



**Ciudad  
de  
México**  
*Capital en Movimiento.*

**NORMAS DE CONSTRUCCIÓN  
DE LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA  
DEL DISTRITO FEDERAL**



---

GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL  
Jefe de Gobierno  
Lic. Marcelo Luis Ebrard Casaubón

---

SECRETARÍA DE OBRAS Y SERVICIOS  
Secretario  
Lic. Fernando Aboitiz Saro

Director General de Obras Públicas  
Ing. Oscar Leopoldo Díaz González Palomas.

Director General de Servicios Urbanos  
Ing. Antonio Álvarez Palacios.

Director General del Proyecto Metro  
Ing. Enrique Horcasitas Manjarrez

Director General de Proyectos Especiales  
Ing. Luis Alberto Rábago Martínez.

Director General del Proyecto Metrobús  
Ing. Hugo Flores Sanchez.

Director General de la Planta de Asfalto  
Ing. Francisco Ernesto Ricci Rosas

---

Coordinación Técnica  
Coordinador  
Dr. en I. Renato Berrón Ruiz

Director de Normas y Registros  
Arq. Rubén García Silva



**Ciudad**  
**México**  
*Capital en Movimiento*

## **LIBRO 2 TOMO II**

**SERVICIOS TÉCNICOS: PROYECTOS EJECUTIVOS PARA  
AGUA A PRESIÓN, ALCANTARILLADO Y DISEÑO DE POZO  
PARA EXTRACCIÓN DE AGUA**

## INTRODUCCIÓN A LA REIMPRESION DE LA PRIMERA EDICIÓN (1989)

La expedición de estas Normas de Construcción se fundamenta en observancia a lo indicado en los Artículos 44 de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y 29 inciso II del Capítulo IV de la Ley de Obras Públicas.

La presentación de estas Normas se ajusta a lo señalado en las Reglas Generales para la Contratación y Ejecución de Obras Públicas y de Servicios relacionados con las mismas para las Dependencias y Entidades de la Administración Pública Federal en su Sección 4 que versa sobre las reglas para la formulación e integración de Normas y Especificaciones de las Obras Públicas, impresas y difundidas en el Diario Oficial de la Federación el viernes 8 de enero de 1982.

## N O T A S

- 1.- Estas Normas de Construcción DDF están en constante revisión y por lo tanto pueden incorporarse modificaciones en cuanto sea necesario; se recomienda al posesionario de éstas que permanezca en contacto con la Coordinación Técnica para informarse de dichas modificaciones y pueda recibir las hojas que sea necesario agregar o cambiar para que mantenga actualizados sus tomos.
  
- 2- Primera edición, vigente a partir del 1° de septiembre de 1989.

## ÍNDICE

LIBRO 2 SERVICIOS TÉCNICOS  
PARTE 03 PROYECTOS EJECUTIVOS  
SECCIÓN 04 AGUA A PRESIÓN Y ALCANTARILLADO

Capítulo	001	Generalidades
Capítulo	002	Obras de captación
Capítulo	003	Líneas de conducción
Capítulo	004	Sistemas de distribución
Capítulo	005	Sistema de almacenamiento
Capítulo	006	Sistemas de alcantarillado
Capítulo	007	Diseño de pozo para extracción de agua
<b>SECCIÓN</b>	<b>05</b>	<b>PLANTAS POTABILIZADORAS</b>
Capítulo	001	Plantas potabilizadoras
Capítulo	002	Plantas de tratamiento de aguas residuales
Capítulo	003	Plantas de tratamiento de desechos sólidos

LIBRO	2	SERVICIOS TÉCNICOS
PARTE	03	PROYECTOS EJECUTIVOS
SECCION	04	AGUA A PRESION Y ALCANTARILLADO
CAPITULO	001	GENERALIDADES

## A. DEFINICIÓN Y CLASIFICACION

A.01. En esta cláusula se indican aspectos generales a considerar en la elaboración de los proyectos ejecutivos correspondientes a cada capítulo de esta sección. Se definirá la parte del proyecto a que se refiere el enunciado.

A.02. Los proyectos de esta sección se clasifican en los siguientes capítulos:

Obra de captación.  
 Líneas de conducción.  
 Sistemas de distribución.  
 Sistemas de almacenamiento.  
 Sistemas de alcantarillado.

A.03. Los proyectos pueden referirse a obras nuevas, ampliación o rehabilitación parcial o total de los sistemas.

## B. REFERENCIAS.

B.01. Existen algunos conceptos que intervienen o pueden intervenir en la elaboración de proyectos de sistemas de agua a presión y de alcantarillado, y que son tratados en otros capítulos de éstas u otras Normas, conceptos que deben sujetarse a lo que en estos capítulos se indica, mismos que se enlistan en la siguiente tabla y conceptos de los que no se hará más referencia en el texto de este capítulo.



CONCEPTO	CAPÍTULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Guía general para la elaboración de proyectos de ingeniería de sistemas de agua potable y alcantarillado		SEDESOL
Instructivo para estudio y proyecto de abastecimiento de agua potable, programa Coplamar.		SEDESOL
Anteproyectos de agua a presión y alcantarillado	2.01.02.003	G.D.F.
Generalidades de proyectos ejecutivos de obras civiles.	2.03.01.001	G.D.F.

#### C. REQUISITOS DE ELABORACIÓN.

C.01. Previamente al inicio de un proyecto de agua a presión y/o alcantarillado, se debe contar con los siguientes datos.

- a. Nombre completo de la localidad, Colonia y Delegación.- Situación aproximada dentro del Distrito Federal.
- b. Características políticas.
- c. Características geográficas.- Principales elevaciones cercanas, configuración general de la zona, ríos, arroyos y manantiales cercanos.
- d. Características climatológicas.
  1. Climatología.- Temperaturas máximas, media y mínima en el mayor período posible, clasificación del clima, hidrometría.
  2. Datos pluviométricos.- Principalmente máxima, media y mínima, época de la temporada de lluvias, números de días con lluvias más frecuentes, precipitación anual.
  3. Vientos.- Dirección de los vientos dominantes, intensidad y duración.

- e. Geología.- Proporcionar los datos que se tengan como fidedignos en cuanto a suelo.
- f. Vías de comunicación.- Ejes viales, calles principales, caminos vecinales, ferrocarriles, telégrafos, teléfonos, correo, etc., existentes o en construcción, proyectos sobre nuevas comunicaciones y probabilidades de construcción.
- g. Información estadística de la localidad.

- 1. Censos de población efectuados con anterioridad al estudio y al momento de efectuarlo, incluyendo planos de distribución de la población: también será necesario levantar un plano predial, según se verá en el capítulo de Sistemas de Distribución; en este plano podrá anotarse el número de habitantes por predio, por calle o por manzana.

En áreas urbanas pequeñas en las que los habitantes están distribuidos más o menos uniformemente en todas las calles, basta marcar habitantes por manzana.

En áreas urbanas de importancia intermedia se fijará un promedio de los habitantes por calle para que al hacer el proyecto puedan determinarse zonas de mayor o menor concentración.

En las grandes poblaciones será necesario consignar los habitantes por predio, indicando en el mismo plano los sitios de gran concentración, con objeto de localizar en los puntos convenientes las demandas especiales; estos puntos son escuelas, hospitales, fábricas de productos que requieren gran cantidad de agua (como hielo o refrescos), mercados, hoteles, cines, oficinas públicas, lugares de ferias, entre otros.

En cada uno de estos puntos se procurará determinar las demandas formando con ellas una tabla que se inserte en el mismo plano o en hoja anexa.

Se deberá investigar la población flotante, época en que se presenta y sus causas, indicando en su caso los lugares más concurridos, así como las posibilidades de aumento o disminución de la misma.

- 2. Población abastecida con agua potable y alcantarillado en porcentaje o en área.
- 3. Número de personas por conexión.
- 4. Escolaridad.
- 5. Tipo de familia y clase de vivienda.

6. Vida promedio de las personas, mortalidad, infantil, incidencias de principales enfermedades, sobre todo hídricas y datos numéricos sobre el número de casos de estas últimas durante el mayor período de tiempo que se pueda obtener.

Si en la población se ha construido alguna obra de abastecimiento, procurar investigar la influencia que tuvieron sobre la salubridad.

7. Servicios públicos en la población.

- 7.1 Agua potable.

- 7.2 Alcantarillado.

- 7.3. Plantas potabilizadoras o de tratamiento.

- 7.4. Energía eléctrica.- Cuando exista, se investigará su procedencia, cantidad disponible para los servicios, características (frecuencia, voltaje) y calidad de servicio, horas en que se proporciona y costo por kW.

8. Servicios Generales

- 8.1. De enseñanza.

- 8.2. De comunicación.

- 8.3. De salud.

- 8.4. Servicios médicos asistenciales.

- 8.5. Mercados y centros comerciales.

- 8.6. Oficinas gubernamentales.

- 8.7. Oficinas municipales.

- 8.8. Rastros.

- 8.9. Energía eléctrica

- 8.10. Baños públicos y albercas; localización en el plano predial.

- h. Costumbres.- Breve narración de las costumbres típicas de la zona por servir, principalmente las que afectan al servicio de abastecimiento, tales como riego de jardines, calles y huertas, frecuencia de baño personal o de animales, etc.
- i. Interés turístico.- Posibilidades de incremento de población del área por el interés, sobre todo si se proyectan vías de comunicación.
- j. Datos históricos.- Someros datos históricos de la zona o Delegación, historia de obras de abastecimiento y drenaje que se hayan proyectado o construido con anterioridad y causas por las que se han abandonado; cuando al recabar las causas se observen fuertes aumentos o disminuciones investigar las causas probables.
- k. Importancia económica de zonas o Delegación por servir.- En dónde encuentra localizada, probabilidades futuras, medios de vida, posibilidades de financiamiento de las obras, valor de los impuestos prediales, recaudaciones anuales de la Delegación, erogaciones destinadas por las autoridades a los servicios públicos y en particular a los abastecimientos de agua, cuotas que probablemente se puedan cobrar mensualmente por tomas y descargas domiciliarias, dividiendo en forma particular o industrial, relación y localización de las industrias existentes, consumo de agua y cuotas que podrían pagar.
- l. Plano topográfico de la localidad con curvas de nivel a cada metro o cotas de la intersección de los ejes de las calles.

C.02. El Departamento seleccionará el anteproyecto base para desarrollar el proyecto ejecutivo y proporcionará al proyectista toda la información que contenga dicho anteproyecto.

C.03. Los proyectos deberán prever y evitar la contaminación del medio ambiente que se pueda originar durante la operación de la obra en proyecto.

C.04. La población de proyecto será proporcionada por el Departamento; de no ser así se calcularán con los métodos de predicción aprobados por esta Dependencia, tomando en cuenta las condiciones de uso del suelo y la proyección urbanista de zona. El período económico de las obras será de 30 años, salvo indicaciones particulares.

C.05. La dotación de agua potable por habitante y por día, será definida por el Departamento según la zona, pero no menor de 150 litros/habitante/día; la aportación no será menor del 75% de la dotación.

- C.06. Todo proyecto deberá constar de las memorias descriptiva y cálculo, de las especificaciones propias de la obra, del catálogo de cantidades de obra, del manual de operación y mantenimiento y contar con los planos ejecutivos de conjunto y detalle, dibujados a escalas adecuadas, con la debida nitidez y claridad, que permitan, sin equivocación, proceder a la construcción del sistema.

D. CONCEPTOS DE PROYECTO, SISTEMAS DE MEDICION Y BASE DE PAGO

En esta cláusula se describirán para cada capítulo cuales son los conceptos de proyecto para efecto de medición y pago, así como la unidad de medición y las bases para dar por tiempo terminado el trabajo.

En caso de no poderse establecer lo anterior, por no ser normativo, se deberán definir las bases para cuantificar y fijar el precio del proyecto que se trate.



LIBRO	2	SERVICIOS TÉCNICOS
PARTE	03	PROYECTOS EJECUTIVOS
SECCION	04	AGUA A PRESION Y ALCANTARILLADO
CAPITULO	002	OBRAS DE CAPTACIÓN

## A. DEFINICIÓN Y CLASIFICACION

- A.01. Es la serie de estudios y análisis que se realizan para definir el tipo de obra que se habrá de efectuar para recolectar el agua para abastecer una localidad.
- A.02. Según la forma en que se encuentra el agua y la manera de recolectarla, las obras de captación pueden ser superficiales o subterráneas.
- a. Las superficiales a su vez pueden ser:
    - 1. En manantiales.
    - 2. En presas derivadas o de almacenamiento y en lagos o lagunas.
    - 3. En ríos, arroyos o canales
  - b. Las subterráneas pueden ser a base de:
    - 1. Pozos:
      - 1.1. Indio
      - 1.2. Superficial, con profundidad no mayor a 30 m.
      - 1.3. Profundo
    - 2. Galerías filtrantes.

## B. REFERENCIAS.

- B.01. Existen algunos conceptos que intervienen o pueden intervenir en la elaboración de proyectos de Obras de Captación, y que son tratados en otros capítulos de éstas u otras Normas, conceptos que deben sujetarse a lo que en estos capítulos se indica, mismos que se enlistan en la siguiente tabla y conceptos de los que no se hará más referencia en el texto de este capítulo.

CONCEPTO	CAPITULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Generalidades de proyecto de agua a presión y alcantarillado	2.03.04.001	G.D.F.
Sistema de distribución de agua potable	2.03.04.004	G.D.F.
Normas de proyecto para obras de aprovechamiento de agua potable en localidades Urbanas de la República Mexicana		SEDESOL
Normas de proyecto para obras de aprovechamiento de agua potable.		S.A.R.H.
Reglamento federal sobre obras de provisión de agua potable		S.A.R.H.
Ley federal de aguas		S.A.R.H.

#### C. REQUISITOS DE ELABORACIÓN.

C.01. Para la elaboración del proyecto, los datos básicos necesarios son:

- a. El gasto medio diario para la población que deberá abastecerse.
- b. Localización exacta del lugar donde se extraerá el agua.
- c. Características del acuífero o fuente de abastecimiento, variación durante el año, con datos censales o, en su defecto, información confiable de personas vecinas a la zona en cuestión
  1. Caudal máximo y mínimo de la fuente.
  2. Períodos de variación entre caudales máximos y mínimos.
- d. Estudio geohidrológico de la zona donde se pretende construir el pozo o galería filtrante.

C.02. Llevar a cabo un diagnóstico de la calidad del agua; ésta deberá satisfacer las Normas de calidad establecidas en el Reglamento Federal sobre Obras de Provisión de Agua Potable y las propias del Departamento.



Se deberán efectuar los análisis químicos, físicos y microbiológicos del agua en la captación, para que una vez obtenidos los resultados se proceda a elegir el tipo de tratamiento más adecuado, de tal manera de obtener una calidad del agua que cumpla con los requisitos indicados en el reglamento mencionado anteriormente y en las Normas del Departamento.

El número de muestras para determinar la calidad del agua lo determinará en cada caso el propio Departamento, pero no será menor de tres, con capacidad de un litro cada una.

- C.03. La fuente o fuentes de abastecimiento deberán de proporcionar el gasto máximo diario requerido para las necesidades futuras de la localidad; en su defecto se captará lo disponible, mientras se encuentra la manera de completar el caudal de proyecto.
- C.04. Cuando más de una fuente de suministro puedan proveer agua suficiente, se deberá usar aquella o aquellas donde sea más fácil su captación y cuya agua requiera menor tratamiento.
- C.05. Cuando la fuente de abastecimiento sea subterránea y existan en el terreno factores de contaminación o puedan presentarse en lo futuro, deberá asegurarse que las formaciones geológicas superiores al manto acuífero estén libres de dicha contaminación y así evitarla.
- C.06. Los tipos de obras de captación podrán ser:
  - a. Tomas de aguas superficiales en ríos o arroyos.
    - 1. La bocatoma se localizará en un tramo de la corriente que esté a salvo de la erosión y de cualquier descarga de agua residual para aislarla lo más posible de contaminación. El canal de acceso se proyectará con un esviaje entre treinta y y sesenta grados en el sentido de la corriente y con una velocidad de entrada del agua entre 0.10 y 0.15 m/s para evitar el arrastre del material en flotación.
    - 2. En dicha toma deberá proyectarse un cárcamo para sedimentar los sólidos en suspensión y una rejilla en la entrada al cárcamo con una abertura que dependerá de las condiciones del agua y/o el equipo de bombeo, si la conducción se hace a presión. La profundidad del cárcamo estará en función de la altura mínima de succión del equipo de bombeo.

3. Si para elevar el tirante del agua se hace necesario la construcción de una presa derivada, se tomarán en cuenta las Normas que para tal fin tiene la S.A.R.H.

b. Captación en lagos o presas de almacenamiento.

1. La obra se localizará en una zona donde en la época de estiaje se tenga en el vaso el tirante máximo de agua en estiaje.
2. La obra de toma se proyectará de tal manera que se tengan varias entradas situadas a diferentes niveles a fin de tomar el agua más próxima a la superficie.
3. Cada entrada deberá tener una rejilla con aberturas que dependerá de las características físicas del agua y una compuerta o válvula para seleccionar la entrada más adecuada.
4. La velocidad del agua en la entrada de la toma no deberá ser mayor de 60 cm/s.
5. El proyecto estructural estará sujeto a lo que al respecto dicten estas Normas, si la obra de toma es aislada o independiente. Si la obra forma parte integral de la presa, el proyecto y las Normas correspondientes estarán a cargo de la S.A.R.H.

c. Capacitación por medio de pozos profundos.

1. El sitio o sitios elegidos para la perforación se determinará mediante un estudio geohidrológico de la zona, complementándolo con un estudio geofísico en caso necesario.
2. Deberá cuidarse que el subsuelo de la zona o zonas en donde se realizará(n) la(s) perforación(es) no esté contaminado o pueda contaminarse con elementos nocivos naturales o artificiales vertidos en la superficie del terreno.
3. El estudio geológico y geohidrológico del subsuelo definirá qué tipo de pozo se deberá perforar. El proyectista deberá presentar al Departamento su posición, avalada por los estudios correspondientes y éste, a su juicio, dará su visto bueno para practicar o no la perforación.
4. Un pozo o una batería de pozos, deberán proyectarse de tal manera que no se sobre explote el acuífero, es decir, que el volumen a explotar no puede ser mayor al volumen de recarga.

5. El diámetro de perforación dependerá de la capacidad del acuífero, la profundidad del pozo y el gasto promedio por extraer.

El ademe ciego o tubo de succión, se determinará a partir del diámetro del conjunto de tazones del equipo de bombeo.

$$D_{ac} = D_t + 10 \text{ cm}$$

$D_{ac}$  = diámetro del ademe ciego.

$D_t$  = diámetro de los tazones.

El diámetro del ademe de sello o ademe propiamente dicho, se determinará en función del diámetro del ademe ciego y el anillo o filtro de grava que debe ser como mínimo de 7.5 cm es decir:

$$D_{as} = D_{ac} + 7.5 \text{ cm}$$

$D_{as}$  = diámetro del ademe de sello.

El diámetro de perforación se determinará dejando cierta holgura entre el ademe de sello y las paredes de perforación que generalmente es de 5 cm es decir.

$$D = D_{as} + 5 \text{ cm}$$

$D$  = diámetro de perforación.

6. El tipo de tubo, material y espesor de pared, dependerá en cada caso del diámetro y profundidad del pozo; la forma y separación de las ranuras estarán en función del tipo de suelo y la granulometría del filtro.
7. en el corte geológico se debe estudiar y determinar el estrato o estratos de los cuales no se desea extraer el agua contenida en ellos y proyectar en todo su espesor el ademe con tubo sin ranura (ciego)
8. En la parte superior del pozo se diseñara un brocal de concreto reforzado, con un espesor que dependerá del diámetro del ademe pero no menor de 15 cm y una profundidad que estará en función del tipo de material existente en la superficie (granular, cohesivo, etc.), pero no menor de 3.00m.
9. El nivel del piso terminado de la caseta o casa de bombas, se proyectará a una altura que cualquier avenida probable de presentarse o inundación, no afecte al equipo de bombeo y/o el de control.

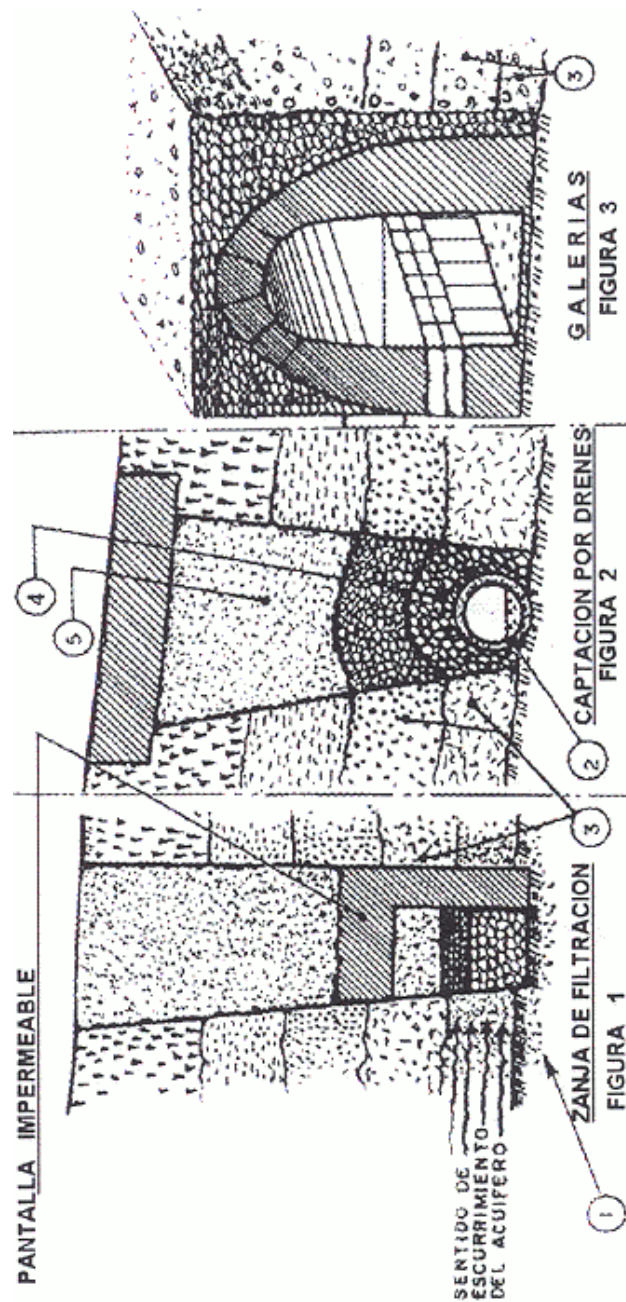
d. Captación por medio de pozos someros o superficiales.

1. Este tipo de captación se proyectará cuando se pretenda explotar el agua freática y/o subálvea.
2. Antes de iniciar el proyecto de las obras, deberá tenerse o hacerse un estudio superficial hidrológico y geológico de la zona en donde se pretendan realizar las perforaciones; el Departamento indicará que tipo y a que nivel se realicen los estudios.
3. La sección de la perforación dependerá del tipo de material que se tenga en la zona, pero no mero de 1.5 del diámetro definitivo del pozo o dimensión mínima cuando no sea circular.
4. El pozo podrá ademarse con mampostería de piedra, tabique o bloques de concreto. La mampostería que quede en el estrado permeable se dejará sin juntear y son una separación entre piezas que dependerá del tipo de terreno; cuando el ademe se diseñe de concreto se proyectarán perforaciones con diámetros y separación que estarán en función del tipo del terreno y capacidad del acuífero.
5. Para el nivel de piso terminado de las casetas se deberá tomar en cuenta lo que se indica en el párrafo C.06.c.9 de este capítulo.

e. Captación por galerías filtrantes.

