diámetros, direcciones y patrones de voladuras por zona y resultados esperados sobre la granulometría de los materiales.

11.3.8. Presentación de resultados

Con la información geológica, geosísmica, datos de laboratorio y las observaciones de núcleos, se efectúa la interpretación del modelo geotécnico, realizando las actividades siguientes:

- Plano geológico del banco.
- Modelo geológico-geofísico del subsuelo.
- Clasificación y zonificación de la calidad del banco.
- Tamaño medio de bloques en función del fracturamiento.
- Propiedades Físicas y Mecánicas.
- Análisis económico de la explotación del banco.
- Tamaño de bloques en función de las voladuras.

Esta información se debe integrar en un informe que contenga los resultados de la exploración geológica y geofísica, así como los ensayes de laboratorio y la descripción de las variables del punto 11.3.3.1.

11.4. BANCOS DE AGREGADOS PÉTREOS (GRAVA-ARENA)

La fuente más abundante de estos materiales son los acarreos fluviales de los ríos, de los cuales se obtienen las granulometría adecuadas para la fabricación del concreto, por el simple método del cribado.

Para la determinación de la granulometría y el volumen de los bancos, se deben realizar exploraciones directas, consistentes en pozos a cielo abierto (PCAs) y sondeos con máquinas perforadoras. Los bancos pueden ser acarreos de ríos en canales aluviales, terrazas aluviales, paleocanales, planicies aluviales y otros depósitos como abanicos aluviales, planicies de inundación, meandros, canales abandonados, barras de arena, conglomerados y afloramientos de roca susceptibles de trituración.

11.4.1. Recopilación de Información

Se debe recopilar la información de cartas geológicas, topográficas, edafológicas y de uso del suelo, esta información puede obtenerse en dependencias oficiales como el INEGI, Secretaría de la Defensa Nacional, Consejo de Recursos Minerales e Institutos de Investigación, así como información concerniente a la existencia de bancos de agregados que se encuentren en producción o explotación en la zona de estudio.

También se deben conseguir fotografías aéreas a escalas convenientes, para realizar actividades de, fotointerpretación geológica.

Búsqueda por palabra

Es importante recopilar información geológica de reportes para construcción de obras civiles, como caminos, carreteras, puentes y obras hidráulicas, que se ubiquen en la zona de influencia del proyecto.

Con la información técnica recopilada se debe realizar un análisis y síntesis para obtener conclusiones en lo que se refiere a bancos de agregados.

11.4.2. Localización de bancos

Los bancos de agregados se pueden localizar mediante el estudio de fotografías aéreas y técnicas de fotointerpretación, estratigrafía y geomorfología. Las fotografías aéreas permiten definir la accesibilidad a los bancos y programar los recorridos de campo.

Se debe definir un programa de exploración para la visita de inspección y un reporte, determinando rutas de acceso, actividades geológicas y geotécnicas a realizar.

El conocimiento del proyecto, sus posibles accesos, las distancias de acarreo y las dificultades topográficas, así como la calidad de los materiales pueden plantear una jerarquización de los bancos más atractivos y los primeros que deben estudiarse,

11.4.2.1. Actividades

La utilización de técnicas de fotointerpretación, complementada con planos topográficas, geológicas, edafológicos, uso del suelo, da como resultado un método confiable para localizar los depósitos.

En las fotografías aéreas se deben trazar las estructuras y contactos geológicos, así como accesos, afectaciones, usos del suelo y superficie de los bancos. La identificación de los materiales granulares se basa en la geomorfología, micro-relieve, la forma y red del drenaje, el tono y color de la fotografía, vegetación y uso de la tierra.

11.4.3. Geología superficial

Se deben realizar caminamientos geológicos para verificar la interpretación de las fotografías aéreas y definir los contactos de los bancos seleccionados.
Esta información se debe vaciar en planos geol6gicos a escalas convenientes (1 :500 a 1:5000).

11.4.3.1. Levantamiento geológico

Se debe realizar una cartografía geológica de las diferentes granulometrías en las que se pueda separar el banco. Este levantamiento debe ir acompañado de fotografías en vista panorámica y detalles. Se deben comentar los puntos siguientes:

- Uso del suelo.
- Accesibilidad del banco.
- Problemas socioeconómicos y de indemnización (Tenencia de la tierra).
- Impacto ambiental.
- Posición de los niveles freáticos.
- Factores económicos de la explotación.
- Se deben realizar análisis geomorfológicos para definir el modelo de depósito y procesos sedimentológicos.
- Definir la estratigrafía del depósito, en función de su granulometría.

11.4.3.2. Evaluación del banco in-situ

En cada banco estudiado se deben obtener los siguientes parámetros:

- Estratigrafía.
- Granulometría y clasificación SUCS.
- Descripción litológica de los fragmentos.
- Forma de los fragmentos (redondez, angulosidad).
- Sanidad de los fragmentos (incluir fotografías).
- Muestras para análisis petrográfico.
- Muestras para análisis granulórnétrico.
-

Se debe elaborar un informe y preparar un modelo tridimensional del banco y concluir, en cuanto a sus volúmenes potenciales y características del material a explotar, como: calidad, sanidad, granulometría, pureza, potencia del banco, espesor de despalme y accesos.

11.4.4. Exploración geosísmica

La exploración geosísmica se realiza para comprobar, dimensionar y obtener valores cualitativos del modelo geológico-estratigráfico del banco. Este método es recomendable para verificar potencia y amplitud del banco y definir la profundidad del contacto con las rocas.

11.4.4.1. Método sísmico de refracción.

El método apropiado para evaluar el volumen potencial del banco es el método de exploración por refracción geosísmica. Para los materiales granulares gruesos, que van de arena gruesa a grava-arena y bloques de roca con grava-arena, el método de sísmica de refracción se puede efectuar en seco, bajo el agua o lateralmente a cauces de ríos.

Con este método se puede definir con precisión la configuración de la base, cimas, zonas compactas y zonas sueltas de acarreo.

Búsqueda por palabra

Todo estudio de refracción sísmica debe generar un informe escrito, con anexos, entre los que se incluyen, necesariamente, secciones de velocidad compresional y su interpretación en función de los objetivos planteados.

11.4.4.2. Modelo geosísmico-geotécnico

A partir de un estudio geosísmico del subsuelo se pueden generar modelos geofísicos en función de la velocidad de ondas Vp para los materiales estudiados, En estos modelos, los materiales se clasifican como suelos de baja compacidad y suelos compactos y se define el contacto con la cima de la roca. Regularmente estos materiales presentan velocidades menores a 2,000 m/s.

11.4.5. Exploración por medio de la excavación de PCAs

Para llevar a cabo la exploración del subsuelo, es necesario realizar excavaciones a cielo abierto (PCA), hasta una profundidad determinada, la cual está condicionada por la susceptibilidad a excavarse manual o mecánicamente, a la estabilidad de sus paredes y a la presencia del nivel de aguas freáticas. Si la excavación de los PCA's resulta limitada en profundidad, se requiere realizar exploración con equipo de perforación, que permita efectuar el muestreo de los materiales a profundidades mayores.

11.4.6. Exploración por medio de sondeos profundos

Estos sondeos se deben realizar empleando equipo de perforación y herramientas especializadas, para obtener muestras alteradas a diversas profundidades (ver capítulo 3).

El equipo de perforación consta de máquinas de percusión y/o rotación, de bombas de lodos y agua, tuberías, barras, ademes y herramienta de perforación. Las características de estos equipos se encuentran detalladas en las referencias No 3 y 4.

11.4.6.1. Perforación en Arenas

En la exploración por medio de sondeos profundos, es recomendable utilizar tubería de ademe (cuyas características aparecen descritas en la referencia No 4), para estabilizar las paredes de la excavación y para enfriar las herramientas de perforación se debe utilizar agua como fluido.