1. Al igual que en los pozos, antes de iniciar el proyecto se deberá tener o realizar el estudio geohidrológico de la zona en donde se pretenda construir la obra.
2. Este tipo de obra se proyectará cuando la corriente tenga poco espesor y gran superficie.
3. La galería se proyectará para construirse a cielo abierto o por medio de túnel, en dirección perpendicular al sentido de la corriente.
4. La profundidad del acuífero, el tipo de terreno y el gasto requerido determinará el sistema de recolección, el que podrá estar formado por simples zanjas de filtración, drenes con tubos perforados de pequeño diámetro o por galerías de gran diámetro; en cada caso, el proyectista propondrá el sistema y el Departamento dará su visto bueno. Ver figuras 1, 2 y 3.
5. Las zanjas y/o tubería, se proyectará con una pendiente hacia el cárcamo de recolección que permita al agua escurrir fácilmente hacia tal punto.

6. Los drenes se proyectarán con tubos ranurados de concreto, acero o cualquier otro material que proponga el proyectista y apruebe el Departamento. El ranurado o perforado de la tubería, se diseñará de manera que la velocidad del agua a la entrada de la tubería sea cercana a 1.0 cm/seg.
  7. La zona filtrante estará constituida por material pétreo lavado, con una granulometría adecuada de acuerdo a la del terreno natural del acuífero.
  8. Una vez conocida la geología de la zona, la profundidad y espesor del manto acuífero, se podrá calcular el gasto promedio esperado usando cualquier expresión existente en los tratados de geohidrología que proponga el proyectista y que sea aceptada por el Departamento.
- f. Captación en manantiales.
1. En todos los afloramientos se deberá proyectar una obra para protegerlos contra la contaminación; puede ser una caja, un bordo o cualquier otro sistema que proponga el proyectista y apruebe el Departamento.
  2. No se permitirá proyectar obras que alteren el sitio del afloramiento, como son: represas con niveles mayores al del manantial o excavaciones que abatan dicho nivel.
  3. La caja de protección deberá tener una sección tal, que en planta abarque toda el área del manantial y una altura libre tal, que quepa la estructura de demasías. Como complemento a esta caja se proyectará una estructura de aforo, una zanja perimetral para recolectar el agua superficial para que no escurra a la caja o a la obra de conducción y una cerca perimetral de alambre, separada de la caja entre 10 y 15 m.



- 1.- Estrato impermeable.
- 2.- Tubo perforado.
- 3.- Estratos permeables
- 4.- Filtro de materiales graduados
- 5.- Relleno con material producto de la excavación.

4. Sí el agua debe ser bombeada, se proyectará un cárcamo para tal fin, lo más cercano posible a la caja de protección.

Si el Departamento permite que el agua sea bombeada directamente del manantial, la boca de succión no deberá ir muy profunda para evitar el abatimiento del nivel del agua y provocar un vacío en el interior.

5. Como complemento se deberán proyectar las obras necesarias para la operación y mantenimiento de cada uno de los afloramientos, las cuales deberán ser aceptadas por el Departamento.

g. Estaciones de bombeo.

1. El gasto y la altura a vencer o la profundidad en casos de pozos profundos, determinará en cada caso el tipo, potencia y modelo de bomba o bombas que se deben considerar en cada estación de bombeo; el proyectista propondrá el equipo de bombeo y el Departamento dará el visto bueno al mismo.
2. El Departamento indicará en cada caso las características del equipo complementario como son: el arrancador y paro automático y los electro-niveles.
3. En caso de no existir cerca del sitio de la obra una línea de energía eléctrica adecuada, el proyectista realizará un estudio económico comparativo, para proyectar un equipo de bombeo impulsado con motores eléctricos o de combustión interna, lo que resulte más económico.
4. La estación de bombeo se proyectará en una zona y a un nivel que el equipo no pueda ser afectado por las inundaciones o cualquier fenómeno meteorológico.

D. CONCEPTOS DE PROYECTO, SISTEMAS DE MEDICIÓN Y BASE DE PAGO

- D.01. Para cada tipo de obra de captación se hará el proyecto con su alcance respectivo (en particular) y el Departamento fijará el monto del mismo.





LIBRO	2	SERVICIOS TÉCNICOS
PARTE	03	PROYECTOS EJECUTIVOS
SECCIÓN	04	AGUA A PRESIÓN Y ALCANTARILLADO
CAPÍTULO	003	LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

## A. DEFINICIONES, CLASIFICACIÓN Y OBJETO

- A.01. Conjunto de conductos, obras de arte y accesorios destinados a conducir el agua a partir de la obra de captación hasta el tanque de regularización o a la planta potabilizadora, o a la red de distribución para su consumo.
- A.02. Accesorios y obras de arte.-Aditamentos y construcciones que forman parte de una línea de conducción para mejorar el funcionamiento de dicha línea.
- A.03. Las líneas de conducción se clasifican en función de su operación, que puede ser a presión o por gravedad:
- a. Líneas a presión. Las que transportan el agua mediante una sobrepresión.
  - b. Líneas de gravedad. Conductos abiertos (canales) o cerrados (tubos) en los que se transporta el agua utilizando la aceleración de la gravedad, mediante la pendiente apropiada para que la velocidad del agua no cause erosiones ni azolves en las líneas.
- A.04. El objeto del presente capítulo es el de establecer los parámetros de diseño de las líneas de conducción de agua a presión o por gravedad, para el correcto funcionamiento del sistema del servicio solicitado.

B. REFERENCIAS DEL CONCEPTO EN OTROS DOCUMENTOS.

B.01. El presente capítulo tiene relación con la normatividad siguiente:

CONCEPTO	CAPÍTULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Lineamientos técnicos para la elaboración de estudios y proyectos de agua potable y alcantarillado		C.N.A.
Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias		G.D.F.
Generalidades de proyecto de agua a presión y alcantarillado	2.03.04.001	G.D.F.
Sistema de distribución de agua a presión	2.03.01.004	G.D.F.
Concreto hidráulico	4.01.02.003	G.D.F.
Productos de fibrocemento	4.01.02.007	G.D.F.
Tubería de concreto simple	4.01.02.011	G.D.F.
Tubería de concreto reforzado	4.01.02.012	G.D.F.
Tubería y accesorios de acero	4.01.02.015	G.D.F.
Válvulas, piezas especiales y accesorios para tubería de acero	4.01.02.016	G.D.F.

E. REQUISITOS DE ELABORACIÓN.

E.01. Para iniciar el proyecto, el contratista debe contar con un anteproyecto con planos a una escala adecuada, con curvas de nivel a cada 5 m en donde estén localizados tanto el punto de inicio de la línea o fuente de abastecimiento como el punto final o de entrega.

En base a estos planos y tomando en cuenta el desnivel que exista entre los puntos de inicio y el punto de entrega de la línea, se decidirá si la conducción será por gravedad, a presión o una combinación de ambas.

E.02. Para definir el diámetro y el material de la tubería de la línea de conducción se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- a. El gasto del agua por conducir.- El diámetro se determina en forma tentativa empleando la siguiente expresión:

$$D = 33 \times Q^{1/2}$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería en milímetros.

Q = Gastos por conducir en litros por segundo.

- b. Estudios económicos.- En todos los casos se debe hacer un estudio económico en cuanto a:
1. El trayecto que debe y puede seguir la línea, pudiendo considerar para su efecto túneles, puentes o sifones.
  2. Condiciones de conducción.- Dependiendo de la presión, calidad del agua o condiciones ambientales, la tubería podrá ser de acero, concreto simple, reforzado o preesforzado, fibrocemento o de poli cloruro de vinilo (PVC)
  3. La forma de alojar la tubería.- De acuerdo a las condiciones propias de cada proyecto, la tubería puede quedar en forma superficial, ya sea libre o con alguna protección o subterránea.

E.03. Una vez definido el trayecto más conveniente de la línea de conducción, se debe efectuar un levantamiento topográfico de una franja con un ancho de 10 m a cada lado del eje de la línea si se trata de una sola o de un ancho igual al ancho ocupado por las líneas más 10 m a cada lado, medido a partir del paño exterior de las tuberías extremas, con curvas de nivel a una separación en que se pueda definir el perfil longitudinal del eje o ejes de la línea o líneas.

E.04. La localización de la fuente de abastecimiento, la calidad del agua y la topografía de la zona, son condiciones fundamentales para decidir si la conducción se hará por conducto cerrado o a cielo abierto.

- a. En ningún caso se debe proyectar una línea de conducción a cielo abierto si:

1. El agua cumple con las condiciones de potabilización

2. La línea, en el trayecto cruza por zonas o focos de probable contaminación.
3. La planta potabilizadora está en las inmediaciones de la fuente de abastecimiento.
4. Por la topografía, la plantilla del canal adquiere valores tales que la velocidad media del agua sobrepase los 3,00 m/s.

E.05. Velocidad de proyecto.- El análisis de los escurrimientos en las líneas de conducción debe hacerse aplicando los principios básicos de la Hidráulica de los conductos a presión.

- a. Velocidad mínima permitida.- En cualquier caso, la velocidad de escurrimiento será de 0,50 m/s para evitar que las partículas que arrastra el agua se sedimenten.
- b. Velocidad máxima.- Dependiendo del material de que estén hechos los tubos, el fabricante debe indicar la velocidad máxima permitida para evitar la erosión, pero no debe ser mayor de 5,0 m/s.

E.06. En las líneas de conducción cuya carga hidrostática sea mayor que 50 m, se debe realizar un estudio económico para elegir entre tubos de paredes más reforzadas o construir cajas rompedoras de presión, cuya localización dependerá de la presión de trabajo de la tubería seleccionada.

E.07. En toda línea de conducción se debe estudiar y determinar el diámetro más económico.

- a. Para tramos trabajando por gravedad, el diámetro más económico es aquel para el cual es mínima la suma de los costos del suministro, la instalación, la excavación y relleno, o protección superficial, así como la operación, conservación y el mantenimiento.
- b. Para líneas de conducción que trabajarán por bombeo, se deben analizar los costos de la energía de bombeo, operación, mantenimiento y conservación por año, de conjunto con los gastos de instalación e inversión, para un período igual al de la vida útil esperada del sistema, considerando en ello los intereses de inversión, capital, el estudio de factibilidad en base a un flujo de efectivo para un proyecto, dadas las condiciones de diámetro y la capacidad de bombeo instalado y comparar con respecto de otras opciones.
- c. La obtención del diámetro más económico, se puede efectuar por cualquier método establecido por la Hidráulica y aceptado por el representante del

Gobierno del Distrito Federal, o usando cualquiera de las expresiones siguientes:

1. Criterio de Bundschu

$$D = (0,052 Q^3)^{1/7}$$

para  $H_m < 100$  m

en donde:  $H_m = H + (15 \text{ a } 20 \text{ m})$

$$D = (0,052 Q^3 \times 100/H_m)^{1/7}$$

para:  $H_m = 1,10 H + 20 \text{ m}$

a la vez:

D = Diámetro económico, en metros

H = Carga total, en metros

Q = Gasto máximo de diseño, en metros cúbicos por segundo.

2. Criterios de Bresse

$$D = K(Q^{1/2})$$

para cuando el flujo es constante las 24 horas; en donde:

K = coeficiente de Bresse = 1,2

3. Criterio de Marquardt

$$D = B^{1/4}(K \times Q^{1/2})$$

aplicado para un flujo intermitente, en donde:

D = Diámetro económico, en metros

B = Número de horas diarias de servicio real, dividido entre 24.

K = 1,2

Q = Gasto máximo de diseño, en metros cúbicos por segundo.

4. Cualquier otro método o criterio establecido por la hidráulica y aceptado por el representante del Gobierno del Distrito Federal.

E.08. Pérdida de carga.- Existen varios factores por los cuales una línea de conducción pierde carga, siendo la más importante la pérdida de carga por fricción. Para cuantificar dichas pérdidas se pueden hacer uso de principios y fórmulas establecidas por la Hidráulica, las cuales pueden ser:

- a. Fórmula de Manning:

Para canales

$$h_f = \left( \frac{v \times n}{r^{2/3}} \right)^2 L$$

$$h_f = \left( \frac{3.2084Q \times n}{D^{8/3}} \right)^2 L$$

Donde:

$h_f$  = Pérdida de carga, en metros.

$V$  = Velocidad del agua, en metros por segundo.

$r$  = Radio hidráulico, en metros

$n$  = Coeficiente de fricción, según el material de que está hecho el ducto.

$Q$  = Diámetro de diseño, en metros cúbicos por segundo.

$D$  = Diámetro del tubo, en metros.

$L$  = Longitud del tramo, en metros.

- b. Fórmula de Hazen-Williams:

$$h_f = \left( \frac{3.5865Q}{C_H D^{2.63}} \right)^{1.8519} L$$

Donde:

$Q$  = Gasto de diseño, en metros cúbicos por segundo.

$C_H$  = Coeficiente de fricción, según el material de que está hecho el tubo.

D = Diámetro del tubo, en metros.

L = Longitud del tramo, en metros.

c. Fórmula de Colebrook:

$$h_f = \left( \frac{NV^2}{2gD} \right) L$$

Donde:

$h_f$  = Pérdida de carga, en metros.

V = Velocidad del agua, en metros por segundo.

$g = 9,81 \text{ m/seg}^2$

D = Diámetro de la tubería, en metros.

N = Coeficiente obtenido por la fórmula:

$$\frac{1}{N} = -2 \log \left[ \left( \frac{k}{3.7D} \right) + \left( \frac{2.51\mu}{DV_x N^{1/2}} \right) \right]$$

Donde:

k = Altura de la rugosidad de la pared, en metros.

$\mu$  = Viscosidad cinética del agua en, metros cuadrados por segundo.

d. Cualquier otra fórmula presentada por el contratista y aceptado por el representante del Gobierno del Distrito Federal.

E.09. Otro fenómeno que se debe tomar en cuenta en el proyecto de una línea de conducción, es la sobrepresión por golpe de ariete.

El fenómeno de golpe de ariete que se presenta al abrir o cerrar súbitamente una válvula, es semejante al que se tiene por el paro o arranque de las bombas.

Existen métodos analíticos y gráficos para el cálculo de la sobrepresión por golpe de ariete, no obstante, un análisis minucioso de este fenómeno es generalmente complejo y laborioso, sobre todo cuando se trata de varias bombas conectas a una tubería.

En la mayoría de los casos, dada la complejidad del problema, no se justifica efectuar el análisis; un método aproximado será suficiente si los valores que se obtienen quedan dentro de la seguridad.

Así, para el cálculo de sobrepresión por golpe de ariete se ha adoptado la fórmula de Lorenzo Allievi que se describe a continuación. Con esta fórmula se obtiene el valor que puede adquirir esta sobrepresión ya que fue deducida considerando las condiciones más críticas para el cierre de una válvula, esto es, aceptando que la máxima sobrepresión se verifica el instante de la primera fase del fenómeno. Dicha sobrepresión está definida por la expresión:

$$h_i = \frac{145V}{\sqrt{1 + \frac{E_a D}{E_t e}}}$$

Donde:

$h_i$  = Sobrepresión de inercia por golpe de ariete, en metros.

$V$  = Velocidad del agua en la tubería, en metros por segundo.

$E_a$  = Módulo de elasticidad del agua, en Mega pascales y en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado 2 027 MPa (20 700 kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>).

$D$  = Diámetro interior del tubo, en centímetros.

$E_t$  = Módulo de elasticidad del material del tubo, en Mega pascales y en kilogramos fuerza por centímetro cuadrado.

$e$  = Espesor del tubo en centímetros

Módulos de elasticidad para algunos materiales:

M A T E R I A L E S	$E_t$
Acero	205 680 MPa (2 100 000 kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> )
Fierro fundido	91 087 MPa (930 000 kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> )
Concreto simple	12 243 MPa (125 000 kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> )
Fibrocemento	20 568 MPa (210 000 kg <sub>f</sub> /cm <sup>2</sup> )

E.10. Como guía para determinar el diámetro más económico de una línea de conducción; tomando en cuenta la carga de posición, la pérdida de carga por fricción, la sobrepresión por golpe de ariete, los costos del suministro e



instalación de la línea, de la operación del sistema de bombeo y la amortización del mismo equipo, se anexa la Tabla 1, no obstante que el proyectista puede utilizar otro método previamente autorizado por el representante del Gobierno del Distrito Federal.

E.11. Para la protección, mantenimiento y buen funcionamiento de la línea de conducción, se deben proyectar y tomar en cuenta varios accesorios como son:

a. Válvulas

1. Válvulas de seccionamiento.- Estas válvulas se emplean para aislar en un momento dado, algún elemento o sección de la instalación para efectuar una reparación, inspección o mantenimiento; estas válvulas pueden ser del tipo compuerta, mariposa, guillotina o cualquier otro, y deben ser seleccionadas de acuerdo a la presión y al ducto; deben ser proyectadas para instalarse al inicio de la línea, inmediatamente después de la válvula de no retorno, debiéndose instalar una por cada bomba.

En las líneas de conducción por gravedad, al inicio de un sifón invertido se debe proyectar una válvula de seccionamiento.

2. Válvulas de no retorno (check).- Son válvulas que se proyectan para ser colocadas en puntos en donde se requiera evitar que el agua retroceda, cuando se presente un flujo inverso; deben instalarse inmediatamente a la salida de cada bomba.
3. Válvulas de admisión y expulsión de aire.- Este tipo de válvulas se proyectan para ser instaladas en las partes altas de la línea de conducción sea horizontal o con pendiente uniforme, con una separación máxima de un kilómetro.
4. Válvulas aliviadoras de presión.- Son válvulas que se instalan para proteger tanto al sistema de bombeo como a la tubería, cuando se presente una sobrepresión.

El contratista debe justificar y proyectar de ser necesario dicha válvula, en función de la sobrepresión por golpe de ariete y el tipo de tubo que se vaya a instalar en la línea. Para tuberías de diámetro grande, debe efectuarse un estudio económico y decidir si en vez de instalar una válvula, se proyecta e instala una cámara de oscilación o una caja rompedora de presión, según el caso.

Tanto la válvula como la cámara de oscilación deben proyectarse para ser instaladas en la planta de bombeo, inmediatamente después de la válvula de seccionamiento.

5. Válvulas de drenaje o de purga.- Estas válvulas se instalan en las partes bajas y simas de la línea de conducción; estas válvulas generalmente son del tipo compuerta, pero pueden ser de cualquier otro tipo que proponga el proyectista y apruebe el representante del Gobierno del Distrito Federal. El diámetro de estas válvulas se debe determinar de acuerdo al diámetro de la línea, al tiempo considerado para drenar el tramo correspondiente y a la frecuencia del drenado, que estará en función de la calidad del agua que se va a conducir.

La descarga de estas válvulas no se debe proyectar a alcantarillas o cursos de agua contaminada, sino a canales naturales o a estanques contruidos ex profeso.

6. Todas las válvulas que queden aisladas afuera del área de la planta de bombeo, se deben proteger con una caja u otro dispositivo diseñado de tal manera que sea fácil el acceso para su operación, inspección y mantenimiento.
- b. Juntas.- el tipo o clase de juntas dependerá de la función o trabajo que realicen y pueden ser:
1. Junta de expansión.- Se instala para absorber los cambios de longitud por temperatura, sobre todo en los tubos de acero y su localización depende del diámetro del tubo y la variación de la temperatura, en la zona correspondiente.
  2. Junta de conexión.- Sirve para unir dos tramos de tubo y pueden ser soldadas, bridadas, macho-campana, etc.
  3. Juntas articuladas.- Sirven para absorber movimientos diferenciales y pueden ser del tipo Gibault o similares y se usan para unir tramos de tubos con piezas especiales o dos tramos de tubos en donde se estime que habrá movimiento.
  4. Juntas de aislamiento.- Se instalan para controlar las corrientes galvánicas o parásitas que se generan a lo largo de la línea por efectos de electrólisis o por la circulación del agua (fricción); se instalan generalmente en tuberías de acero.
- c. Piezas especiales.- Son elementos que se utilizan en cruces de tuberías y en deflexiones tanto horizontales como verticales de una línea de conducción; éstas pueden ser de fierro fundido, concreto pretensado, P.V.C., fibrocemento, etc.

En todo cambio de dirección de una línea de conducción, se debe diseñar un anclaje o atraque.

- d. Atragues.- Volúmenes de concreto hidráulico que se colocan para evitar movimientos de la tubería por efecto de la fuerza que se genera en un cambio de dirección del agua.

La fuerza generada en los atraques puede calcularse con la fórmula:

$$F = 2a \left[ P + \left( \frac{WV^2}{g} \right) \right] \text{sen} 0.5\angle$$

Donde:

F = Fuerza total presentada en la deflexión, en kilogramos fuerza.

a = Área de la sección transversal del tubo, en metros cuadrados.

p = Presión total de la tubería, en Mega pascales o en kilogramos fuerza por metro cuadrado.

W = Peso específico del agua, en kilogramos por metro cúbico.

V = Velocidad del agua, en metros por segundo.

$\angle$  = Ángulo de deflexión del eje de la línea.

g = Aceleración de la gravedad, en metros por segundo cuadrado.

Si la fuerza no es significativa y el plano de la línea de conducción es sensiblemente horizontal, pueden utilizarse los atraques tipo que se muestran en la Tabla 9 del capítulo 2.03.04.004 “Sistemas de distribución” de este Libro 2.

- E.12. Presentación de planos de proyecto.- El proyecto de una línea de conducción se debe presentar en planta y perfil, con escala máxima de 1: 5 000 en horizontal y de 1: 100 en escala vertical, anotando el kilometraje y la línea piezométrica dinámica, así como las cotas de la plantilla, el terreno natural y la carga piezométrica, especialmente en cruceros, derivaciones, tanques, etc.

- a. Se incluirá en el plano una tabla conteniendo los siguientes datos:

1. Gastos de conducción.

2. Tipos de tubos con diámetros y longitudes.

3. Volúmenes aproximados de:

3.1. Excavación (m<sup>3</sup>).

3.2. Plantilla (m<sup>3</sup>).

3.3. Relleno (m<sup>3</sup>).

4. Cantidad y tipo de piezas especiales.

5. Número y tipo de válvulas.

6. Número y tipo de cajas de válvulas.

E.13. Para dibujar la línea, las válvulas y las piezas especiales, se puede utilizar la simbología especificada en las tablas 4, 5, 6, 7, 8 y 10 del capítulo 2.03.04.004 “Sistemas de distribución”, de este Libro 2.

F ALCANCES O TÉRMINOS DE REFERENCIA, UNIDADES DE MEDIDA, CRITERIOS PARA CUANTIFICAR Y BASE DE PAGO.

F.01. Proyecto ejecutivo de líneas de conducción. El importe para la elaboración del proyecto incluye: Los datos obtenidos en campo por especialistas en cada rama de la ingeniería (topografía mecánica de suelos, geotecnia, entre otros), los diferentes tipos de materiales y sus especificaciones de calidad y uso que se considerarán en el diseño; los materiales necesarios para el dibujo y copiado de planos, maduros, coordinación con especialistas, revisiones, memorias descriptiva y de cálculo, especificaciones generales y particulares, catálogo de conceptos con unidades de medida y cantidades de obra, manuales de operación, conservación y mantenimiento, los servicios profesionales, de ingenieros, arquitectos, dibujantes, personal técnico, operarios de equipos de cómputo, programadores en técnicas informáticas y auxiliares que intervengan; equipo de cómputo, copiadoras, calculadoras, impresoras y demás equipos y herramientas necesarias para la correcta elaboración del proyecto; los costos indirectos, el financiamiento, la utilidad y los cargos adicionales. El proyectista debe entregar al Gobierno del Distrito Federal el proyecto en forma impresa y en medios magnéticos.