11.4.6.2. Perforación en gravas y boleos

Si existen depósitos de grava y/o boleos, la exploración se debe realizar con broca de diamante y el muestreo con barril muestreador de doble acción, para obtener muestras o corazones.

Durante el desarrollo de cada sondeo, se debe llevar un registro de campo, que contenga la información estratigráfica, descripción de los materiales, profundidad de contactos, aspectos de las maniobras de perforación, toma de muestras y profundidad de niveles freáticos.

11.4.7. Pruebas de laboratorio

Para evaluar la calidad del banco en términos de sus propiedades físicas y mecánicas. se deben tomar muestras integrales y alteradas (ver capítulo 3) de los pozos y sondeos profundos, en las cuales se deben realizar las siguientes pruebas de laboratorio (como se especifican en las referencias Nos 3 y 4):

- Granulometría por mallas.
- Densidad de sólidos.
- Contenido natural de agua.
- Clasificación SUCS. % de finos.
- Densidad Relativa.
- Contenido de substancias perjudiciales.
- Peso volumétrico.

11.4.8. Presentación de resultados

Se deben preparar planos geológicos en planta y secciones, acompañadas de croquis, donde se proyecta la información geológica, geofisica y geotécnica. Los planos deben dibujarse a escalas convenientes (1:500 a 1:5000).

Se debe indicar claramente la ubicación de los bancos y sus dimensiones, así como sus accesos y distancias al centro del proyecto de obra civil.

De los pozos a cielo abierto excavados se deben preparar los perfiles de suelos e indicar la estratigrafía, granulometría de los materiales, propiedades índice y posición del nivel de agua freática.

Los tendidos geosísmicos realizados deben ser interpretados y agrupados en líneas, para preparar secciones de integración, donde se muestren las velocidades por capas y accidentes geológicos interpretados.

Se deben incluir tablas y gráficas que contengan los siguientes datos:

- Nombre del banco.
- Volumen potencial.
- Granulometría.
- Tipo de material.
- Potencia del banco.
- Espesor de despalme,

Búsqueda por palabra

- Grado de compacidad (Vp).
- Propiedades índice.
- Distancias de acarreo y accesos.
- Calidad del banco.
- Uso del suelo.
- Análisis de impacto ambiental.

Se debe integrar un informe que contenga fotografías a detalle, panorámicas y croquis, además se debe incluir un resumen y conclusiones de cada banco estudiado y realizar las comparaciones respectivas.

11.5. BANCOS DE MATERIALES TÉRREOS (FINOS)

La exploración de bancos de materiales térreos (arcillas, limos o mezcla de ellos) tiene como objetivo la localización de sitios en los cuales se pueda explotar, mediante excavación, materiales cuya finalidad es servir en la construcción de bordos, relleno de zanjas, e impermeabilización del fondo de lagunas (sí esto se requiere), terracerías en vialidades de sistemas de agua potable y alcantarillado.

Los bancos de arcilla y limos regularmente se obtienen de varias fuentes:

- Terrazas aluviales.
- Planicies aluviales.
- Alteración de rocas formando terrazas.
- Rocas blandas intemperízadas (suelos residuales).
- Depósitos vulcanoclásticos.

En el estudio de este tipo de bancos es importante la determinación del espesor, así como las variaciones laterales del mismo, con el fin de evitar la contaminación de material que no presenta las características de calidad apropiadas.

11.5.1. Recopilación de información

Como primera etapa en el proceso de localización y evaluación de bancos de préstamo, se debe recopilar información de tipo geológica, topográfica, edafológica y de uso del suelo. Esta información regularmente proviene de Dependencias Oficiales como el INEGI, Consejo de Recursos Minerales, Secretaría de la Defensa Nacional e Institutos de Investigación, así como información concerniente a la existencia de bancos de este tipo de material que se encuentren en producción o explotación en la zona de estudio.

Adicionalmente se deben obtener fotografías aéreas a escalas convenientes (1:10,000 a 1:20,000), para detectar la posible formación de bancos de material de este tipo.