La unidad de medida puede ser el metro o el kilómetro con aproximación de dos decimales, el plano o el proyecto.

Para efecto de pago, se debe medir en planos la longitud de la línea de conducción diseñada, considerada en el proyecto, o contar el número de planos terminados y aceptados por la supervisión; y para el caso de que la unidad de medida sea el proyecto, se deben establecer las condiciones en el contrato y pagarse sólo etapas terminadas y aceptadas. El pago final debe hacerse una vez terminado y aceptado el proyecto completo por parte del Gobierno del Distrito Federal.

( ) Proyecto ejecutivo de líneas de conducción.

( ) Proyecto de líneas de conducción

\$/m

- |   |             |
|---|-------------|
| (    ) Proyecto de líneas de conducción | \$/km       |
| (    ) Proyecto de líneas de conducción | \$/plano    |
| (    ) Proyecto de líneas de conducción | \$/proyecto |

**Tabla 1. Cálculo del diámetro más económico en las líneas de conducción.**

Obra: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Notas: El diámetro mas económico está dado por el menor costo determinado en la columna ⑦
 Contrato No. \_\_\_\_\_

Diámetro Nominal		Área m² (A)	Gasto m3/seg. (Q)	Velocidad m/seg. (V)	Longitud m (L)	(Q2)	Coef. fricción Manning (n)	Constante de Manning (K)	Pérdida fricción hf=KLQ² m	Otras pérdidas h m	hft = hf + h	Qhfr (Q en l. p. s.)	76 n n en %	H. P. = $\frac{Qhfr}{76n}$ ①
m	Pulg.													
Golpe de ariete														
Presión de trabajo de la tubería kg/cm2		Diámetro nominal (d) cm.	Espesor pared del tubo (e) cm.	(V) m/seg.	145 V	Eo x d	ET x e	$\frac{Ea \times d}{ET \times e}$	$I + \frac{Ea \times d}{ET \times e}$	$\sqrt{I + \frac{Ea \times d}{ET \times d}}$	Sobre presión m. h= $\frac{145 V}{\sqrt{I + Ead/Ete}}$	Sobre presión Absorbida por la válvula R. P. (80 %h)	Sobre presión Absorbida por la tubería (80 %h)	Presión total= (20% h) + carga nominal de operación
V= velocidad inicial del agua (m/seg)		Ea = Módulo de elasticidad del agua (20670 kg/cm2)				Et = módulo de elasticidad de las paredes del tubo kg/cm2 (acero = 2100 000. A. C. = 328000. P.V.C.=293000)								
C o n c e p t o		Diámetro mm clase			Diámetro mm clase			Diámetro mm clase						
		Cantidad	unidad	P. U.	importe	cantidad	Unidad	P. U.	importe	cantidad	unidad	P. U.	importe	
Excavac. Mat. clase I			m3				m3				m3			
Excavac. Mat. clase II			m3				m3				m3			
Excavac. Mat. Clase III			m3				m3				m3			
Plantilla apisonada			m3				m3				m3			
Inst. Junteo y prueba tubería			M				m				m			
Relleno compactado			m3				m3				m3			
Relleno a volteo			m3				m3				m3			
Atraques de concreto f'c=100kg/cm2			m3				m3				m3			
Costo tubería			m3				m3				m3			
Otros			m				m				m			
Costo total de conducción ⑤														
R e s u m e n														
Presión de trabajo Tubería kg/cm2	Diámetro nominal		H. P. ①	k W – h ②	Costo por hora de bombeo \$ ③	Carga anual de Bombeo \$ ④	Costo total de conducción ⑤	Carga anual de amortización (conducción) (años al % anual) ⑥	Costo anual de bombeo para operación de 365 días ⑦					
	mm.	Pulg.												
Costo por k W – h = S (C)			② = ① x 0.457		③ = ② x S (c)		④ = ③ x (h. b. a.)		⑥ = ⑤ x factor de amortización anual		⑦ = ④ + ⑥		h. b. a. = horas bomba al año	

LIBRO	2	SERVICIOS TÉCNICOS
PARTE	03	PROYECTOS EJECUTIVOS
SECCION	04	AGUA A PRESION Y ALCANTARILLADO
CAPITULO	004	SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

## A. DEFINICIONES, CLASIFICACIÓN Y OBJETO

A.01. Serie de estudios y cálculos para llevar a cabo el diseño del proyecto ejecutivo mediante la elaboración de planos, que servirán de base para la ejecución de la obra del sistema de distribución.

A.02. Los proyectos para este sistema pueden clasificarse de acuerdo con lo siguiente:

a. Según el diámetro de la tubería en:

1. Redes primarias o maestras.
2. Redes secundarias o de relleno.

b. Según el agua que distribuyen:

1. Para agua potable.
2. Para aguas tratadas.

c. Según la forma de trabajar:

1. Sistemas o circuitos cerrados.
2. Sistemas abiertos.

A.03. Las obras complementarias del sistema que deben proyectarse son:

a. Cruceros, incluyendo válvulas de seccionamiento.

b. Cajas para operación de válvulas.

1. Comunes.- Para operar únicamente las válvulas de seccionamiento.
2. De inundación.- Sirven como cárcamo para cargar al camión cisterna para combatir los incendios. Esta caja se debe proyectar para cumplir esta

función y pueda usarse así mismo para operar válvulas de seccionamiento.

- c. Tomas domiciliarias.- Tuberías con accesorios especiales para insertarse en las tuberías de distribución, con la longitud necesaria para entregar el agua al interior del predio del usuario; dicha tubería en el extremo superior debe tener una válvula y un medidor para cuantificar el consumo.
- d. Bocas de riego.- Tuberías similares a las anteriores, pero sin sistema de medición que generalmente se conectan a redes de agua tratada.

A.04. El objeto del presente capítulo es el de establecer las directrices para diseñar el sistema de distribución de agua que se repartirá en una población que la requiera, ya sea para el uso doméstico, industrial, contra incendios o para el riego de áreas ajardinadas y/o forestadas.

## B. REFERENCIAS DEL CONCEPTO EN OTROS DOCUMENTOS.

B.01. El presente capítulo tiene relación con la normatividad siguiente:

CONCEPTO	CAPÍTULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias		G.D.F.
Generalidades de proyecto de agua a presión y alcantarillado	2.03.04.001	G.D.F.
Obras de captación	2.03.04.002	G.D.F.
Líneas de conducción	2.03.04.003	G.D.F.
Sistemas de almacenamiento	2.03.04.005	G.D.F.
Productos de fibrocemento	4.01.02.007	G.D.F.
Tubos de cobre, conexiones y válvulas	4.01.02.014	G.D.F.
Tubos y accesorios de acero, válvulas, piezas especiales y accesorios para tubería de acero	4.01.02.016	G.D.F.
Tubos de conexiones de materiales derivados de resinas sintéticas minerales termo-plásticas	4.01.02.024	G.D.F.



## E. REQUISITOS DE ELABORACIÓN.

E.01. La red de distribución debe ser diseñada con capacidad para el gasto máximo horario así como la línea de alimentación que sale del tanque de regularización o línea de conducción a la red.

E.02. Los coeficientes de variación diaria y variación horaria alcanzan valores de 1,2 y 1,5 respectivamente, según los “Lineamientos Técnicos para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado en la República Mexicana” de la Comisión Nacional del Agua, citado en la cláusula B de Referencias.

Así el gasto máximo horario del día de máximo consumo, puede calcularse con la siguiente expresión:

$$Q_{mh} = C_{vh} \cdot Q_{md}$$

Donde:

$Q_{mh}$  = Gasto máximo horario, en litros por segundo (l/s)

$C_{vh}$  = Coeficiente de variación horaria = 1,5

$Q_{md}$  = Gasto máximo diario (l/s), que se debe evaluar considerando la dotación diaria y la población de proyecto.

El gasto medio diario se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_m = \frac{D \times H}{86400} C_{vd}$$

Donde :

$Q_m$  = Gasto medio diario

$C_{vd}$  = Coeficiente de variación diaria = 1,2

$D$  = Dotación (litros/habitante por día)

$H$  = Número de habitantes

86 400 = Segundos que tiene un día

E.03. Si a la distribución se le considera una capacidad adicional para agua contra incendio, el gasto mínimo requerido debe calcularse de acuerdo a lo señalado en la Tabla 1:

TABLA 1 Gastos mínimos y números de tomas contra incendio.

Población o número de habitantes	Gasto l/s	Número y localización de las tomas
25 000	7	Una, localizada en la zona comercial
50 000	16	Dos, una localizada en la zona comercial y otra en el sitio más alejado del punto de alimentación de la red.
75 000	32	Tres, una en el sitio de alimentación de la red y las otras dos localizadas en las zonas más concurridas y con mayor probabilidad de incendio.
100 000	52	Cuatro, dos localizadas en los sitios más alejados del punto de alimentación del sistema y las otras dos en las zonas más concurridas y con mayor probabilidad de incendio.
150 000	90	Cinco, localizadas estratégicamente en las zonas más concurridas y con mayor probabilidad de incendio.

E.04. Para el diseño de la toma contra incendio se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a. Diseño de cajas para operación de válvulas, que se deben proyectar expreso, o bien adaptar alguna caja tipo para este fin.
- b. Las tomas se deben controlar mediante válvulas de compuerta de 100 mm de diámetro (4") como mínimo. Este diámetro debe ser asimismo el mínimo para las tuberías.
- c. La localización de las tomas debe ser fijada por el representante del Gobierno del Distrito Federal, con la aprobación del representante del H. Cuerpo de Bomberos y debe señalarse su ubicación en el plano de la red de distribución, así como el diseño, en el plano de cruceros.

E.05. Las presiones no deben ser excesivas, para evitar altos costos de la obra así como daño en la tubería o incrementar las fugas; además:

- a. La presión disponible debe calcularse en relación al nivel de piso terminado en la calle, en cada cruce de las tuberías principales o de circuito, admitiéndose como mínimo 15 m y como máximo 50 m de columna de agua.

Para localidades menores a 5 000 habitantes, se admite un mínimo de 10 m de columna de agua.

- b. A continuación, en la Tabla 2 se muestra una relación donde se anotan las presiones recomendables para diferentes zonas o colonias de la Ciudad de México

TABLA 2 Presiones recomendables para diferentes zonas o colonias

Localidad	Presión recomendada MPa (kg/cm <sup>2</sup> )
Residencial de 1ª.	0,196 a 0,244 (2,0 a 2,5)
Residencial de 2ª.	0,147 a 0,196 (1,5 a 2,0)
Comercial	0,244 a 0,392 (2,5 a 4,0)
Industrial	0,294 a 0,392 (3,0 a 4,0)

- c. En localidades de topografía accidentada con diferencias de nivel mayores que 50 m, las redes de distribución deben proyectarse por zonas, de tal manera que la carga estática máxima no sobrepase los 50 m de columna de agua.

E.06. Todo sistema principal de distribución debe proyectarse como un circuito cerrado, salvo que la urbanización y forma de la localidad la topografía o cualquier otro elemento u obstáculo no lo permita, o el representante del Gobierno del Distrito Federal lo indique, podrá proyectarse como circuito abierto.

E.07. En caso que el representante del Gobierno del Distrito Federal no indique el tipo de tubos que se van a emplear en el sistema, el proyectista lo debe hacer mediante un estudio de beneficio-costos que propondrá a la aprobación del representante del Gobierno del Distrito Federal. El diámetro mínimo de los tubos, tanto principales como secundarios será de 100 mm (4"), en casos especiales indicados por el representante del Gobierno del Distrito Federal, el diámetro puede ser menor, pero no inferior a 50 mm (2").

E.08. El diseño de las redes de distribución se debe hacer de acuerdo a los lineamientos siguientes:

- a. Una vez determinado el gasto total del diseño, se calcula el gasto unitario, en función del área servida o de la longitud total de la red, con la expresión:

$$q = \frac{Q_d}{A} \quad \text{ó} \quad q = \frac{Q_d}{L}$$

Donde:

$q$  = Gasto unitario (l/s por unidad de área o longitud)

$Q_d$  = Gasto máximo de diseño de la red (l/s)

$A$  = Área servida ( $m^2$ )

$L$  = Longitud total de la red (m)

Para sistemas con circuitos cerrados, se propone un punto de equilibrio en cada uno de los circuitos que tengan a partir de estos puntos y en función del gasto unitario debe calcularse el gasto acumulado en cada tramo del(los) circuito(s).

En sistemas abiertos, el gasto acumulado en líneas principales debe determinarse a partir del punto más alejado con respecto al de la alimentación.

- b. Una vez determinado el gasto en cada tramo de la línea se procede a calcular el diámetro preliminar para lo cual puede emplearse la siguiente expresión:

$$d = 33 \times Q^{1/2}$$

Donde:

$d$  = Diámetro del tubo, en milímetros.

$Q$  = Gasto acumulado del tramo, en litros por segundo.

- c. El diámetro definitivo de cada tramo se obtiene de acuerdo a los diámetros comerciales que existen en el mercado, según la tubería de que se trate, procurando que la velocidad media del flujo no sea menor que 1,2 m/s ni mayor que 1,8 m/s.
- d. Pérdidas de carga.- Salvo que el representante del Gobierno del Distrito Federal indique tomar en cuenta otro tipo de pérdidas, las únicas que se deben evaluar son las pérdidas por fricción, las cuales se pueden calcular con cualesquiera de las fórmulas que para tal caso tiene la hidráulica, pero la más usual para este caso es la de Hazen-Williams, cuya expresión matemática es la siguiente:

$$h_f = K \left( \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}} \right)$$

$$K = TC_H$$

Donde:

$h_f$  = Pérdida de carga en metros.

$T$  = Coeficiente de transformación de unidades.

$C_H$  = Coeficiente de fricción según el tipo de material de la tubería.

$Q$  = Gasto acumulado (l/s).

$D$  = Diámetro de la tubería (cm).

$K$  = Coeficiente del tubo en función de su material o de unidades de  $Q$  (gasto) y  $D$  (diámetro).

- e. Una vez definido el punto o puntos de equilibrio y determinados los gastos acumulados en cada tramo del circuito principal, debe equilibrarse la red por el método de Hardy Cross, para lo cual se puede usar la Tabla 3.
- f. Las tuberías de relleno o emparrillado pueden proyectarse de dos formas: Interconectadas en cada uno de sus cruces en un plano o las llamadas redes secundarias en dos planos, que están conectadas a la red primaria únicamente por sus extremos. Si el representante del Gobierno del Distrito Federal no especifica qué tipo de sistema se debe usar, el proyectista debe efectuar un estudio costo-beneficio y adoptar la alternativa más económica, solicitando al representante del Gobierno del Distrito Federal su aprobación.

Según el tipo de tubo, puede ser con extremos bridados, roscados, campana-espiga u otro aceptado por el representante del Gobierno del Distrito Federal.

- g. Las válvulas de seccionamiento se deben localizar en el sistema, de tal manera que no se eleve el costo de la obra y que al presentarse una falla, se pueda aislar de inmediato, suprimiendo el servicio a una parte mínima de la localidad. Se debe estudiar con todo cuidado la situación de las válvulas de manera que para aislar el sector, el número de ellas por cerrar no sea mayor de seis; además, se debe utilizar el menor número posible de piezas especiales.

Para proteger y facilitar su operación, las válvulas deben alojarse en estructuras especiales (cajas) que el Sistema de Aguas de la Ciudad de México, ha diseñado para tal fin y cuyas dimensiones y características dependen del número y diámetro de las válvulas en el cruce. Ver Tabla 4.

### T A B L A 3 Equilibrio de la red por el método de Hardy Cross

Hoja: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
 Obra : \_\_\_\_\_  
 Calculó: \_\_\_\_\_  
 Fecha : \_\_\_\_\_




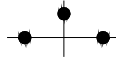
[illegible]

- h. Para disminuir la presión de una línea puede recurrirse a las válvulas fabricadas ex profeso o tanques amortiguadores de presión, dependiendo del diámetro de la tubería y la energía por disipar.
- i. Las tomas contra incendio deben ser cajas de inundación, equipadas con una válvula de compuerta de 100 mm (4") de diámetro, un plato quiebra chorro y un dren que descargue a la red de drenaje que se selle por medio de una bola obturadora.
- j. La unión de los tubos se debe diseñar por medio de cruceros, formados por codos, té, cruces, reducciones, juntas gibault o universales, G.P.B., extremidades, terminales y otras. Dichas piezas pueden ser de acero al carbón, fibrocemento poli (cloruro de vinilo) PVC o polietileno de alta densidad, dependiendo del diámetro y material de la tubería del sistema. En las tablas 5, 6, 7 y 8 se muestran los símbolos convencionales para cada una de las piezas especiales de acuerdo al material con que se fabrican.
- k. En todos los cambios de dirección, cruceros, en las terminales y en algunas válvulas donde se espera empuje se deben diseñar apoyos o atraques de concreto para contrarrestar dichos empujes; en la Tabla 9 se muestran las características de los atraques para los diámetros y cruceros de tubería más comunes.

#### E.09. Tomas domiciliarias y sistemas de medición.

- a. En toda localidad urbana se debe considerar una toma domiciliaria por cada predio con una tubería de 13 mm de diámetro (1/2"), salvo que el representante del Gobierno del Distrito Federal indique otro para casos particulares. Ver Figura 1.

**TABLA 4 Tipos de caja para operación de válvulas**

Diámetro de la válvula mayor		Número y posición de las válvulas			
Mm	Pulg.				
50	2	1	5	9	12
60	2 1/2				
75	3	2			
100	4				
150	6				
200	8	3	6	10	13
250	10		7		
300	12				
350	14				
400	16	4	8	E s p e c i a l	
450	18				
500	20				

Notas:

Para las localidades rurales y urbanas pequeñas y para casos de una sola válvula se pueden usar las cajas mostradas.

Los números 1, 2, 3, 4, etc., corresponden al tipo de cajas



TABLA 5 Signos convencionales para piezas especiales de fierro fundido





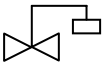





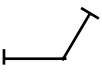
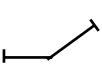






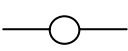
Válvula reductora de presión_____	
Válvula de altitud_____	
Válvula aliviadora de presión_____	
Válvula para expulsión de aire_____	
Válvula de flotador_____	
Válvula de retención (check) de fo. fo. con brida_____	
Válvula de seccionamiento de fo. fo. con brida_____	
Cruz de fo. fo. Con brida_____	
Te de fo. fo. Con brida_____	
Codo de 90 ° de fo. fo. con brida _____	
Codo de 45° de fo. fo. con brida_____	
Codo de 22° 30´ de fo. fo. con brida_____	
Reducción de fo. fo. con brida_____	
Carrete de fo. fo. con brida (corto y largo)_____	
Extremidad de fo. fo._____	
Tapa de fo. fo. _____	
Tapa con cuerda_____	
Tapa ciega de fo. fo. _____	
Junta gibault_____	

TABLA 6 Signos convencionales para piezas especiales G.B.P.




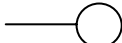
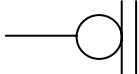

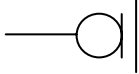
















Válvula. (con dos juntas universales G.B.P. _____)	
Válvula (con una brida y una junta universal) _____	
Válvula reducción. (con una brida y una junta universal) _____	
Junta universal G.B.P. _____	
Terminal G.B.P. _____	
Reducción G.B.P. – B.B. (con bridas planas) _____	
Reducción G.B.P. – B.B. (con una brida y una junta universal) _____	

TABLA 7 Signos convencionales para piezas especiales de asbesto cemento

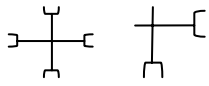
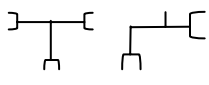
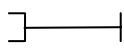
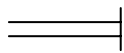
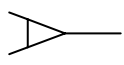
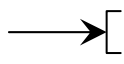
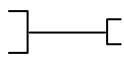


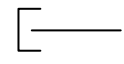
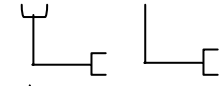
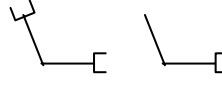
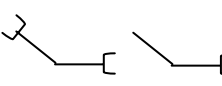
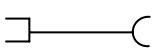
Cruz_____	
Te_____	
Cople "T" con salida roscada_____	
Codo de 90°_____	
Codo de 45°_____	
Codo de 22°30'_____	
Codo de 90° para P.V.C. o A.C. _____	
Codo de 45° para P.V.C. o A.C. _____	
Codo de 22°30' para P.V.C. o A.C. _____	
Reducción _____	
Niple_____	
Extremidad _____	
Transición entre clases inmediatas _____	
Cople de expansión o adaptador para P.V.C., acero galvanizado y fierro fundido_____	
Adaptador a tuberías de plástico _____	
Tapón _____	

Notas:

Todas las piezas de asbesto cemento se fabrican para diámetros de 50, 60, 75, 100 y 150 mm de diámetro en clases A-5 y A-7.


La cruz de asbesto cemento tiene sus dos ramas de diámetros distintos, no iguales

TABLA 8 Signos convencionales para piezas especiales de P.V.C.

Cruz_____	
Te_____	
Extremidad campana _____	
Extremidad espiga _____	
Reducción campana_____	
Reducción espiga_____	
Cople doble_____	
Adaptador de campana_____	
Adaptador de espiga _____	
Tapón espiga_____	
Codo de 90°_____	
Codo de 45°_____	
Codo de 22°30'_____	
Adaptador A.C.- P.V.C._____	

Notas:

Las piezas de P.V.C. Se fabrican en diámetros nominales interiores de 32 a 313 cm para clases 10 y 20 (presión de trabajo en kg/cm<sup>2</sup>) según N.O.M. – E – 22/2 de la D.G.N. y las conexiones a las piezas pueden ser de tres tipos: compuesta cementada, monolíticas inyectadas y provenientes de un tubo.

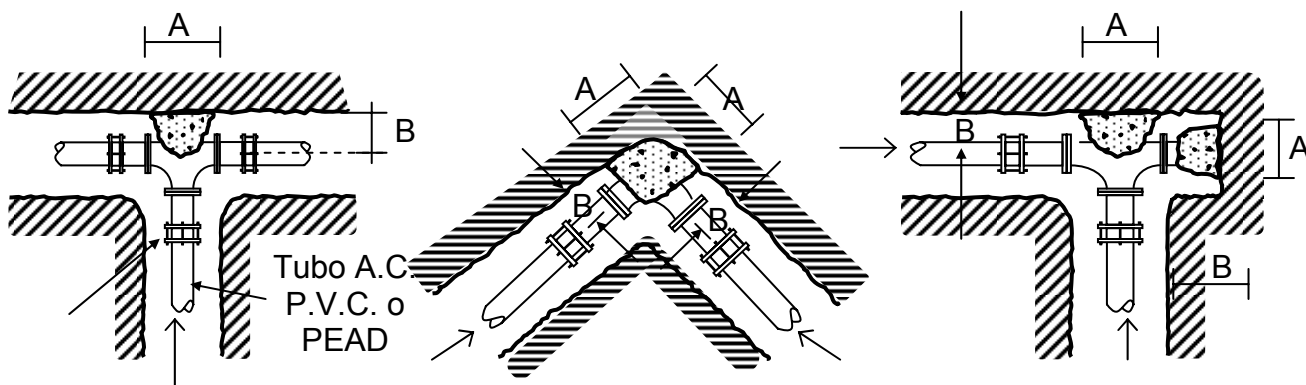
El signo  indicado en las piezas de P.V.C. representa la campana o acoplamiento con anillo de hule.

El signo  significa rosca.

TABLA 9 Características de los atraques para cruceros y tuberías más comunes.

DIÁMETRO NOMINAL DE LA PIEZA ESPECIAL		ALTURA	LADO "A"	LADO "B"	VOLUMEN POR ATRAQUE
MILIMETROS	PULGADAS	EN cm	EN cm	EN cm	EN m2
76	3"	30	30	30	0,027
102	4"	35	30	30	0,032
152	6"	40	30	30	0,036
203	8"	45	35	35	0,055
254	10"	50	40	35	0,070
305	12"	55	45	35	0,087
356	14"	60	50	35	0,105
406	16"	65	55	40	0,143
457	18"	70	60	40	0,168
508	20"	75	65	45	0,219
610	24"	85	75	50	0,319
762	30"	100	90	55	0,495
914	36"	115	105	60	0,725
1067	42"	130	120	65	1,014
1219	48"	145	130	70	1,320

Dirección de los empujes y forma de colar los atraques



- Las piezas especiales deben estar alineadas y niveladas antes de colocar los atraques, los cuales deben quedar apoyados al fondo y pared de la zanja
  - 
  - El atraque debe colocarse en todos los casos antes de hacer la prueba hidrostática de las tuberías
  - 
  - Estos atraques se deben usar exclusivamente para tuberías alojadas en zanja
- b. En toda toma domiciliaria se debe considerar un medidor, cuya capacidad debe ser fijada por el representante del Gobierno del Distrito Federal. Para servicio doméstico, el medidor debe tener una capacidad de 3 m<sup>3</sup>/hora, con tipo de velocidad de chorro múltiple, y mecanismo de reloj que indique la lectura, trabajando en seco. La presión de trabajo del medidor no debe ser menor de 1,028 MPa (10,5 kg/cm<sup>2</sup>); la transmisión puede ser mecánica o magnética.

E.10. Cuando se instalen sistemas de distribución de agua potable y agua tratada en una zona o región, deben quedar totalmente independientes; el proyectista debe tener especial cuidado de evitar cualquier interconexión entre ambos sistemas.

E.11. Los planos para proyecto se deben dibujar como se indica en el capítulo 2.03.01.001 “Presentación del proyecto”, salvo que el representante del Gobierno del Distrito Federal emita otras indicaciones o las condiciones particulares del proyecto así lo requieran.

Con base en los planos topográficos actualizados de la zona, deben dibujarse los planos del sistema tanto la principal como la secundaria, a escalas entre 1: 2 000 y 1: 5 000, con nombres de calles, elevaciones de todos los cruceros, distancias entre cruceo y cruceo de calles, localización de áreas ajardinadas y/o forestadas, escuelas, zonas comerciales, industriales y lugares notables, numerando todos los cruceros o cambios de dirección con deflexiones mayores de 11°15'; las tuberías se deben dibujar de acuerdo a la simbología que aparece en la Tabla 10.

- a. En el mismo plano o en un plano anexo deben dibujarse todos los cruceros, indicando el tipo y número de piezas que forman cada cruceo, así como el material de fabricación de éstas.
- b. Los planos deben ser complementados con cuadros sinópticos que contengan los datos generales del proyecto; número de personas por servir, área de la zona, gastos calculados, cantidades aproximadas de obra y de materiales, y todo lo que sea necesario para elaborar el presupuesto de la obra.

TABLA 10. Signos convencionales para tubería.

DIÁMETRO	PROYECTO	EXISTENTE	POR EXTRAER	CALIDAD DE LINEAS EN AUTOCAD
13 mm (1/2")				0,09
19 mm (3/4")				0,09
25 mm (1")				0,15
32 mm (1 1/4")				0,09
38 mm (1 1/2")				0,09
51 mm (2")				0,15
76 mm (3")				0,15
102 mm (4")				0,20
152 mm (6")				0,20
203 mm (8")				0,20
254 mm (10")				0,20
305 mm (12")				0,25
406 mm (16")				0,70
508 mm (20")				0,70
610 mm (24")				0,70
762 mm (30")				0,70
813 mm (32")				0,70
914 mm (36")				0,70
1067 mm (42")				0,70
1219 mm (48")				1,40
1372 mm (54")				1,40
1524 mm (60")				1,40
1829 mm (72")				1,40
2438 mm (96")				1,40

- c. Los planos deben ser presentados en el tamaño necesario y con las dimensiones que se marcan en el capítulo 2.03.01.001 "Presentación del proyecto" de estas Normas y deben dibujarse en papel albanene, herculene o cualquier otro tipo que se haya convenido en el contrato, independientemente de que la entrega parcial o final sea utilizando programas de computación archivados en medios magnéticos. Además de los planos originales, el trabajo se debe complementar con los juegos de planos, en papel maduro y en heliográficas o en el papel apropiado que señale el representante del Gobierno del Distrito Federal.

E.12. Todos los proyectos se complementarán con una memoria descriptiva y una de cálculo, en donde se anotarán las fuentes de donde se obtuvieron los datos básicos para el desarrollo del proyecto, así como el método o métodos que se siguieron para diseñar el sistema. El proyectista debe entregar al representante del Gobierno del Distrito Federal el proyecto ejecutivo en forma impresa y en medios magnéticos.

F. ALCANCES O TÉRMINOS DE REFERENCIA, UNIDADES DE MEDIDA, CRITERIOS PARA CUANTIFICAR Y BASE DE PAGO

F.01 Proyecto ejecutivo de sistemas de distribución. El importe para la elaboración del proyecto incluye: Los datos obtenidos en campo por especialistas en cada rama de la ingeniería (topografía mecánica de suelos, geotecnia, entre otras), los diferentes tipos de materiales y sus especificaciones de calidad y uso que se considerarán en el diseño; los materiales necesarios para el dibujo y copiado de planos, maduros, coordinación con especialistas, revisiones, memorias descriptiva y de cálculo, especificaciones generales y particulares, catálogo de conceptos con unidades de medida y cantidades de obra, manuales de operación, conservación y mantenimiento, los servicios profesionales, de ingenieros, arquitectos, dibujantes, personal técnico, operarios de equipos de cómputo, programadores en técnicas informáticas y auxiliares que intervengan; equipo de cómputo, copiadoras, calculadoras, impresoras y demás equipos y herramientas necesarias para la correcta elaboración del proyecto; los costos indirectos, el financiamiento, la utilidad y los cargos adicionales. El proyectista debe entregar al Gobierno del Distrito Federal el proyecto en forma impresa y en medios magnéticos.

La unidad de medida debe ser el metro cuadrado o la hectárea con aproximación de dos decimales, el plano o el proyecto.

Para efecto de pago, se debe medir en planos la superficie de área diseñada considerada en el proyecto, o contar el número de planos terminados y aceptados por la supervisión; y para el caso de que la unidad de medida sea el



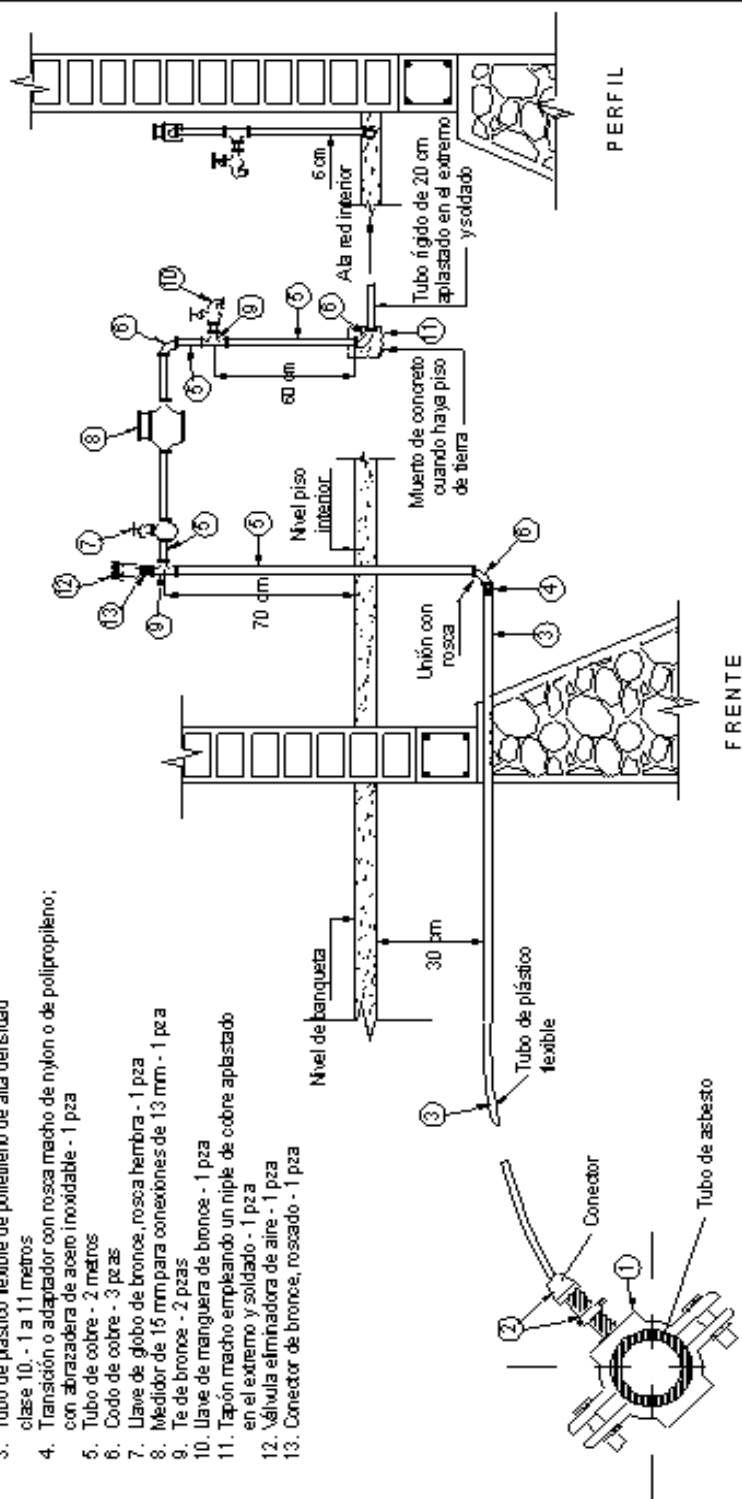
proyecto, se deben establecer las condiciones en el contrato y pagarse sólo etapas terminadas y aceptadas. El pago final debe hacerse una vez terminado y aceptado el proyecto completo por parte del Gobierno del Distrito Federal.

(        ) Elaboración de proyecto ejecutivo de redes de distribución de agua a presión para:

(        ) Agua tratada y/o pluvial	\$/m <sup>2</sup>
(        ) Agua potable	\$/m <sup>2</sup>
(        ) Agua tratada y/o pluvial	\$/Ha
(        ) Agua potable	\$/Ha
(        ) Agua tratada y/o pluvial	\$/plano
(        ) Agua potable	\$/plano
(        ) Agua tratada y/o pluvial	\$/proyecto
(        ) Agua potable	\$/proyecto

Material para Toma de 13 mm.

1. Abrazadera para llave de inserción para tubo de A.C. - 1 pza.
2. Adaptador de inserción de nylon o de polipropileno con abrazadera de acero inoxidable - 1 pza
3. Tubo de plástico flexible de polietileno de alta densidad clase 10 - 1 a 11 metros
4. Transición o adaptador con rosca macho de nylon o de polipropileno; con abrazadera de acero inoxidable - 1 pza
5. Tubo de cobre - 2 metros
6. Codo de cobre - 3 pzas
7. Llave de globo de bronce, rosca hembra - 1 pza
8. Medidor de 15 mm para conexiones de 13 mm - 1 pza
9. Te de bronce - 2 pzas
10. Llave de manguera de bronce - 1 pza
11. Tapón macho empleando un niple de cobre aplastado en el extremo y soldado - 1 pza
12. Válvula eliminadora de aire - 1 pza
13. Conector de bronce, roscado - 1 pza



#### NOTAS IMPORTANTES

1. Si no se pone medidor se colocará un niple de cobre de igual tamaño al medidor y una tuerca unión universal
2. Las abrazaderas de inserción únicamente se utilizan en las tuberías de A.C. hasta 4" de diámetro
3. La profundidad mínima de la tubería en la calle será de 40 cm

G.D.F.

Toma Domiciliaria

FIGURA 1

LIBRO	2	SERVICIOS TÉCNICOS
PARTE	03	PROYECTOS EJECUTIVOS
SECCION	04	AGUA A PRESION Y ALCANTARILLADO
CAPITULO	005	SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO

## A. DEFINICIONES, CLASIFICACIÓN Y OBJETO

A.01. Conjunto de planos, memorias descriptiva y de cálculo, especificaciones, catálogo de conceptos con unidades de medida y cantidades de obra, manuales de operación, conservación y mantenimiento de depósitos para agua potable fabricados con diversos materiales.

A.02. Tanque de regularización.- Depósito cuya capacidad está diseñada exclusivamente para compensar las diferencias entre el caudal de agua proveniente de la fuente de captación por Lo general constante y las demandas de la población siempre variables.

A.03. Tanque de almacenamiento.- Es aquel cuya capacidad sirve como reserva para abastecer a la población en casos de suspensión de servicio de abastecimiento o de demandas extraordinarias.

A.04 Los depósitos con sus dispositivos de entrada, salida y control correspondientes se clasifican en:

- a. subterráneos
- b. superficiales
- c. elevados

A.04. El objeto del presente capítulo es el de diseñar el sistema de almacenamiento de agua para el uso que destinen los usuarios.

## B. REFERENCIAS DEL CONCEPTO EN OTROS DOCUMENTOS.

B.01. El presente capítulo tiene relación con la normatividad siguiente:

CONCEPTO	CAPÍTULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias		G.D.F.
Presentación del proyecto	2.03.01.001	G.D.F.
Generalidades de agua a presión y alcantarillado	2.03.04.001	G.D.F.
Obras de captación	2.03.04.003	G.D.F.
Sistemas de distribución	2.03.04.004	G.D.F.

## E. REQUISITOS DE ELABORACIÓN.

- E.01. La capacidad de un tanque de regularización debe calcularse considerando el gasto de llegada y la demanda de la localidad, mediante el método de la curva-masa, tomando en cuenta el gasto y el número de horas diarias que se pretenda alimentar el tanque ya sea por gravedad o por bombeo.
- E.02. La capacidad de almacenamiento para casos de incendio se calcula de acuerdo al número de cajas de inundación y al tiempo estimado para controlar la conflagración, pero no debe ser menor que 20 m<sup>3</sup> hasta 10 cajas y 5 m<sup>3</sup> por cada caja adicional a las diez primeras.
- E.03. La capacidad mínima de un tanque será la que se requiere para una eficiente regularización. Los estudios preliminares y el anteproyecto deben indicar la conveniencia de considerar capacidades mayores para prever fallas en el suministro y demandas contra incendio.
- E.04. De preferencia se deben elegir los tanques superficiales, ubicados en elevaciones naturales, cercanas a la localidad que se vaya a abastecer, procurando siempre tener presiones disponibles mínimas de 10 m en los puntos más desfavorables de la red de distribución y máximas de 50 m.

- E.05. Se justifica la construcción de un tanque elevado cuando la topografía de la localización es tal que no es conveniente la construcción de uno superficial; se debe ubicar de preferencia en la zona de alimentación del sistema de distribución o en el centro de la localidad.
- E.06. Para considerar el equilibrio económico del proyecto, debe hacerse un estudio de beneficio-costos, conjugando el volumen de regularización requerido, el tiempo y la capacidad del sistema de bombeo para elevar el agua, así como el volumen de los tanques elevado y superficial.
- E.07. Para proyectar un tanque de almacenamiento y/o regularización, se deben tomar en cuenta los siguientes factores:
- a. Materiales.- Para determinar el tipo de material con que se construirá el tanque, se deben tomar en cuenta los materiales disponibles en la zona los cuales pueden ser:
    - 1. Piedra, tabique y bloques de concreto entre otros, para la construcción de muros de mampostería.
    - 2. Arena grava, cemento, acero y aditivos para la fabricación de concreto reforzado para muros y losas.
    - 3. Piezas precoladas de concreto reforzado o preesforzado para armar en el sitio.
  - b. Mano de obra.- La disponibilidad de personal para ejecutar la obra resultan importantes y deben tomarse en cuenta de manera que conjugados con los materiales y la importación de personal calificado en caso necesario resulten en costo mínimo.
  - c. Maquinaria y equipo.- Son elementos que también deben investigarse sobre su existencia en la zona, para evitar si son necesarios traerlos de otra localidad o en todo caso estudiar con los disponibles cual es la mejor opción en cuanto a procedimiento.
  - d. Sección en planta.- Deben analizarse las diferentes posibilidades de sección, como pueden ser:
    - 1. Rectangular
    - 2. Circular
    - 3. Cualquier otro que concuerde con el entorno, las construcciones aledañas y que ayude a la imagen de la localidad.

e. Propiedades mecánicas del suelo.- Se debe hacer un estudio de mecánica de suelos de la zona en donde se pretende construir el tanque, para definir la sección, tipo de cimentación, estructura y refuerzo que debe proyectarse para dicho tanque.

f. Localización.

1. En planta.- Se debe localizar a más de 75 m de drenes, letrinas, superficies de agua estancada y otras fuentes de polución.

2. En elevación.- El nivel de desplante de la losa de fondo, se debe ubicar arriba del más alto nivel freático detectado en la zona.

3. La losa superior debe ubicarse como mínimo un metro arriba del terreno natural.

E.08. Los tanques se deben proyectar con una holgura de 50 cm entre el nivel máximo del agua y la parte inferior de la losa superior o tapa, además, todos los que tengan capacidad mayor a  $100 \text{ m}^3$ , se deben dividir en dos cámaras como mínimo, con sistemas de llenado y de descarga diseñados de tal manera que se pueda aislar una cámara para vaciarla y hacer la limpieza o las reparaciones correspondientes. La losa superior se debe proyectar con una pendiente de 2%, a dos aguas o a un solo lado dependiendo de las dimensiones del lado mínimo; así mismo, debe tener un volado perimetral de 10 cm donde se alojará en su parte inferior y a 2 cm del costado, un gotero que impida que el agua de lluvia escurra por las paredes; la losa inferior se debe proyectar con pendiente, de tal manera que los sedimentos y/o el agua de lavado fluyan a un punto, en donde se construirá un cárcamo diseñado especialmente para que las agua residuales puedan ser extraídas fácilmente; cada cámara debe tener como mínimo uno de estos cárcamos y se localizará en la proyección vertical del registro de acceso o en sus inmediaciones.

E.09. Todo proyecto se debe complementar con Los accesorios e instalaciones necesarias para el buen funcionamiento del sistema como son:

a. Registros de inspección y acceso.- Todas las cámaras deben tener en la losa superior como mínimo un registro de 60 x 60 cm, con un brocal de 15 x 15 cm, colado monolíticamente a la losa, dicho brocal servirá para soportar la tapa del registro diseñado de tal manera que impida la entrada de elementos extraños al tanque.

b. Escalera marina.- Para entrar en el tanque se debe acondicionar una escalera marina con acceso por el registro, con escalones de 20 cm de ancho y separación no mayor de 30 cm (altura).

c. Sistemas de ventilación.- El área de ventilación debe ser como mínimo el equivalente de 6 veces el área transversal del tubo de llegada, divididas en ventilas repartidas simétricamente a la planta o al perímetro del tanque. Las ventilas se deben diseñar de tal manera que no permitan la entrada de roedores u otro tipo de animales.

d. Sistemas de control.

1. De llegada.- Se debe diseñar una válvula de flotador mecánica o eléctrica según el caso, que impida el ingreso de agua al tanque o suspenda el suministro.
2. De puenteo.- Debe proyectarse un arreglo de válvulas y tuberías (by pass) para que en caso de que no se pueda verter el agua al tanque, se descargue directamente a la red impidiendo mediante el arreglo, que llegue al tanque.
3. De contenido.- Se debe diseñar un sistema visual eléctrico o manual que marque el nivel del agua existente en el tanque.
4. De demasías.- Este puede ser con una simple escotadura o un tubo superior de la pared del tanque que servirá para desaguar excedentes en caso de falla del control de llegada.
5. De desagüe.- Puede ser un tubo con válvula en la parte inferior del tanque, que servirá para extraer el agua para realizar la limpieza.

F. ALCANCES O TÉRMINOS DE REFERENCIA, UNIDADES DE MEDIDA, CRITERIOS PARA CUANTIFICAR Y BASE DE PAGO

F.01 Proyecto ejecutivo de sistemas de almacenamiento. El importe para la elaboración del proyecto incluye: Los datos obtenidos en campo por especialistas en cada rama de la ingeniería (topografía mecánica de suelos, geotecnia, entre otras), los diferentes tipos de materiales y sus especificaciones de calidad y uso que se considerarán en el diseño; los materiales necesarios para el dibujo y copiado de planos, maduros, coordinación con especialistas, revisiones, memorias descriptiva y de cálculo, especificaciones generales y particulares, catálogo de conceptos con unidades de medida y cantidades de obra, manuales de operación, conservación y mantenimiento, los servicios profesionales, de ingenieros, arquitectos, dibujantes, personal técnico, operarios de equipos de cómputo, programadores en técnicas informáticas y auxiliares que intervengan; equipo de cómputo, copiadoras, calculadoras, impresoras y demás equipos y herramientas necesarias para la correcta elaboración del proyecto; los costos indirectos, el financiamiento, la utilidad y los cargos adicionales. El proyectista debe entregar al Gobierno del Distrito Federal el proyecto en forma impresa y en medios magnéticos.

La unidad de medida puede ser el metro cuadrado con aproximación de dos decimales, el plano o el proyecto.

Para efecto de pago, se debe medir en planos la superficie de área diseñada considerada en el proyecto, o contar el número de planos terminados y aceptados por la supervisión; y para el caso de que la unidad de medida sea el proyecto, se deben establecer las condiciones en el contrato y pagarse sólo etapas terminadas y aceptadas. El pago final debe hacerse una vez terminado y aceptado el proyecto completo por parte del Gobierno del Distrito Federal.

( ) Proyecto ejecutivo de sistemas de almacenamiento.