Búsqueda por palabra

11.5.2. Localización de bancos

Estos bancos de material pueden localizarse, mediante el estudio de fotografías aéreas y técnicas de foto interpretación y la consulta de la información de la región, como son los reportes de bancos utilizados y cartas geológicas, edafológicas y topográficas.

Mediante recorridos de campo y el estudio de las fotografías, se puede seleccionar los bancos más adecuados de acuerdo al tipo de material, accesos, indemnizaciones y condiciones generales de explotación.

Con la información obtenida se seleccionan los mejores bancos en cuanto a volumen y calidad de material, así como a sus características de explotación. Con esta información se plantea un programa de exploración para su evaluación y cuantificación.

11.5.3. Geología superficial

La cartografía de los bancos es de acuerdo a su granulometria y contactos con roca o materiales granulares gruesos.

La etapa de exploración se realiza mediante levantamientos geológicos a detalle para definir contactos y tipos de materiales.

Los bancos de material fino se observan regularmente en pequeñas cañadas, zanjas y accidentes morfológicos que exponen los materiales. Generalmente estos bancos presentan topografía suave, definida por las terrazas aluviales.

A partir del levantamiento geológico realizado y con apoyo en la fotointerpretación geológica se deben definir los siguientes conceptos:

- Modelo geológico.
- Accesos y distancias.
- Volúmenes potenciales.
- Tipo de material (arcilla, límo o mezcla de ambos),
- Calidad del banco indicando porcentaje y uso posible.
- Uso del suelo.
- Impacto ambiental.

La información obtenida, se debe presentar en planos y croquis que muestren la ubicación del banco. Con la información de los bancos estudiados se deben preparar comparaciones técnicas referentes a los conceptos mencionados previamente.

Los bancos seleccionados como favorables se deben programar para su evaluación cuantitativa, mediante la excavación de pozos a cielo abierto (PCA), sondeos eléctricos verticales (SEV's) y pruebas de laboratorio.

11.5.4. Exploración geosísmica

La exploración geosísmica se realiza para comprobar, dimensionar y obtener valores cualitativos del modelo geol6gico-estratigráfico del banco. Este método es recomendable para verificar potencia y amplitud del banco y definir la profundidad del contacto con las rocas.

11.5.4.1. Método sísmico de refracción.

El método apropiado para evaluar el volumen potencial del banco es el método de exploración por refracción geosísmica. Para los materiales finos, ya sean arcillas, limos o una mezcla de ambos, el método de sísmica de refracción se puede efectuar en seco, bajo el agua o lateralmente a cauces de ríos, **(MAPA, Libro V.3.2.2).**

Con este método se puede definir con precisión la configuración de la base, cimas, zonas compactas y zonas sueltas de acarreo.

Todo estudio de refracción sísmica debe generar un informe escrito, con anexos, entre los que se incluyen, necesariamente, secciones de velocidad compresional y su interpretación en función de los objetivos planteados.

11.5.4.2. Modelo geosísmico-geotécnico

A partir de un estudio geosísmico del subsuelo se pueden generar modelos geofísicos en función de la velocidad de ondas Vp para los materiales estudiados. En estos modelos, los materiales se clasifican como suelos de consistencia blanda y suelos duros y se define el contacto con la cima de la roca. Regularmente estos materiales presentan velocidades menores a 2,000 m/s.

11.5.5. Exploración geoeléctrica

Mediante sondeos geoeléctricos (SEV's) se puede determinar el contacto suelo fino-roca, niveles freáticos y contactos entre arenas-limos y arcillas. Este método de exploración permite estudiar grandes volúmenes de material a bajo costo.

El arreglo electródica a usar es el Schlumberger con un muestreo de 6 a 10 datos de resistividad aparente por ciclo logarítmico, (MAPAS “Prospección geoeléctrica y registro de pozos”).

El equipo de campo a utilizarse es una planta electromotriz con transmisor de 750 a 3000 watts de salida de corriente directa, la cual consiste de pulsos cuadrados de

polaridad alternada, cuya resolución puede ser de 2 a 5 segundos. Se incluye un voltímetro con resolución de 1 mV, un compensador o eliminador de potenciales naturales y electrodos impolarizables de fondo poroso que contengan una. solución saturada de sulfato de cobre.