( ) Proyecto de sistemas de almacenamiento \$/m2

( ) Proyecto de sistemas almacenamiento \$/plano

( ) Proyecto de sistemas de almacenamiento	\$/proyecto
--	-------------



LIBRO 2 SERVICIOS TÉCNICOS  
PARTE 03 PROYECTOS EJECUTIVOS  
SECCIÓN 04 AGUA A PRESIÓN Y ALCANTARILLADO  
CAPÍTULO 006 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

A. DEFINICIONES, CLASIFICACIÓN Y OBJETO

- A.01. Es la determinación, selección y representación gráfica (planos) de una serie de parámetros como son diámetros y material de tubos, longitudes y niveles de desplante de las tuberías, estructuras especiales como pozos de visita, cajas de caída, coladeras pluviales, bocas de tormenta y demás accesorios que se requieran.
- A.02. Entre las estructuras y elementos complementarios de un sistema de alcantarillado se tienen:
- a. Descargas domiciliarias: conexión del albañal al sistema de alcantarillado que se realiza mediante un codo de 45° y un slant del mismo material y diámetro que el albañal, generalmente de concreto y 15 cm de diámetro. Ver Figura 2, o mediante conexiones prefabricadas que permitan una salida derivada conocidas como “silletas” de polietileno con una base semi circular que se coloca mediante termofusión o electrofusión, sobre la curvatura de la línea principal de la tubería y de la cual sale un cople de derivación de un diámetro menor.
  - b. Pozo de visita común: estructuras construidas en un sistema de alcantarillado, para conectar dos o más tuberías, para cambios de dirección vertical u horizontal o para cambios de diámetro o material de dichas tuberías. Generalmente de sección circular, a cuyo interior se tiene acceso por la superficie de la calle. Estos pozos se usan para tuberías hasta de 76 cm de diámetro. Ver Figura 3.
  - c. Pozos caja: estructura que se construye con el mismo fin que el pozo de visita común, pero se usa para tuberías con diámetros mayores a 76 cm; consisten en una caja de concreto reforzado para conectar las tuberías. Ver Figuras 4 y 5.
  - d. Pozos de caída: pozos de visita común, cuyo(s) tubo(s) de llegada tiene(n) una cota más alta que el tubo de salida. Dentro de dicho pozo se puede construir una pantalla para reducir la velocidad del agua del tubo de llegada. Ver Figura 6.
  - e. Pozo de caída adosada: pozo de visita común o pozo de caja a los cuales lateralmente se les construye una estructura menor para disminuir la

energía de caída del caudal de los tubos de llegada. Este dispositivo puede ser un deflector o bien escaleras. Ver Figuras 7 y 8.

f. Pozos chimenea: registro que se construye sobre la tubería de drenaje con diámetros de 122 cm o mayores y sirve para inspeccionar y dar mantenimiento a dichos conductos. Estos pozos son de sección circular, contruidos con tubos prefabricados de concreto reforzado de 91 cm de diámetro con una coladera en parte superior, a nivel pavimento.

g. Sifón invertido: conducto en forma de U que trabaja a presión, que se utiliza para conducir el gasto por abajo de un accidente topográfico como un arroyo o río, una vialidad deprimida o el cajón del Sistema de Transporte Colectivo. Ver Figuras 9 y 10.

h. Bocas de tormenta: estructuras utilizadas para captar los escurrimientos superficiales de las aguas pluviales de las calles y enviarlas a la red del sistema combinado o pluvial. (Ver Figura 1). De acuerdo a su ubicación y función se clasifican:

1. Con coladera de piso.
2. Con coladera de banqueta.
3. Con coladera de piso y banqueta.
4. Longitudinal de banqueta.
5. Transversal de calle.
6. Con coladera de banqueta y pozo de absorción.
7. Con coladera en paso a desnivel.

A.03. De acuerdo al tipo de agua que desalojen los alcantarillados pueden ser:

- a. Sanitarios: Para eliminar aguas negras exclusivamente.
- b. Pluviales: Para desalojar únicamente agua de lluvia.
- c. Combinados: Para eliminación de agua negra y pluvial.

A.04. Los elementos principales que componen un sistema de alcantarillado son:

- a. Albañal sanitario o pluvial.
- b. Atarjeas.

c. Atarjeas madrinas.

d. Colector.

e. Emisor.

f. Sitio de vertido.

A.05. El objeto del presente capítulo es el de establecer las directrices de diseño del sistema de alcantarillado así como sus estructuras destinadas al desalojo de agua negras y/o pluviales de una zona urbana.

A

B. REFERENCIAS DEL CONCEPTO EN OTROS DOCUMENTOS

B.01. El presente capítulo tiene relación con la normatividad siguiente:

CONCEPTO	CAPÍTULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Guía para la elaboración del proyecto de ingeniería de sistemas de agua potable y alcantarillado		SEDESOL
Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal		
Norma Técnica Complementaria para Instalaciones de Abastecimiento de Agua Potable y Drenaje		G.D.F.
Reglamento de la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal		G.D.F.
Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal		G.D.F.
Generalidades de obras viales	2.03.03.001	G.D.F.
Generalidades de agua a presión y alcantarillado	2.03.04.001	G.D.F.
Tabiques y bloques cerámicos	4.01.01.024	G.D.F.
Tubos y piezas especiales de concreto simple	4.01.02.011	G.D.F.
Tubos y accesorios de concreto reforzado	4.01.02.012	G.D.F.
Tubos y conexiones de materiales derivados de resinas sintéticas minerales termoplásticas	4.01.02.024	G.D.F.
Vigencia a partir del 31 de enero de 2009		2.03.04.006-03

## E. REQUISITOS DE ELABORACIÓN

- E.01. La información básica para la elaboración de proyectos de alcantarillado sanitario se indica en el capítulo 2.03.04.001, Generalidades para Proyectos de Agua a Presión y Alcantarillado.
- E.02. En caso de existir un sistema de alcantarillado en la localidad o zona por servir, la información básica se debe complementar con los datos del sistema construido como son:
- a. Materiales, dimensiones y localización de las tuberías.
  - b. Sentido del escurrimiento.
  - c. Lugar del vertido y tratamiento que se le da al efluente.
  - d. Descripción detallada de la planta de tratamiento, en caso de existir.
  - e. Planta de bombeo, señalando capacidad, ubicación e instalaciones, en caso que las haya.
  - f. Descripción del estado de conservación del sistema, con estudio acerca de las posibilidades de utilización del mismo y las indicaciones para su adaptación o mejoramiento.
- E.03. Se debe procurar que las pendientes hidráulicas coincidan con las del terreno para reducir movimientos de tierras.
- E.04. Las velocidades mínimas y máximas a tubo lleno que deben adoptarse en el diseño del sistema son las indicadas en la Tabla 1:

TABLA 1 Velocidad máxima y mínima a tubo lleno en m/s

Elementos del sistema	S i s t e m a			
	Sanitario		Pluvial y combinado	
	Mínima	Máxima	Mínima	Máxima
Atarjeas	0,60	3,00	0,90	8,00
Colectores y emisores	0,60	3,00	0,90	8,00

La Figura 11, contiene las gráficas que permiten calcular los elementos hidráulicos (área, velocidad, gasto, tirante) de un tubo parcialmente lleno respecto a los mismos elementos del tubo totalmente lleno, ambos de sección circular, En la Tabla 2 se muestran pendientes máximas y mínimas para obtener las velocidades permisibles en tubos de concreto de diferentes diámetros.

E.05. En los sistemas sanitarios, las atarjeas con diámetros hasta 38 cm se deben calcular para conducir el gasto máximo instantáneo con un tirante igual al radio del tubo. Los conductos de mayor diámetro, deben diseñarse para conducir el gasto máximo instantáneo con un tirante igual a tres cuartos del diámetro del tubo.

En los sistemas combinados o pluviales, todos los conductos deben calcularse para el gasto máximo instantáneo considerando el tubo lleno, sin presión. Para el cálculo de los elementos hidráulicos se empleará preferentemente la fórmula de Manning.

$$V = \frac{r^{2/3} s^{1/2}}{n}, \text{ en donde}$$

V = Velocidad, en metros por segundo.

n = Coeficiente de rugosidad del conducto.

r = Radio hidráulico, en metros.

s = Pendiente hidráulica, expresada en forma decimal.

E.06. En la Figura 12 se muestran los anchos de zanjas recomendados para los diámetros más usuales de tuberías de alcantarillado, sin considerar ademes. En caso de existir éstos, debe incrementarse el ancho de la zanja con el espacio necesario para alojar dicha estructura.

E.07. La profundidad mínima de las tuberías estará sujeta a las siguientes condiciones:

- a. Permitir la conexión correcta de las descargas domiciliarias.
- b. Tener un colchón mínimo 1,20 m sobre el lomo del tubo de hasta 0,45 m de diámetro y de 1,50 m de colchón mínimo en diámetros mayores a éste; pero no menor al diámetro del tubo que cubre.
- c. El espesor de la plantilla que se construirá cuando el fondo de la zanja no tiene la capacidad de carga o cuando es roca que no pueda afinarse. Ver Figuras 13 y 14.
- d. La profundidad mínima será igual a la suma del colchón mínimo más el diámetro exterior de la tubería y más el espesor de la plantilla.
- e. En casos especiales, la profundidad mínima queda sujeta a lo que determine el Gobierno del Distrito Federal.

E.08. Cuando el conducto principal sea mayor de 61 cm de diámetro, se deben construir tuberías paralelas a la principal (atarjeas madrinas), para recibir las descargas domiciliarias y/o de agua pluviales.

Asimismo debe hacerse un estudio económico para determinar la conveniencia de colocar "atarjeas madrinas", cuando la tubería principal esté colocada a una profundidad apreciable o en vialidades de tránsito intenso o de gran anchura.

E.09. Los pozos de visita o pozos cajas de visita, se considerarán en los siguientes casos:

- a. Cambio de dirección horizontal y vertical de los conductos
- b. Conexiones entre dos o más tuberías
- c. Cambios de diámetros o material de los tubos
- d. Al inicio de cada atarjea o colector

En la Figura 3 se indican diversas disposiciones de tuberías en plantillas de pozos de visita y en la Tabla 2, se indican las pendientes máximas y mínimas para tuberías de concreto.

T A B L A 2 Pendientes máximas y mínimas para tuberías de concreto

Diámetro nominal en cm	Calculadas				Pendiente recomendable para proyecto en milésimos	
	Máxima V = 3,00 m/s a tubo lleno		Mínima V = 0,60 m/s a tubo lleno			
	Pendiente milési mos	Gasto l/s	Pendiente milésimo s	Gasto l/s	Máxima	Mínima
20	82,57	94,24	3,30	18,85	83	(2) 4,0
25	61,32	147,26	2,45	29,45	61	2,5
30	48,09	212,06	1,92	42,41	48	2,0
38	35,09	340,23	1,40	68,05	35	1,5
45	28,01	477,13	1,12	95,43	28	1,2
61	18,67	876,74	0,75	175,35	19	0,8
76	13,92	1 360,93	0,56	272,19	14	0,6
91	10,95	1 951,16	0,44	390,23	11	0,5
107	8,82	2 697,61	0,35	539,52	9	0,4
122	7,41	3 506,96	0,30	701,39	7,5	0,3
152	5,53	5 443,75	0,22	1 088,75	5,5	0,3
183	4,31	7 890,66	0,17	1 578,13	4,5	0,2
213	3,52	10 689,82	0,14	2 137,96	3,5	0,2
244	2,94	14 027,84	0,12	2 805,57	3,0	0,2

NOTAS:

- 1.- Fórmula empleada:  
Manning, con un coeficiente  $n = 0,013$
- 2.- Para lograr un mejor funcionamiento hidráulico, se pueden proyectar las atarjeas de 30 cm de diámetro y menores, con una pendiente mínima de 4 milésimas.
  - a. Cambio de dirección horizontal y vertical de los conductos.
  - b. Conexiones entre dos o más tuberías.
  - c. Cambios de diámetro o material de los tubos.

- d. Al inicio de cada atarjea o colector.

En la Figura 3 se indican diversas disposiciones de tuberías en plantillas de pozos de visita.

- E.10. En tramos rectos con pendiente uniforme deben construirse pozos de visita para tuberías hasta de 91 cm de diámetro, espaciados no más de 60 m.  
Para tuberías de 107 cm de diámetro y mayores, deben construirse pozos chimenea, espaciados no más de 125 m. El diámetro de este tipo de pozo debe ser de 91 cm.
- E.11. Cuando la topografía del terreno haga necesaria la unión de dos o más conductos con diferentes elevaciones de plantilla, ya sea de diámetros iguales o distintos, debe diseñarse una estructura para amortiguar la energía ganada por el agua en la caída.  
Se permite una caída libre en conductos hasta de 38 cm de diámetro, con altura de descarga máxima de 2,50 m. Ver Figura 6.
- E.12. Para tuberías de diámetro mayor de 38 cm y/o desnivel de descarga mayor de 2,50 m, debe adosarse al pozo una caja, en cuyo interior se debe construir una pantalla que funcione como deflector del caudal que proviene del tubo más elevado. Ver Figura 8. Otra opción es disipar la energía mediante una serie de escalones (caída escalonada) con altura máxima de 0,50 m cada uno. Ver Figura 7.
- E.13. Cuando se requiera conducir el gasto de un conducto por debajo de una obstrucción, como un arroyo, río, vialidad deprimida o el cajón de la línea del Sistema de Transporte Colectivo y no sea posible lograrlo en alguna otra forma, se debe recurrir al sifón invertido, el cual debe ser diseñado con las siguientes directrices:
  - a. Se deben alcanzar velocidades tan altas como sea posible y que registren por lo menos una vez al día valores mínimos de 0,9 m/s en caso de aguas negras o de 1,20 a 1,50 en caso de agua pluvial.
  - b. El diámetro mínimo debe ser de 20 cm y puede ser de un conducto o múltiple.
  - c. La suma de pérdidas por fricción y menores no debe exceder al desnivel disponible.
  - d. Deben evitarse cambios bruscos de dirección tanto vertical como horizontal, así mismo evitar cambios de diámetro. La rama ascendente del sifón no debe ser tan inclinada que dificulte la entrada de la herramienta o equipos de limpieza.



- e. Generalmente se proyectan en tubos de acero, protegidos contra la corrosión, de concreto reforzado u otro material que sea estanco y resista la presión interna.
- f. Deben diseñarse cajas de transición tanto a la entrada como a la salida del sifón.

E.14. Alcantarillado pluvial. El gasto de agua se puede calcular de acuerdo al Método Racional Americano, u otro similar que considera una lluvia de intensidad uniforme sobre el área de aportación, durante un tiempo suficiente para que la lluvia caída en el punto más alejado contribuya al escurrimiento (tiempo de concentración), mediante la fórmula siguiente:

$$Q = 2,778 CiA$$

Donde:

Q = Gasto, en metros cúbicos por segundo.

C = Coeficiente de escurrimiento.

i = Intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración, en milímetros por hora.

A = Área de captación, en kilómetros cuadrados.

a. El coeficiente de escurrimiento se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$C_e = \frac{C_n A_n}{A_t} + 0,45 \frac{A_u}{A_t} I_u$$

Donde:

$C_e$  : Coeficiente de escurrimiento.

$A_n$  : Área no urbanizada, en metros cuadrados.

$A_u$  : Área urbanizada, en metros cuadrados.

$A_t$  : Área total, en metros cuadrados.

$I_u$  : Índice de urbanización, el cual tiene, según las zonas, los siguientes valores:

Residenciales, comerciales o industriales,  
con urbanización compacta

$I_u = 1$

Zonas similares, pero con urbanización  
espaciada como zonas verdes, campos  
deportivos, etc.

$I_u = 0,8$

Zonas semiurbanas

$I_u = 0,6$

Cn : Coeficiente de escurrimiento del área no urbanizada, cuyos valores, de acuerdo a las regiones del Valle de México, son los indicados en la Tabla 3:

TABLA 3 Coeficientes de escurrimiento

REGIÓN	A1	A2	B	C	D	SIERRA DE GUADALUPE	ZONAS PLANAS BAJO COTA 2 250 MSNM	NORTE DEL VALLE DE MÉXICO
Cn	0,02	0,012	0,025	0,08	0,10	0,015	0,015	0,10

Para identificación de las regiones se tiene la Figura 15.

- b. El cálculo de la intensidad de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración se efectuará con la siguiente expresión:

$$h(t_r, d) = h_p(5,30) (F_{tr} \times F_d) F_a$$

Donde:

$h(t_r, d)$  : Altura de precipitación (milímetros) para un periodo de retorno, duración y área determinada.

$h_p(5,30)$  : Altura de precipitación (milímetros) para un período de retorno de 5 años y 30 minutos de duración.

$F_{tr}$  : Factor de ajuste para el período de retorno, ver figura 16-a.

$F_d$  : Factor de ajuste que afecta la duración de la tormenta, ver figura 16-b.

$F_a$ : Factor de ajuste por área, que se estima de acuerdo a la Tabla 4:

TABLA 4 Factores de ajuste por área

Área en kilómetros cuadrados	2	10	20
Fa	1,00	0,96	0,87

En la Figura 16 se han graficado los factores de ajuste por período de retorno Ftr y por duración Fd.

TABLA 5 Uso del suelo y periodos de retorno

TIPO DE USO DE SUELO	Tr EN AÑOS
A) Zonas de actividad comercial	5
B) Zonas de actividad industrial	5
C) Zonas de edificios	5
D) Zonas residenciales multifamiliares de alta densidad	3
E) Zonas residenciales unifamiliares y multifamiliares	1,5
F) Zonas recreativas de alto valor o intenso uso por el público	1,5
G) Otras áreas recreativas	1

\*Para alta densidad de población se consideran valores mayores de 100 hab/ha

\*\*Para baja densidad se consideran valores menores de 100 hab/ha  
Tr : Período de retorno.

TABLA 6 Tipo de vialidad y periodo de retorno mínimo\*

ALCANTARILLADO PLUVIAL EN VIALIDADES TIPOS	Tr EN AÑOS
ARTERIAL.- Autopistas urbanas y avenidas que garantizan comunicación básica de la ciudad	5
DISTRIBUIDORA.- Vías que distribuyen el tráfico proveniente de la vialidad arterial o que la alimentan	3
LOCAL.- Avenida y calles cuya importancia no traspasa la zona servida	1,5
ESPECIAL.- Acceso a instalaciones de seguridad nacional y servicios públicos vitales	10

\*Esta tabla debe usarse como complemento y conjuntamente con la Tabla 5.  
Tr = Período de retorno.

Las Tablas 5 y 6 indican valores de períodos de retorno de intensidades de lluvia para diseño de alcantarillado en función del uso del suelo y del tipo de vialidad, respectivamente.

La intensidad de precipitación asociada con el tiempo de concentración es igual a:

$$i(t_c) = \frac{60 \text{ hp}(tr, t_c)}{t_c}$$

Donde :

$i(t_c)$  : intensidad en milímetros por hora.

$hp(tr, t_c)$ : Precipitación media para el período de retorno y la duración  $t_c$  (minutos).

$t_c$  : Tiempo de concentración (minutos).

En las Figuras 17 y 18 se muestran intensidades de lluvias para la ciudad de México, con frecuencias de 1, 2, 5 y 35 años. En las Figuras 19 y 20, se han graficado las intensidades para frecuencias de 1 y 2 años, con diferentes coeficientes de escurrimiento.

E.15. Las estructuras especiales deben tener la uniformidad de tamaños y tipos de tal forma que su diseño permita facilidad en el desazolve y detectar taponamientos en la red. Las particularidades de dichas estructuras se indican en los proyectos tipo y en las especificaciones y que se enlistan a continuación, de manera enunciativa, pero no limitativa.

Proyecto tipo	D e s c r i p c i ó n
AW-PV-1681	Pozo de visita sobre atarjeas de 0,30 a 0,91 m de diámetro.
AV-PV-20-1438	Pozos de visita con caída sobre tubería de 0,60 a 0,91 m de diámetro.
AV-113-10263	Caja tipo con caída de agua
AV-PV-19-1437	Pozo de visita con vertedor
AV-4-1615	Coladera pluvial de banquetta y conexión a la atarjea.
AV-98-7041	Coladera de banquetta con rejilla.
AV-126-12201	Rejilla de piso.
AV-84-7055	Rejilla para carriles de alta velocidad.
AV-58-4959	Coladera de piso con brocal de fierro fundido de una oreja.
AV-68-5430	Coladera pluvial de banquetta de concreto reforzado.
AV-61-5021	Coladera de piso con rejilla de fierro fundido hojas 1 y 2 (pisos a desnivel)
AV-A-75-11475	Localización de drenaje pluvial en pozos deprimidos.
AV-71-5762	Caja tipo para coladeras de tormenta.
AV-4-1351	Proyecto tipo rejillas pluviales.
AV-128-12583	Coladera de tormenta con descarga a pozo de absorción.
AV-40-4253	Brocal y tapa de concreto para pozos de visita.
AV-35-4091	Brocal de fierro fundido para pozo de visita.

E.16. El proyecto de alcantarillado debe constar de los siguientes elementos:

- a. Memorias descriptivas y de cálculo donde se indicarán los datos de proyecto y las tablas de cálculo.
- b. Planos constructivos de la red, a escala adecuada no mayor de 1: 2 000, señalando en ellos: cotas de terreno y plantilla en los pozos de visita, longitud, pendiente y diámetro de cada tramo, con la simbología, resumen de cantidades de obra, datos y especificaciones de proyecto.
- c. Elaborar un catálogo de conceptos con unidades de medida, cantidades de obra en base a los términos de referencia y alcances, indicados por el representante del Gobierno del Distrito Federal, especificaciones y manuales de operación, conservación y mantenimiento.

F. ALCANCES O TÉRMINOS DE REFERENCIA, UNIDADES DE MEDIDA, CRITERIOS PARA CUANTIFICAR Y BASE DE PAGO.

F.01 Proyecto ejecutivo de redes de alcantarillado, emisores, interceptores y vertido de agua residual. El importe para la elaboración del proyecto incluye: Los datos obtenidos en campo por especialistas en cada rama de la ingeniería (topografía mecánica de suelos, geotecnia, entre otras), los diferentes tipos de materiales y sus especificaciones de calidad y uso que se considerarán en el diseño; los materiales necesarios para el dibujo y copiado de planos, maduros, coordinación con especialistas, revisiones, memorias descriptiva y de cálculo, especificaciones generales y particulares, catálogo de conceptos con unidades de medida y cantidades de obra, manuales de operación, conservación y mantenimiento, los servicios profesionales, de ingenieros, arquitectos, dibujantes, personal técnico, operarios de equipos de cómputo, programadores en técnicas informáticas y auxiliares que intervengan; equipo de cómputo, copiadoras, calculadoras, impresoras y demás equipos y herramientas necesarias para la correcta elaboración del proyecto; los costos indirectos, el financiamiento, la utilidad y los cargos adicionales. El proyectista debe entregar al Gobierno del Distrito Federal el proyecto en forma impresa y en medios magnéticos.

La unidad de medida puede ser el metro cuadrado o la hectárea, con aproximación de dos decimales, , el plano o el proyecto.

Para efecto de pago, se debe medir en planos la superficie de área diseñada considerada en el proyecto según líneas de proyecto, o contar el número de planos terminados y aceptados por la supervisión; y para el caso de que la unidad de medida sea el proyecto, se deben establecer las condiciones en el contrato y pagarse sólo etapas terminadas y aceptadas. El pago final debe hacerse una vez terminado y aceptado el proyecto completo por parte del Gobierno del Distrito Federal.