La distancia AB/2 (separación entre electrodos de corriente) más grande debe ser de cuando menos dos veces la profundidad de investigación requerida.

En un mismo formato de datos de campo deben anotarse para cada SEV la constante geométrica del arreglo, el potencial eléctrico producido, la corriente eléctrica inyectada y la resistividad aparente de las posicioneselectródicas observadas. La curva de campo de resistividad aparente debe graficarse preferentemente en hoja que contenga la información mencionada.

Los resultados de un estudio de SEV deben incluir secciones geoeléctricas que hayan sido obtenidas de la correlación entre los modelos de resistividad de capas horizontales, así como de la calibración o integración con la información existente de perforaciones y otros tipos de estudio del subsuelo.

Todo estudio geoeléctrico de SEV debe incluir un informe escrito en el que se especifiquen los antecedentes, los objetivos, las características *M* trabajo desarrollado, tanto en campo como en la interpretación de los datos, los resultados y las conclusiones, así como los planos, secciones, tablas y apéndices complementarios.

Con los datos de resistividad se integra la información para generar un modelo geológico-geofísico. A partir *del* análisis de la información se plantea la exploración directa del banco mediante pozos a cielo abierto. Estos pozos se ubican con respecto a la información obtenida de los SEYs, para verificar contactos o zonas discordantes.

11.5.6. Excavación de Pozos a Cielo Abierto (PCA) y Muestreo

Para evaluar cuantitativamente los bancos de material térreo, se deben excavar pozos a cielo abierto, hasta una profundidad determinada, la cual está condicionada por la susceptibilidad a excavarse manual o mecánicamente, a la estabilidad de sus paredes y a la presencia del nivel de aguas freáticas.

Se debe efectuar la excavación de PCA para describir la estratigrafia y litología de los depósitos. Asimismo se toman muestras alteradas por estrato y muestrasintegrales a fin de obtener sus propiedades índice y las mecánicas e hidráulicas en especímenes elaborados en el laboratorio según el uso que se le de al material del banco (ver capítulo 3).

11.5.6.1. Estratigrafía

Con objeto de elaborar perfiles estratigráficos en cada pozo excavado, se toman muestras alteradas por cada cambio de estrato y se determinan las propiedades índice de los suelos encontrados; posteriormente, estos materiales se deben clasificar según el SUCS (ver capítulo 3)

11.5.7. Pruebas de laboratorio

Con la información geológica y geofísica previamente analizada, y de acuerdo al uso al que se van a destinar los materiales explorados, se elabora un programa de pruebas de laboratorio.

En este programa se debe especificar la cantidad y tipo de ensayes que se realizan para la evaluación cuantitativa M banco (ver capitulo 3).

Para evaluar las propiedades índice de los materiales se deben programar en muestras alteradas las siguientes pruebas:

- Determinación de límites de consistencia.
- Contenido natural de agua.
- Pérdida por lavado, % de finos.
- Granulométria por mallas.
- Clasificación de suelos según el SUCS.
- Límites de consistencia,
- Contenido natural de agua.
- Pérdida por lavado, % de finos.
- Clasificación de suelos (SUCS).
- Peso volumétrico seco/saturado.
- Peso volumétrico en estado natural.
-

Además de los ensayes índice ya mencionados, se realizan todos ó cualquiera de los siguientes ensayes, según el uso que se pretenda dar a los materiales:

- Compactación Proctor, Porter o Densidad relativa.
- Contracción lineal.
- Valor cementante.
- Equivalente de arena.
- Valor relativo de soporte.
- Contenido de substancias perjudiciales.

Para cuantificar las propiedades mecánicas e hidráulicas de los materiales en especímenes elaborados en laboratorio se deben realizar las siguientes pruebas:

- Consolidación unidimensional.
- Expansión libre y/o bajo carga.
- Compresión axial no confinada.
- Compresión triaxial.
- Saturación bajo carga.
- Permeabilidad bajo carga constante y variable.