- |   |             |
|---|-------------|
| ( ) Proyecto de redes de alcantarillado | \$/proyecto |
|---|-------------|

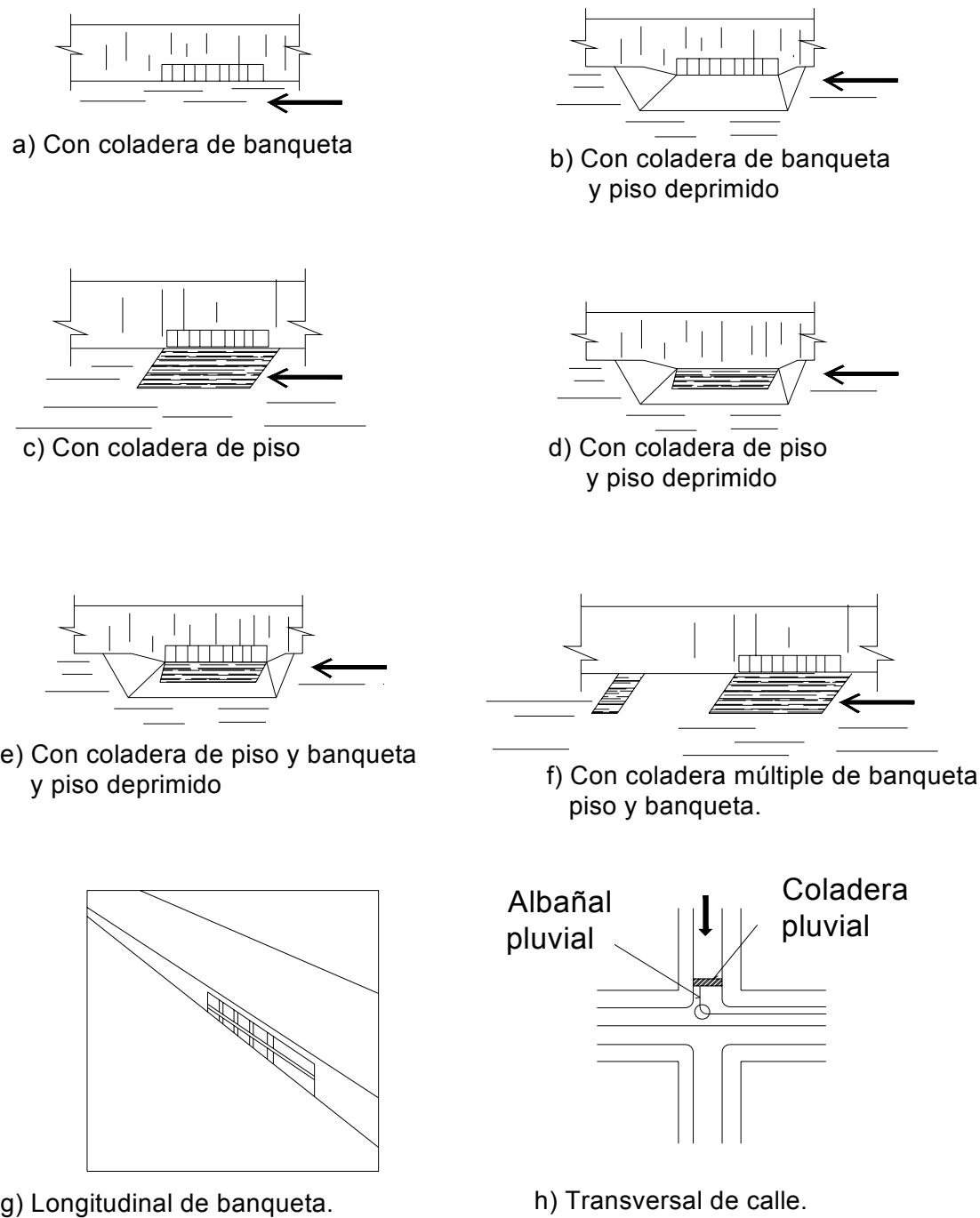
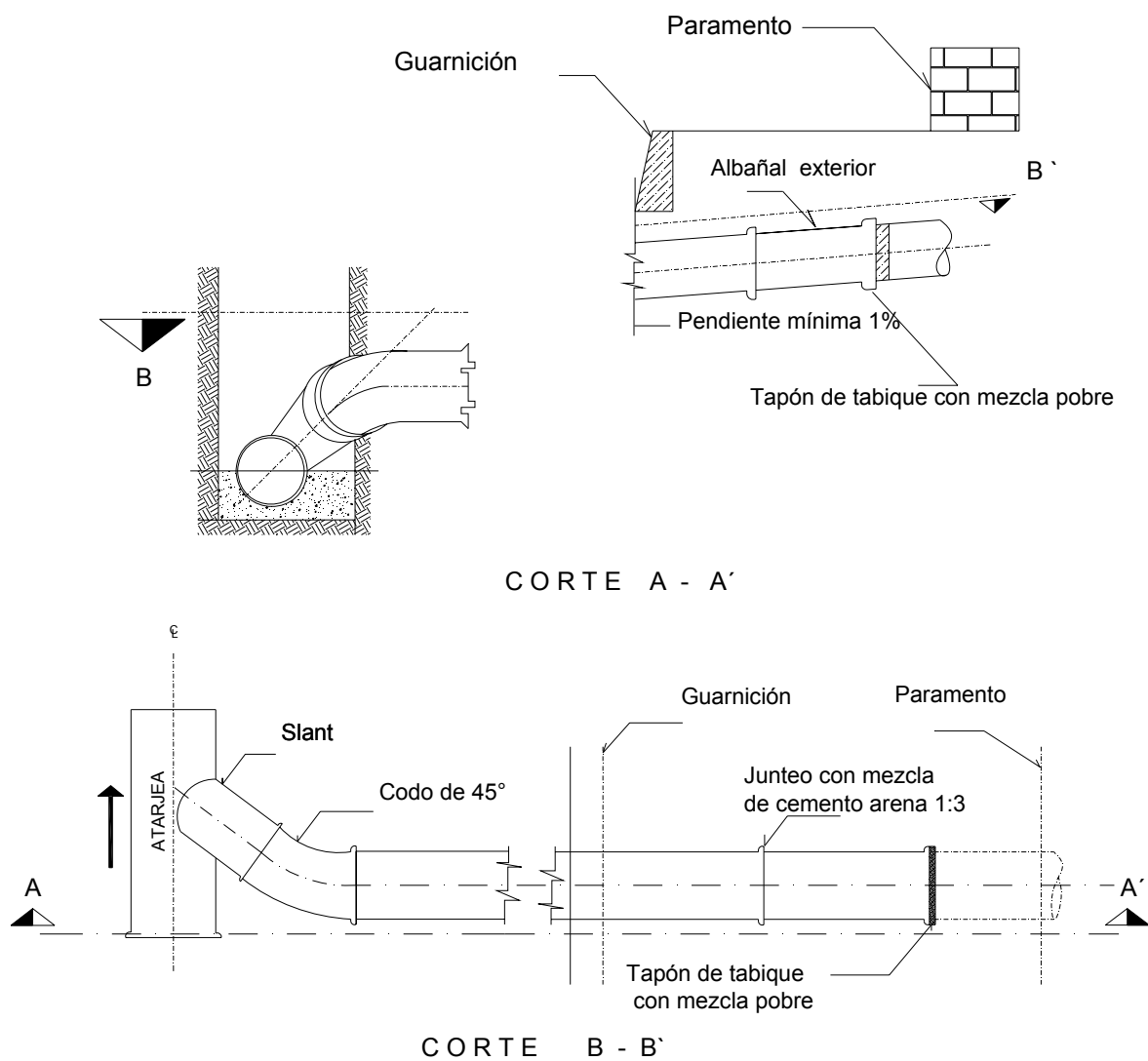


FIGURA 1.- Bocas de tormenta.





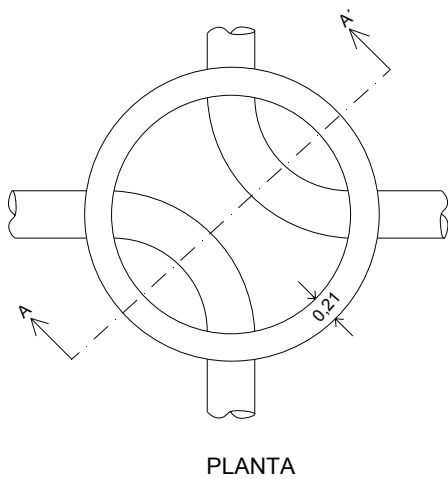
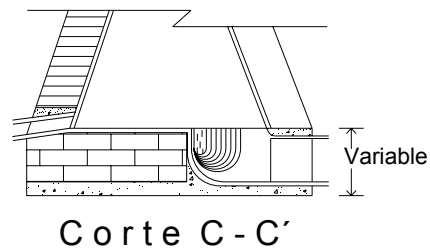
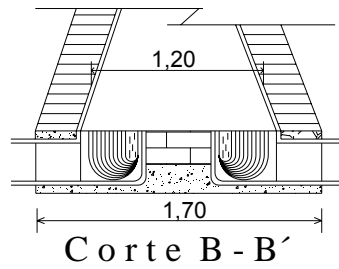
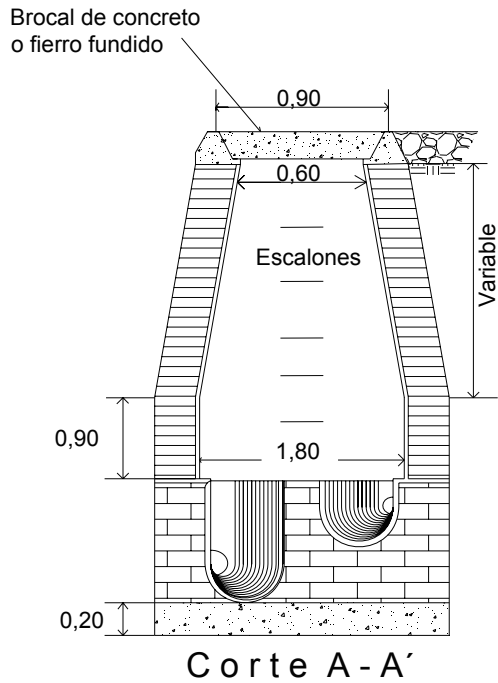
Disposición típica para  
conexiones de albañal

FIGURA 2

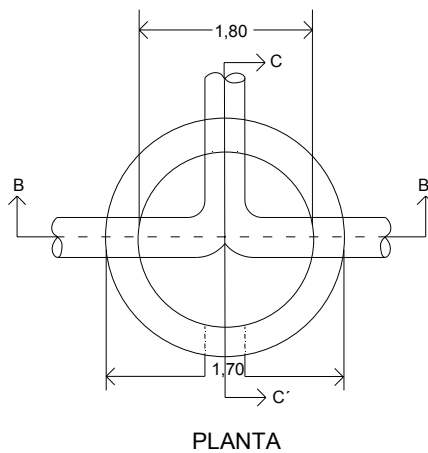
Proyectó

Revisó

Dibujó

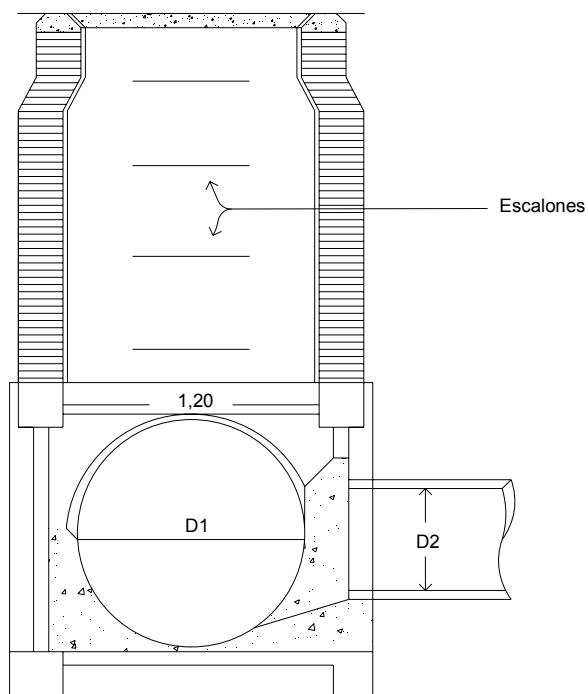


Distribución en bayoneta.

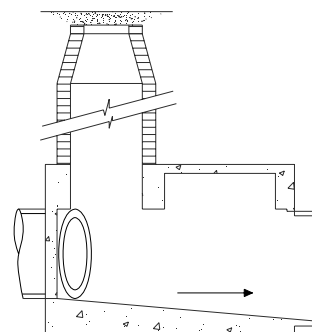


Distribución en T (acotación en metros).

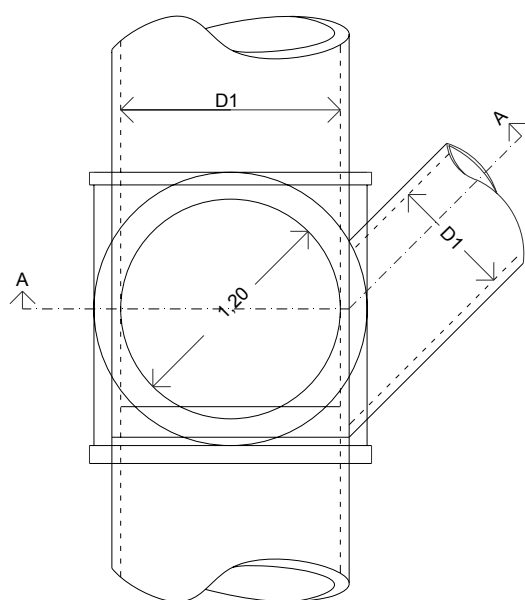
FIGURA 3.- Modelo de pozo de visita con diferentes arreglos de tuberías.



CORTE A - A'

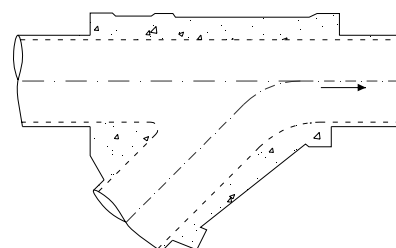


ELEVACIÓN



PLANTA

a) ENTRONQUE DE COLECTORES  
DE 91 A 122 cm DE DIÁMETRO

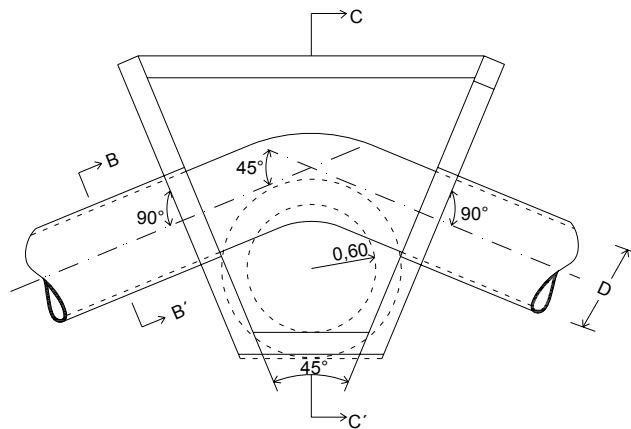


PLANTA

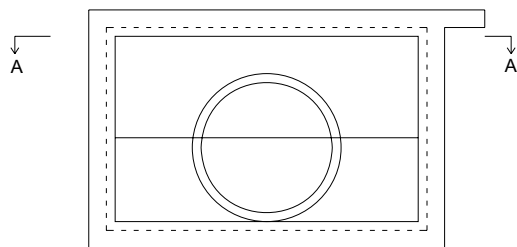
b) ENTRONQUE DE COLECTORES  
DE 38 A 76 cm DE DIÁMETRO

El entronque puede hacerse por uno u otro costado, o en ambos lados simultáneamente

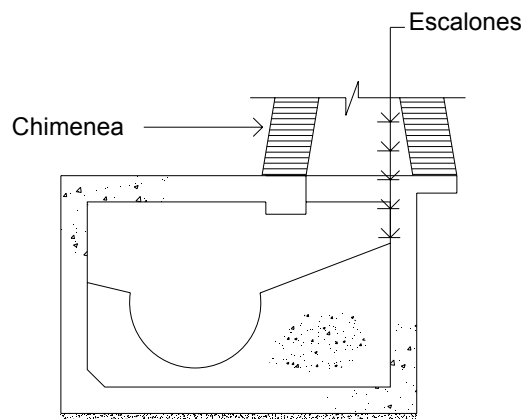
FIGURA 4.- Cajas de visita en entronque de colectores.



PLANTA SEGÚN CORTE A - A'

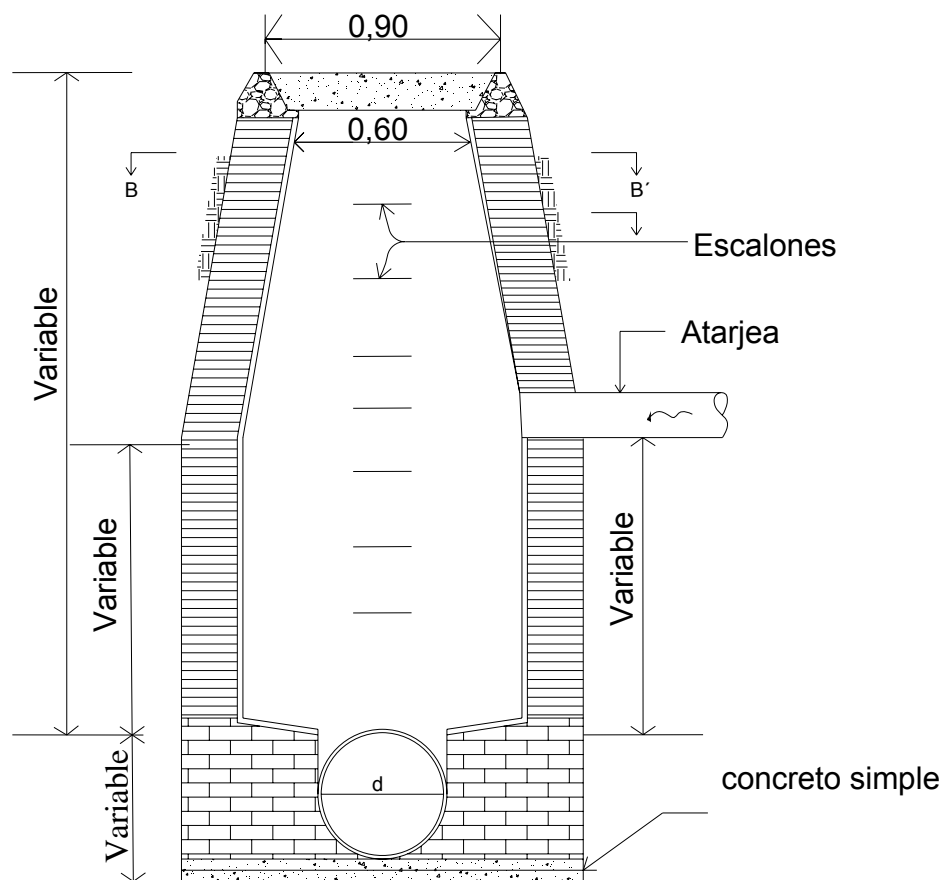


VISTA LATERAL B - B'

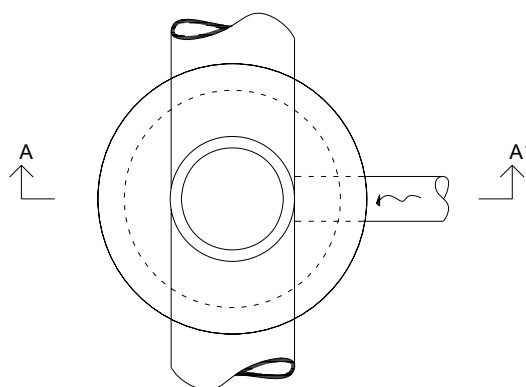


ELEVACIÓN SEGÚN CORTE C - C'

FIGURA 5.- Caja de visita con deflexiones hasta 45°



CORTE A - A'

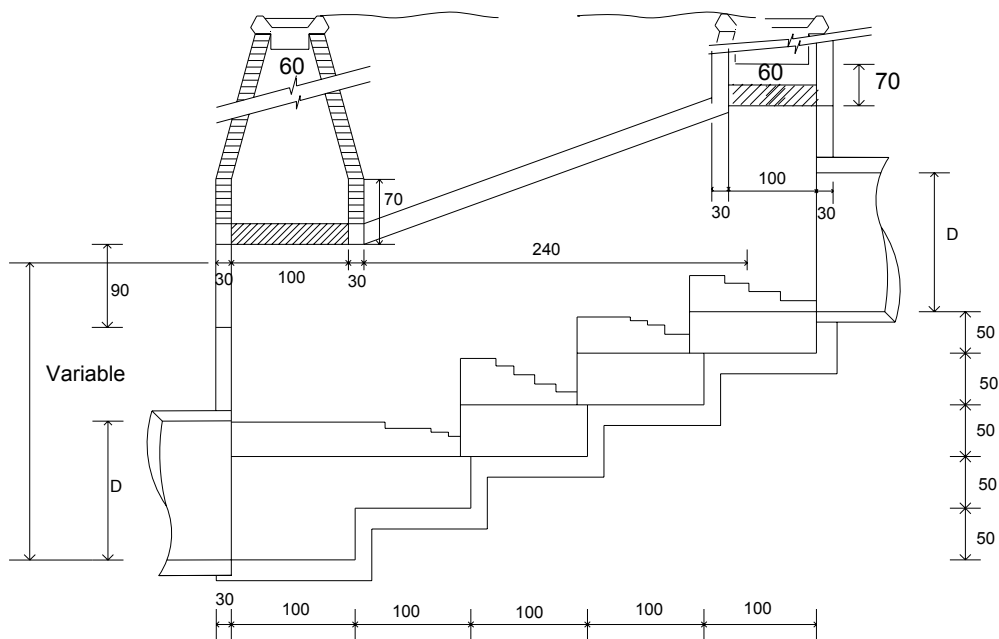


PLANTA

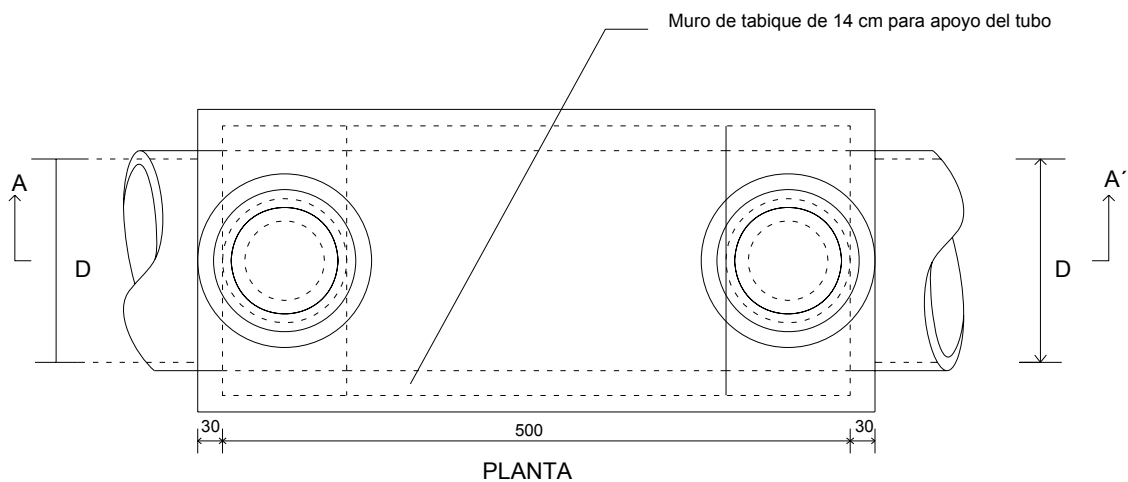
CORTE B - B'

acotaciones en metros

FIGURA 6.- Pozo de visita con caída libre.



ELEVACIÓN SEGUN CORTE A - A'



Acotaciones en centímetros

FIGURA 7.- Pozo caja con caída escalonada.

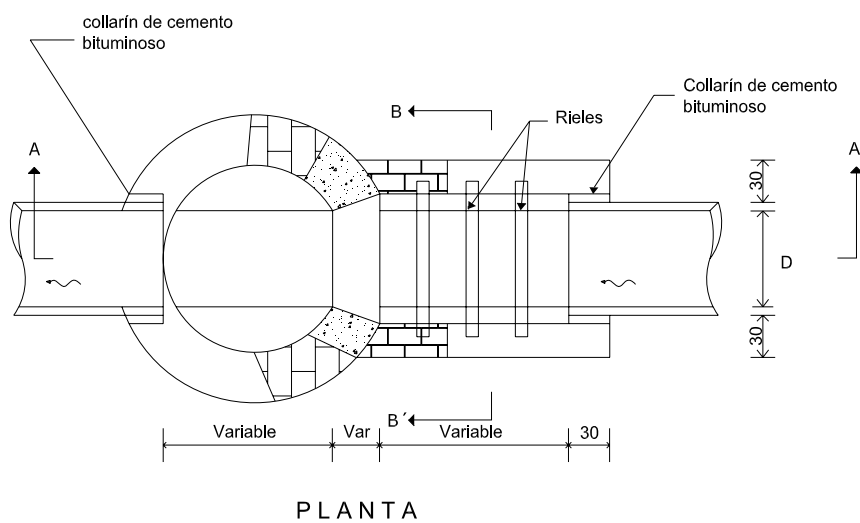
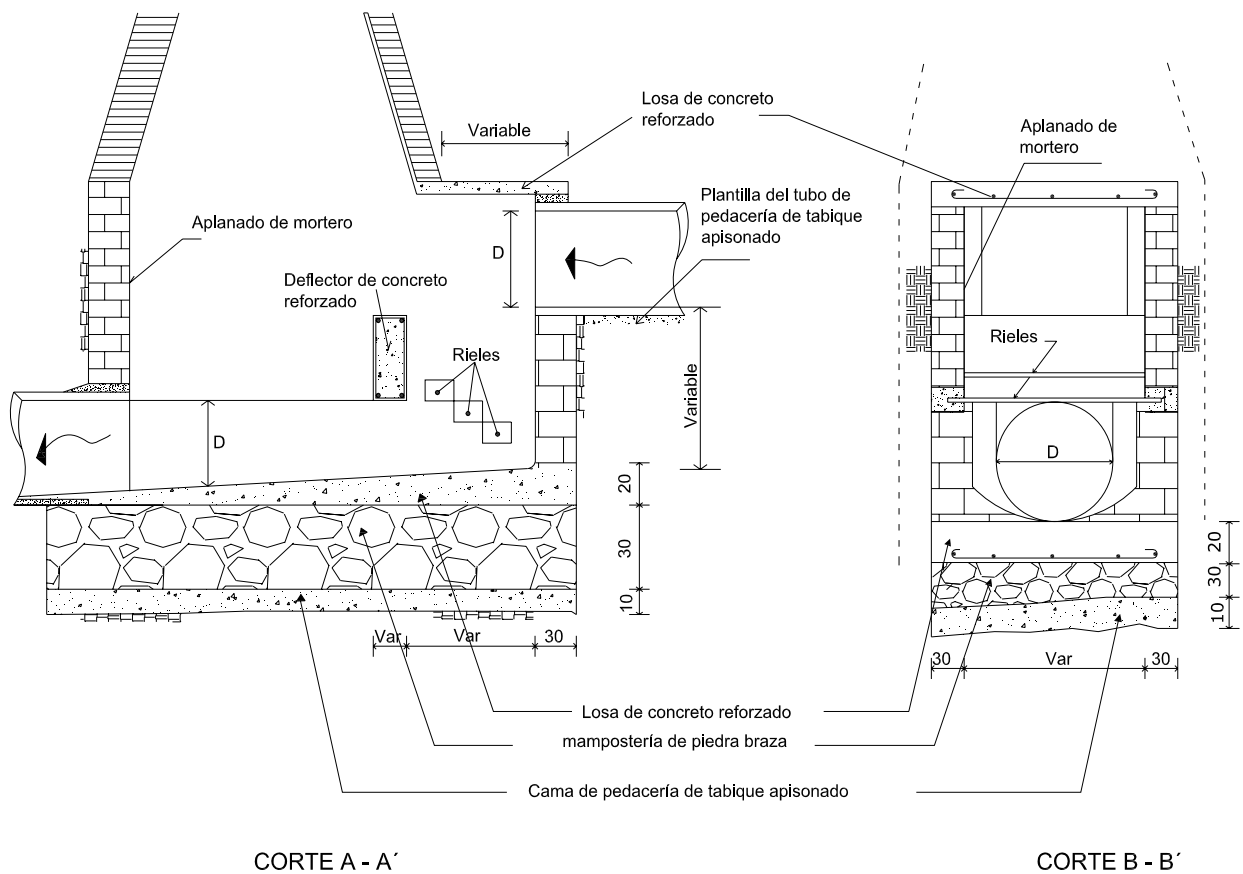


FIGURA 8.- Pozo caja de visita con caída y deflector

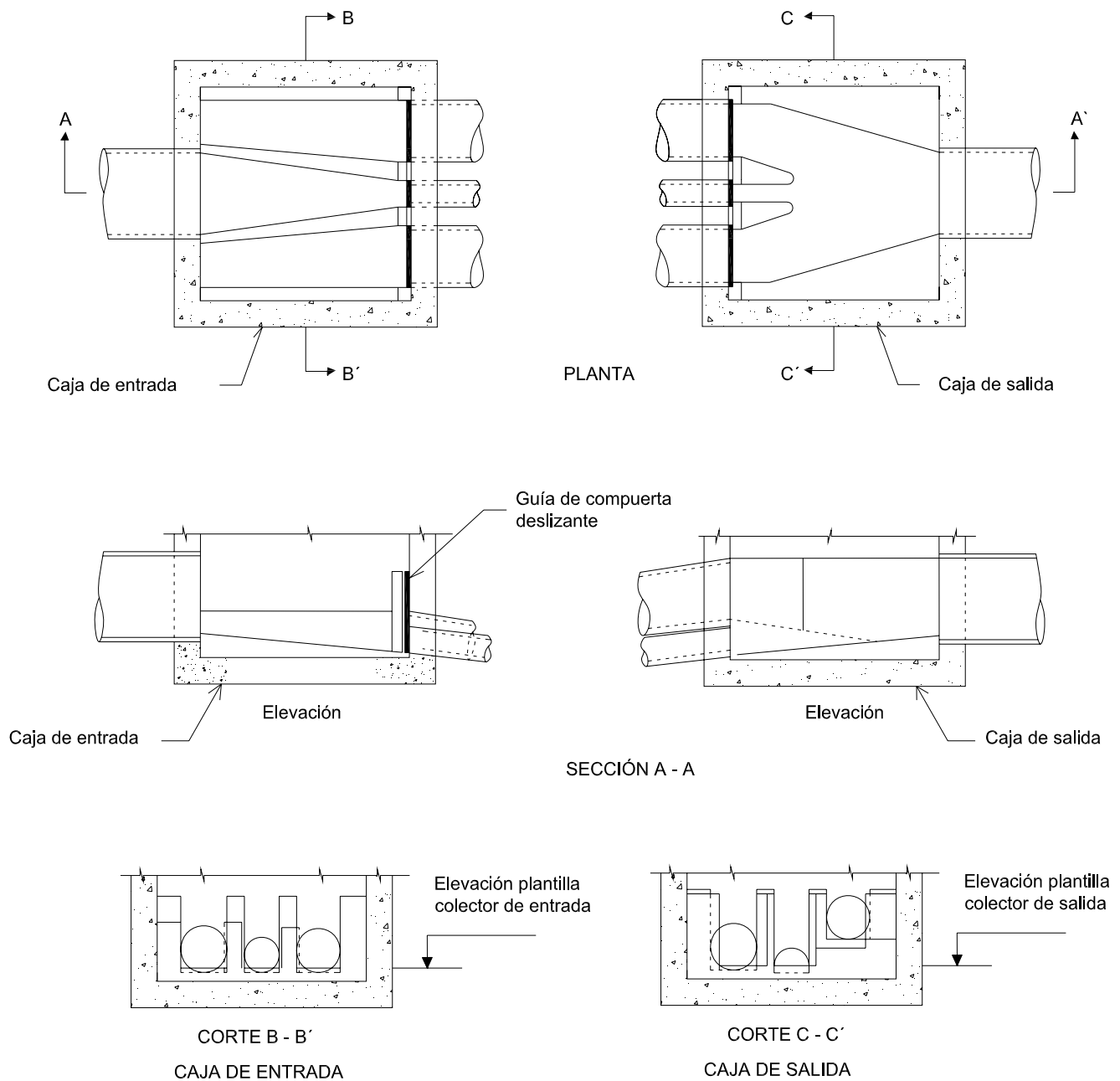


FIGURA 9.- Modelo de sifón invertido de conducto múltiple. Variante en las cajas de entrada y salida



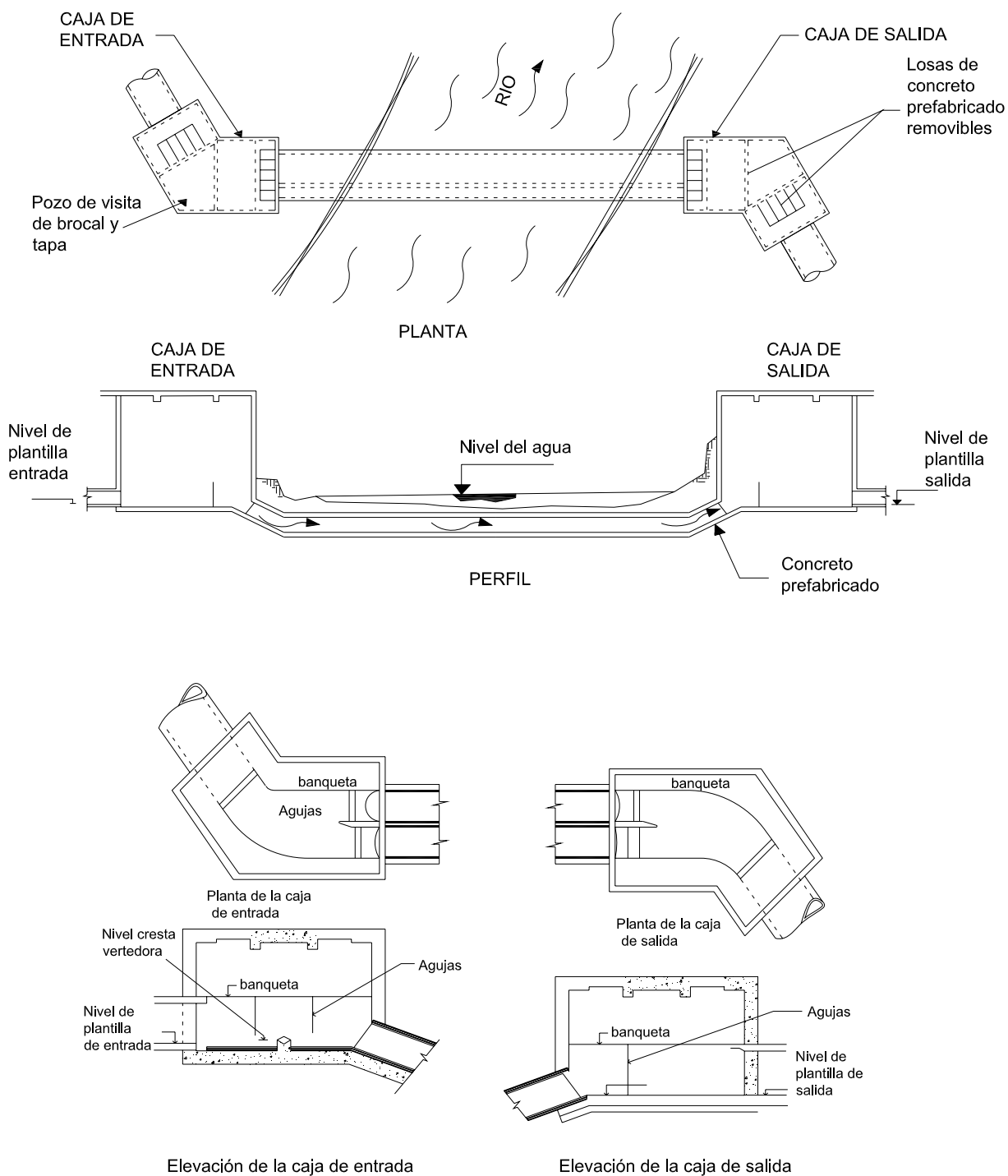
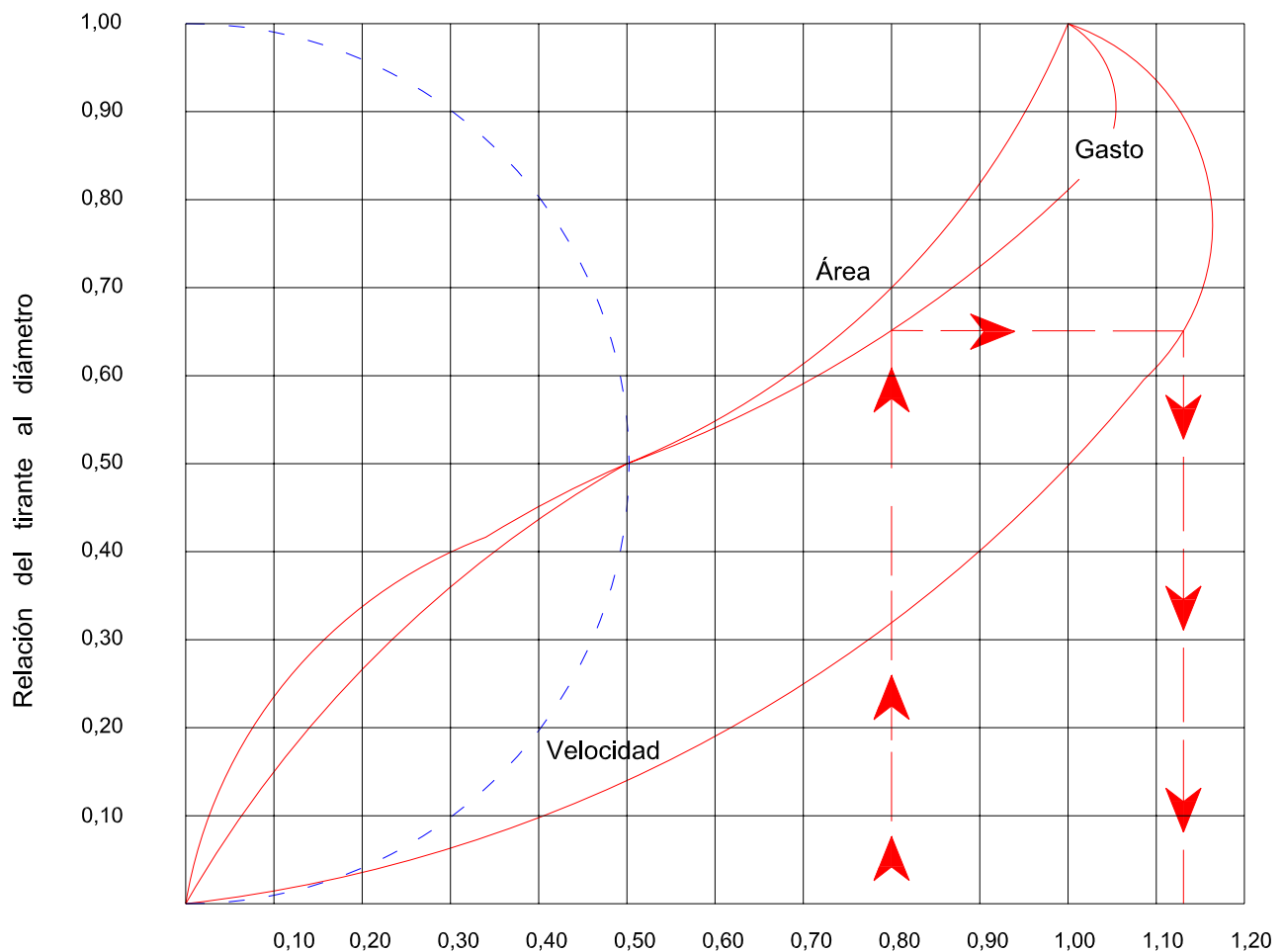


FIGURA 10.- Modelo de sifón invertido de dos conductos, controlado con vertedores.

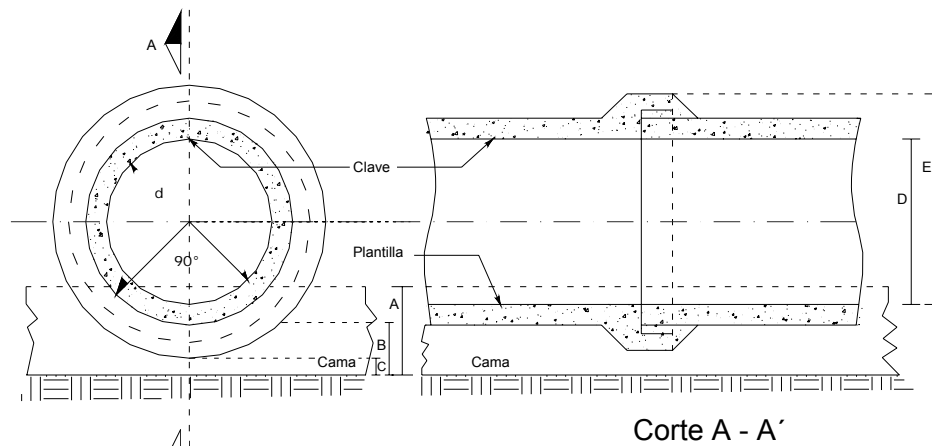


Relación del área, velocidad y gasto, de tubo parcialmente lleno a tubo lleno.

Ejemplo: Si a tubo lleno se tiene  $Q=425$  l/seg y  $V=2,14$  m/seg., obtener la velocidad para  $Q = 340$  l/seg. Sin variar la pendiente.

El porcentaje respecto al tubo lleno es  $= 340/425 = 80\%$ , entrando a la gráfica se obtiene el porcentaje respecto a la sección llena de 1,125 que multiplicado por 2,14 da  $V= 1,125 \times 2,14 =$

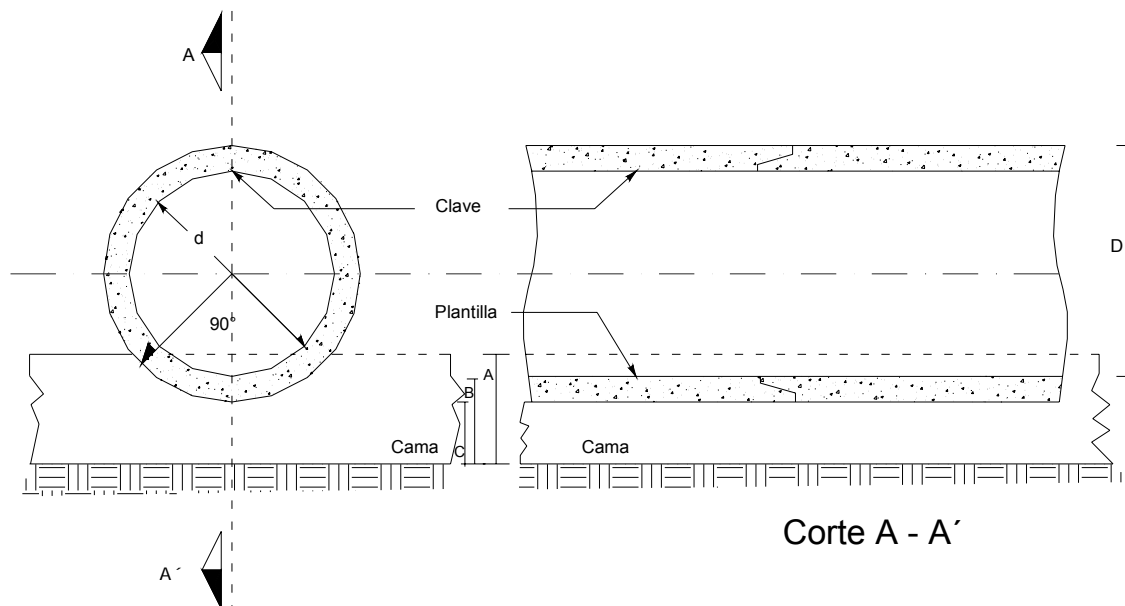
FIGURA 11.- Elementos hidráulicos de la sección circular.



d	A	B	C	D	E
15	0,8	6,5	3	16,6	19,5
20	10	8,6	3	21,9	25,6
25	11	9,3	3	27,2	31,2
30	12	9,9	3	32,5	36,9
38	14	11,0	3	41,2	46,0
45	16	12,6	3	48,8	54,6
60	21	15,8	3	65,4	72,8

Notas:

- 1.- Las acotaciones están en centímetros.
- 2.- La columna A, es la que debe tomarse para el presupuesto.
- 3.- La cama debe ser de un material que garantice dos condiciones:
  - 3.1. Facilidad en el acomodo de la tubería
  - 3.2. Formar una superficie tal que la carga del tubo del terreno sea uniforme



d	A	B	C	D
60	14	10,6	3	68,6
76	17	11,9	3	84,9
91	20	13,2	3	101,2
107	22	14,4	3	118,4
122	25	15,7	3	134,7
152	30	18,2	3	167,2
183	35	20,8	3	200,8
213	40	23,3	3	233,3
214	45	24,6	3	565,6

**Notas:**

- 1.- Las acotaciones están en centímetros.
- 2.- La columna A, es la que debe tomarse para el presupuesto.
- 3.- La cama debe ser de un material que garantice dos condiciones:
  - 3.1. Facilidad en el acomodo de la tubería.
  - 3.2. Formar una superficie tal que la carga del tubo en el terreno sea uniforme