De las muestras integrales obtenidas también pueden realizarse las pruebas descritas en el capítulo 2.5 de Geotecnia; la realización de estas pruebas dependerá M uso que se pretenda dar a los materiales.

11.5.8. Presentación de Resultados

Se deben preparar planos geológicos y litoestratigráficos, en planta y secciones, que contengan la información de los PCA y sondeos eléctricos verticales.

Pozo a cielo abierto excavado se debe representar de manera independiente, mostrando el corte litológico, estratigrafía y los valores obtenidos de prueba índice y mecánica.

Los sondeos eléctricos verticales deben conjuntarse para preparar perfiles integrados, que muestren perfiles de isorresistividades aparentes y perfiles de integración geológica y geotécnica.

Los tendidos geosísmico realizados deben ser interpretados y agrupados en líneas, para preparar secciones de integración, donde se muestren las velocidades por capas y accidentes geológicos interpretados.

Se deben preparar tablas y gráficas que contengan los siguientes datos:

- Nombre del banco,
- Volumen disponible.
- Tipo de material.
- Explotabilidad.
- Uso del suelo.
- Propiedades físicas y mecánicas.
- Distancias de acarreo.
- Tenencia de la tierra.
- Calidad del banco.
- Accesos.

Búsqueda por palabra

- Espesor de despalme.
- Potencia del banco.
- Grado de consistencia (Vp).
- Análisis de impacto ambiental.

Se debe sintetizar la metodología de estudio del banco y describir las actividades desarrolladas, así como los resultados obtenidos y las conclusiones en cuanto a la calidad y volumen probable del banco estudiado.

Se debe integrar un reporte que incluya fotografías a detalle, panorámicas, planos y propiedades o características de cada banco estudiado.

Se deben dar recomendaciones, en orden de importancia, de cada banco estudiado y plantear las ventajas y desventajas de su aprovechamiento y explotación, así como el impacto ambiental generado.

Tabla de conversión de unidades de medida al Sistema Internacional de Unidades (SI)

OTROS SISTEMAS DE UNIDADES			SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES (SI)	
UNIDAD	SÍMBOLO	MULTIPLICADO POR	SE CONVIERTE A	
			UNIDAD	SÍMBOLO
LONGITUD				
Pie	pie, ft.,‘	0.3048	metro	m
Pulgada	plg., in, “	25.4	milímetro	mm
PRESIÓN/ ESFUERZO				
Kilogramo fuerza/cm^2	kg_f/cm^2	98,066.5	Pascal	Pa
Libra/pulgada^2	lb/ plg^2 ,PSI	6,894.76	Pascal	Pa
Atmósfera	atm	98,066.5	Pascal	Pa
metro de agua	m H_2O (mca)	9,806.65	Pascal	Pa
Mm de mercurio	mm Hg	133.322	Pascal	Pa
Bar	bar	100,000	Pascal	Pa
FUERZA/ PESO				
Kilogramo fuerza	kg_f	9.8066	Newton	N
MASA				
Libra	lb	0.453592	kilogramo	kg
Onza	oz	28.30	gramo	g
PESO VOLUMÉTRICO				
Kilogramo fuerza/m^3	kg_f/m^3	9.8066	N/m^3	N/m^3
Libra /ft^3	lb/ft^3	157.18085	N/m^3	N/m^3
POTENCIA				
Caballo de potencia, Horse Power	CP, HP	745.699	Watt	W
Caballo de vapor	CV	735	Watt	W
VISCOSIDAD DINÁMICA				
Poise	μ	0.01	Mili Pascal segundo	mPa.s
VISCOSIDAD CINEMÁTICA				
Viscosidad cinemática	ν	1	Stoke	m^2/s (St)
ENERGÍA/ CANTIDAD DE CALOR				
Caloría	cal	4.1868	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/s^2

Búsqueda por palabra