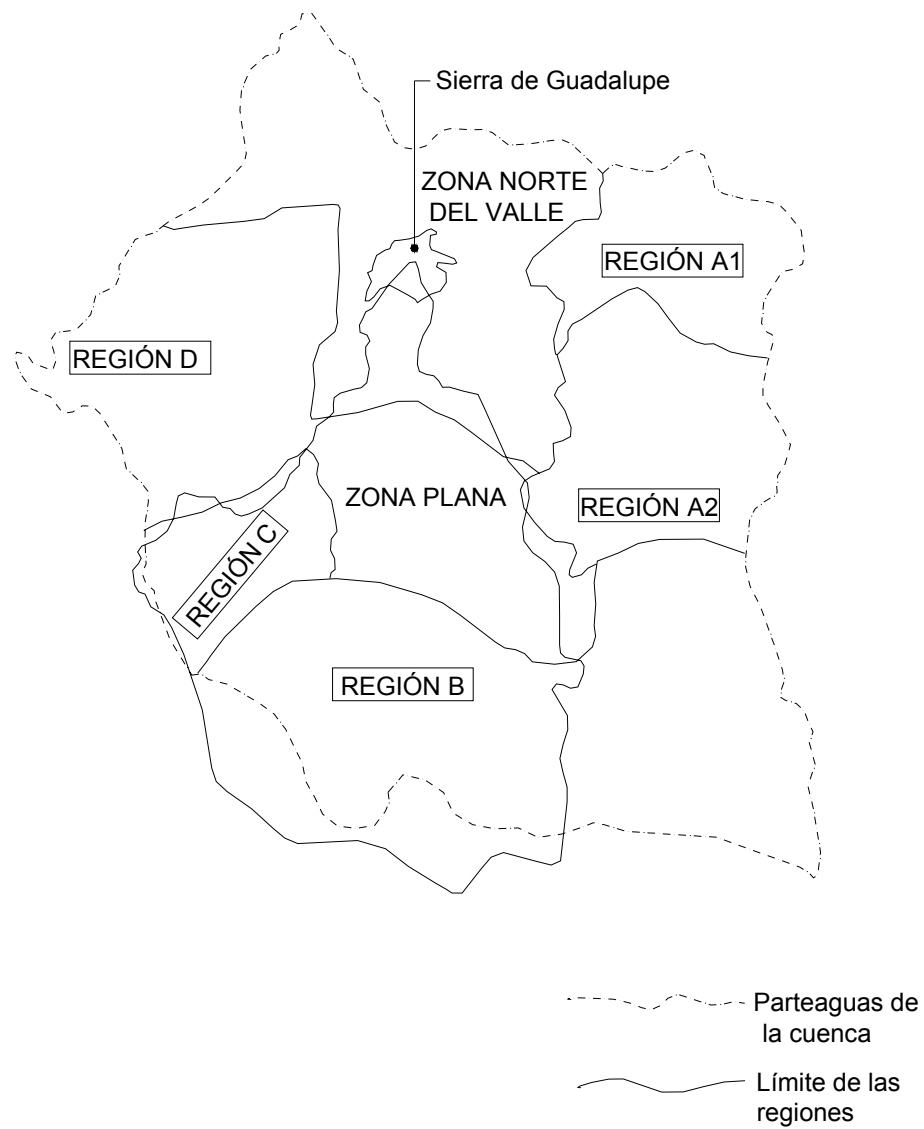
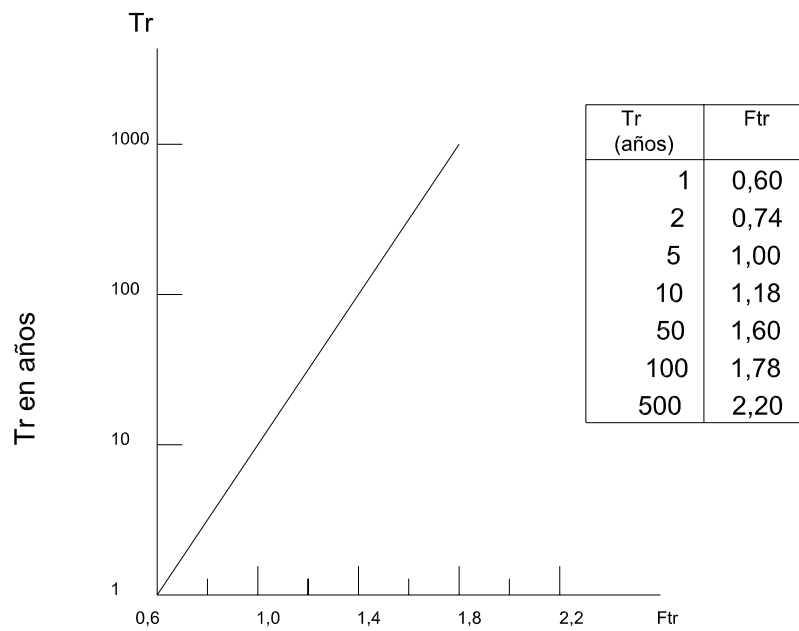
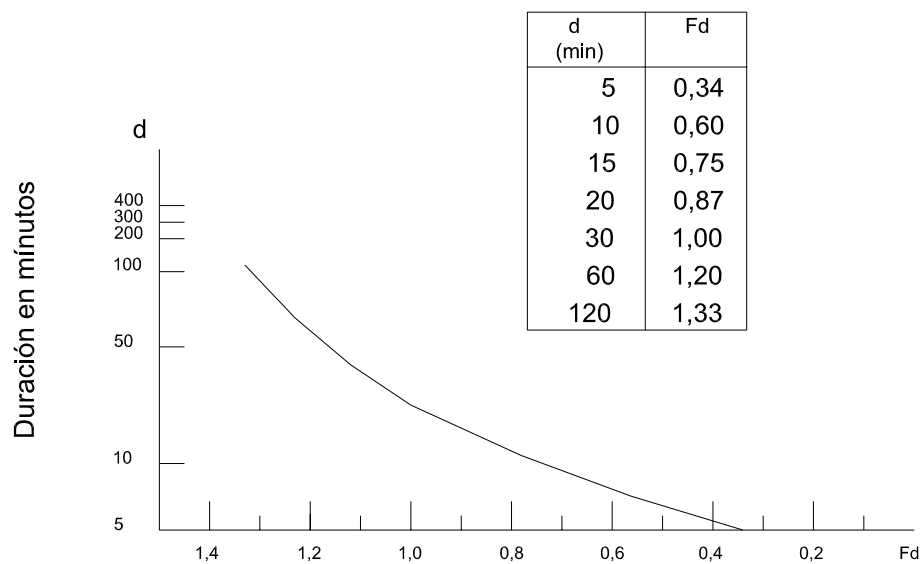


Figura 15. Regionalización del coeficiente de escurrimiento en áreas no urbanizadas del Valle de México



a) Factor de ajuste ( $F_{tr}$ ) por periodo de retorno ( $tr$ )



b) Factor de ajuste ( $F_{tr}$ ) por duración ( $d$ )

Figura 16. Factor de ajuste por periodo de retorno y duración

1.- Frecuencia  $i = \frac{500}{t^{0,5}}$   
35 años

3.- Frecuencia  $i = \frac{225}{t^{0,5}}$   
2 años

2.- Frecuencia  $i = \frac{320}{t^{0,5}}$   
5 años

4.- Frecuencia  $i = \frac{200}{t^{0,5}}$   
1 año

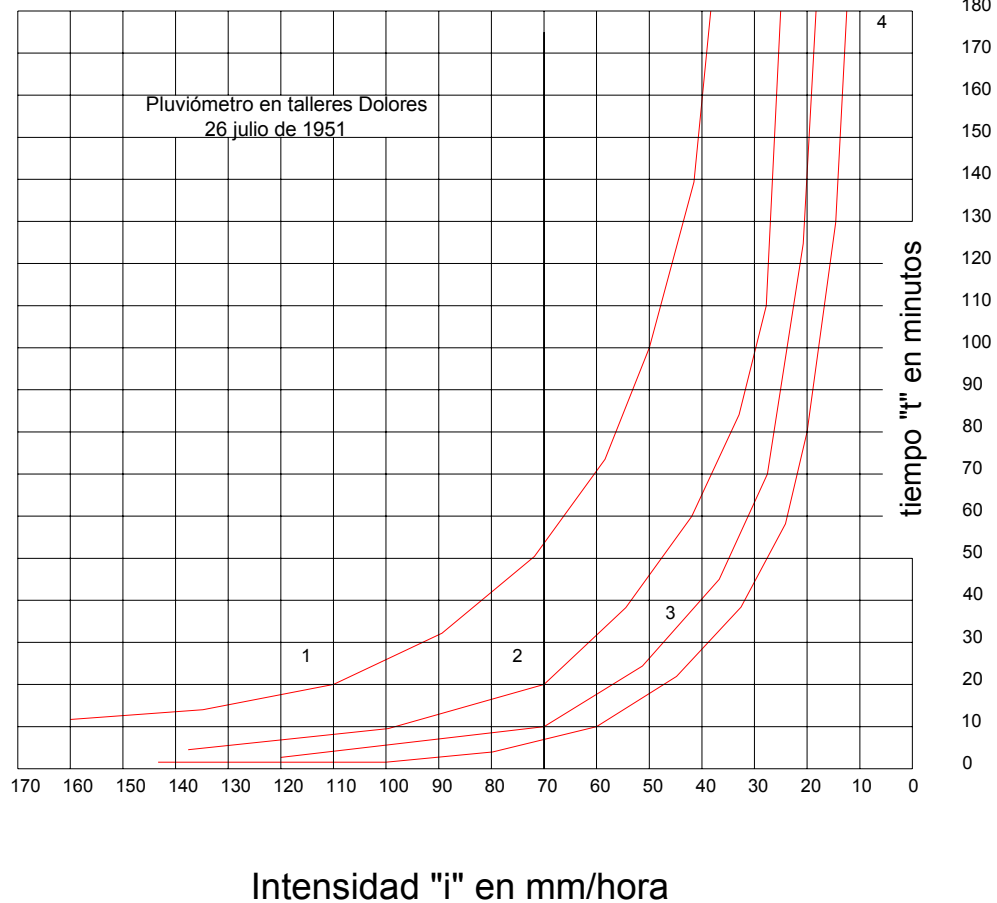
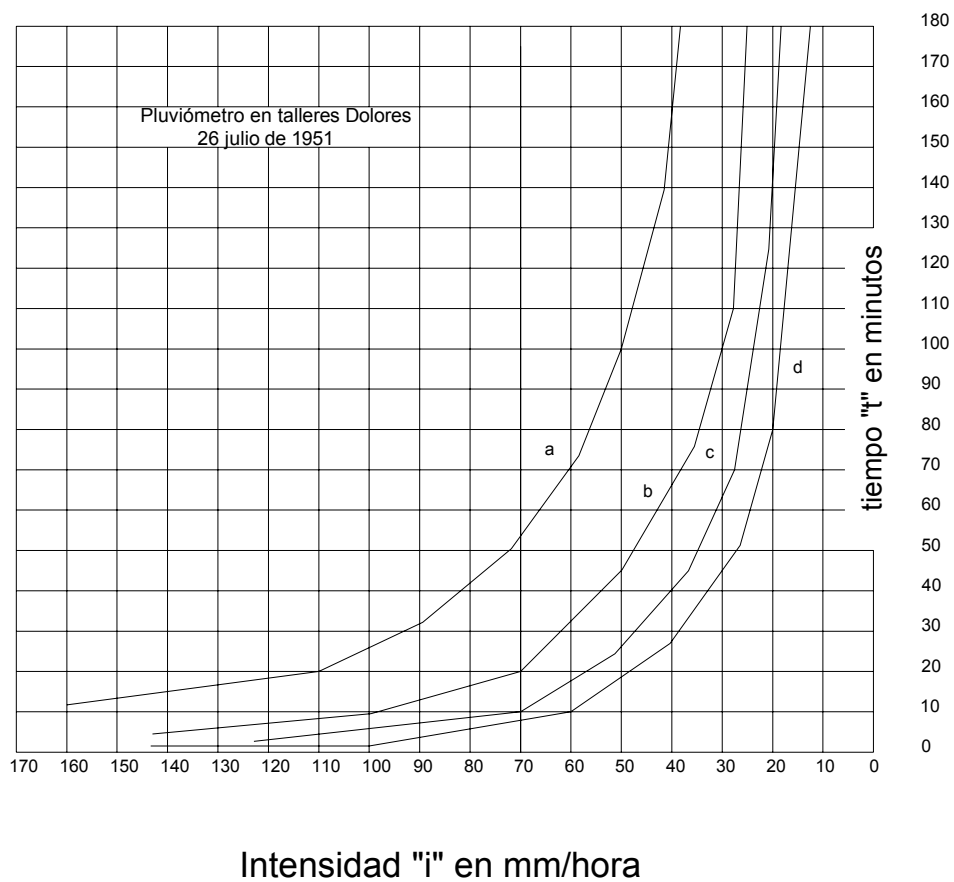


Figura 17. Gráfica de intensidad de lluvia



NOTAS:

- a) Frecuencia 35 años  $i = 500/t^{0.5}$
- b) Frecuencia 5 años  $i = 320/t^{0.5}$
- c) Frecuencia 2 años  $i = 225/t^{0.5}$
- d) Frecuencia 1 año  $i = 200/t^{0.5}$

Figura 18. Gráfica de intensidad de lluvia



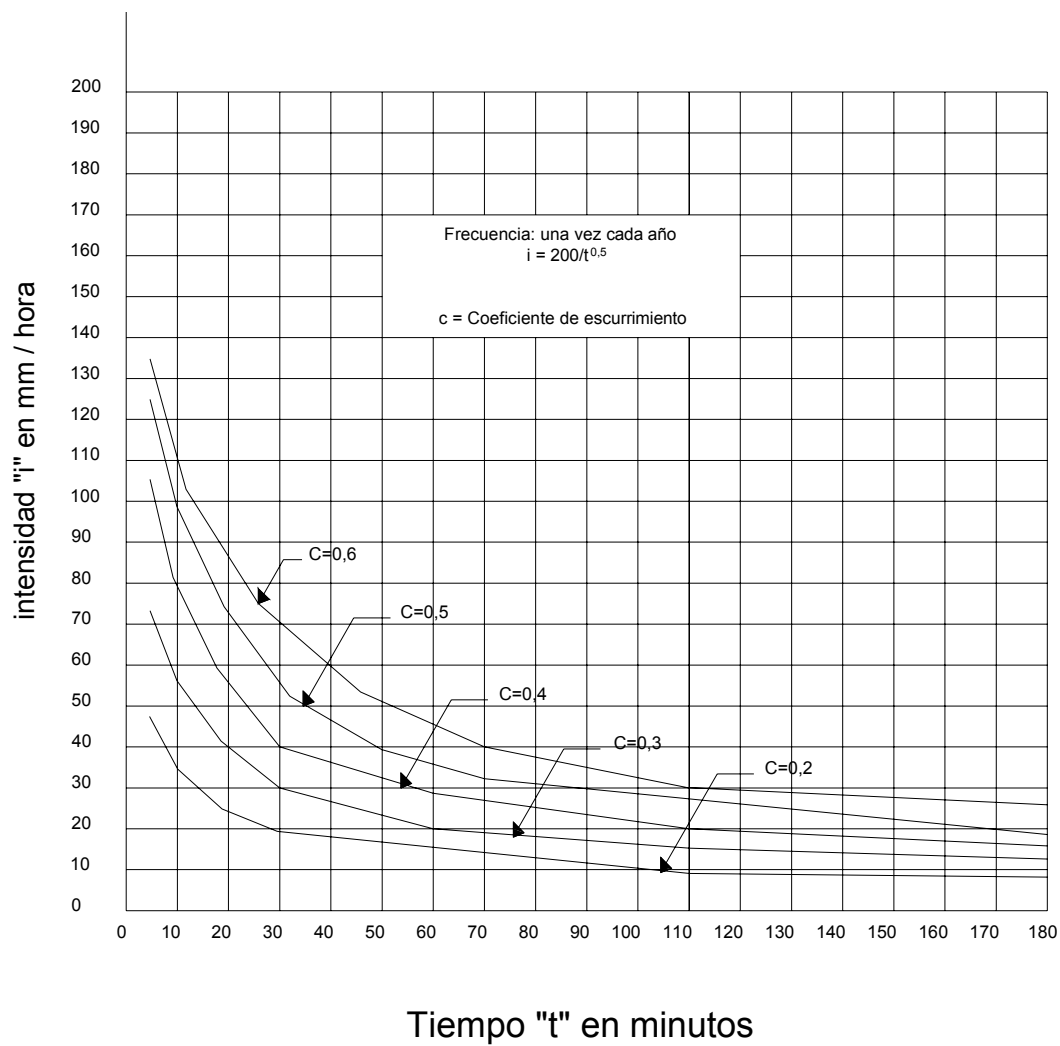


Figura 19. Gráfica de intensidad de lluvia, una vez al año.

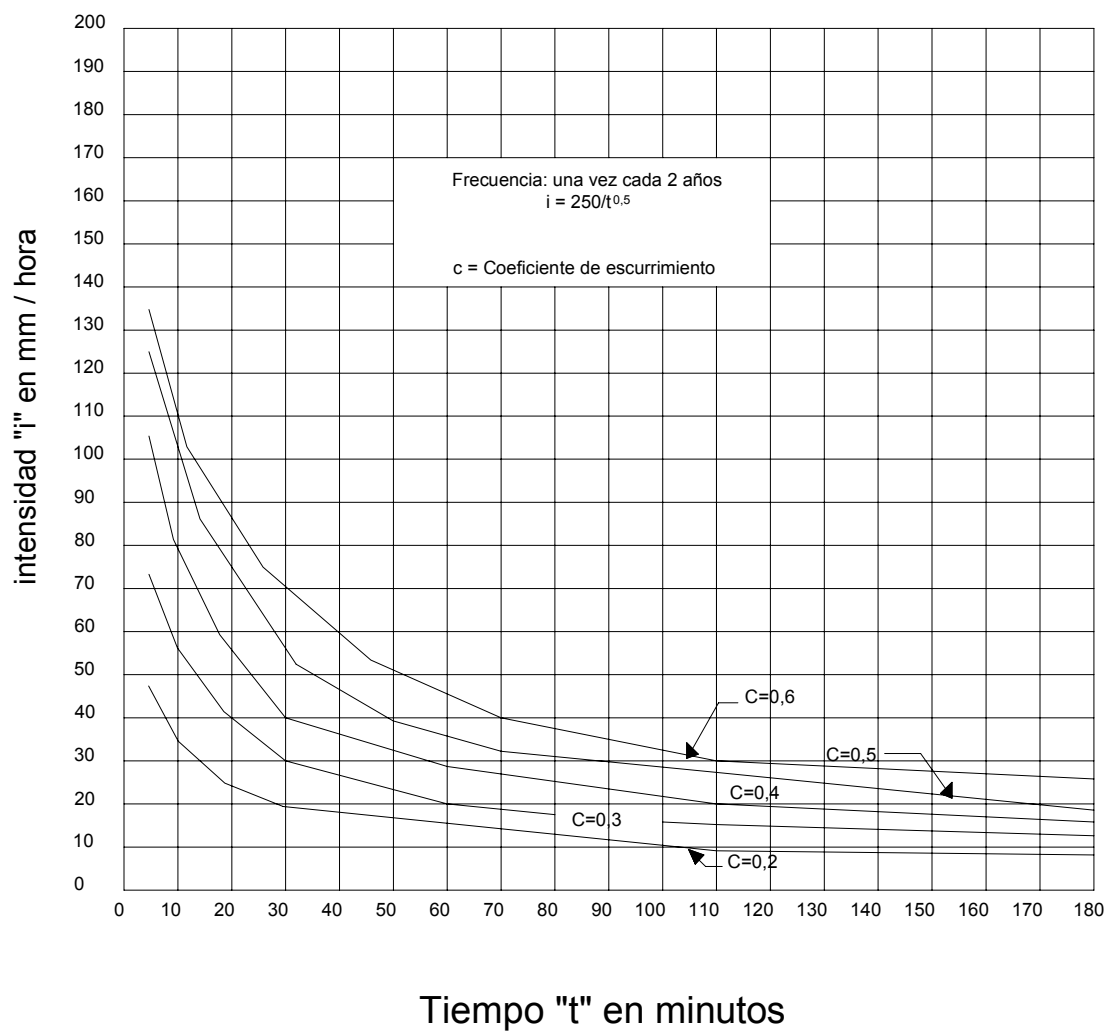


















Figura 20. Gráfica de intensidad de lluvia.

Tabla 4. Signos convencionales para tubería de alcantarillado

Colector existente_____	
Colector en proyecto_____	
Atarjea existente_____	
Atarjea en proyecto_____	
Sentido de escurrimiento_____	
Cabeza de atarjea en proyecto_____	
Pozo de visita existente_____	
Pozo de visita con caída_____	
Pozo de visita en proyecto_____	
Coladera de banquetta_____	
Coladera de tormenta_____	
Cota de rasante_____	
Cota de terreno_____	
Cota de plantilla_____	
Diámetro del tubo_____	
Longitud / pendiente_____	

33,60 R

33,40

31,00

Ø 38

50/20

NOTAS:

Longitud en metros medidas gráficamente del plano a escala

Elevaciones en metros, sumarles:2200 para referirlas al nivel del mar.

Diámetro en centímetros, pendiente en milésimas

Diám. Interior Tubo (cm)	Ancho de zanja "B" (cm)
20	65
25	70
30	75
38	90
45	110
61	135
76	155
91	175
107	190
122	210
152	250
183	280
213	320
244	360

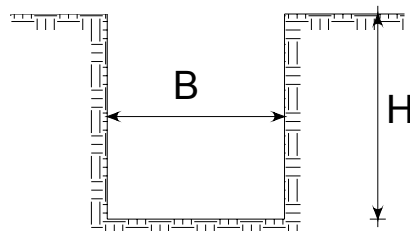


FIGURA 12 Ancho de zanjas

Notas:

- 1.- Las tuberías que se instalen deben ser de juntas de macho y campana hasta 45 cm de diámetro y para diámetros mayores de espiga y ceja.
- 2.- El colchón mínimo sobre el lomo del tubo debe ser de 90 cm, excepto en los sitios que por razones especiales se indiquen en los planos otros valores.
- 3.- La profundidad mínima de la zanja será la que se obtenga sumando al colchón mínimo el diámetro exterior de la tubería y el espesor de la plantilla "A" (figs. 13 y 14) .
- 4.- En todas las juntas se deben excavar conchas para facilitar el junteo de los tubos de macho y campana y la inspección de éstas.
- 5.- Es indispensable que a la altura del lomo del tubo, la zanja tenga realmente como máximo el ancho indicado, pero a partir de ese punto, puede dársele a sus paredes el talud que se haga necesario para evitar el empleo de ademe.
- 6.- Si el representante del Gobierno del Distrito Federal autoriza el empleo de un ademe provisional, el ancho de zanja debe ser igual al indicado en la tabla más el ancho que ocupe el ademe.

LIBRO	2	SERVICIOS TÉCNICOS.
PARTE	03	PROYECTOS EJECUTIVOS
SECCIÓN	04	AGUA A PRESIÓN Y ALCANTARILLADO
CAPÍTULO	007	DISEÑO DE POZO PARA EXTRACCIÓN DE AGUA

## A. DEFINICIÓN, CLASIFICACIÓN Y OBJETO

A.01. Es la serie de estudios técnicos, pruebas y análisis físico-químicos que se realizan para identificar las características hidrogeológicas del sitio para la perforación de un pozo para extracción de agua, así como para calcular los elementos que conforman la construcción de dicho pozo.

A.02. El diseño de pozo para extracción de agua abarca:

### a. Estudios

1. Geológicos y geofísicos
2. Hidráulica subterránea
3. Geoquímicos
4. Calidad del agua

### b. Anteproyecto

1. Ubicación del sitio de perforación
2. Perforación directa en su caso
3. Determinación de las características de la perforación exploratoria
4. Equipo de perforación

### c. Proyecto ejecutivo

1. Parámetros básicos
2. Profundidad total del pozo
3. Diámetro y espesor del ademe
4. Diámetro de la perforación
5. Contraademe
6. Abertura de la ranura
7. Filtro de grava
8. Protección superficial del pozo

A.03. El objeto del diseño es establecer los requisitos necesarios que se deben cumplir para la perforación del pozo para extracción de agua, en forma económica y eficiente.

## B. REFERENCIAS DEL CONCEPTO EN OTROS DOCUMENTOS

B.01. Existen algunos conceptos que intervienen o pueden intervenir en el proyecto de Diseño de Pozo para Extracción de Agua, que son tratados en otros capítulos de estas Normas de Construcción del Gobierno del Distrito Federal o en el de Normas de otras Dependencias o Entidades de la Federación, Organismos o Asociaciones Nacionales, Regionales o Internacionales, conceptos que deben sujetarse en lo que corresponde a lo indicado en la cláusulas de Requisitos de Elaboración, Criterios de Medición y Base de Pago que se indican en los capítulos relacionados a continuación y de los cuales ya no se hará más referencia en el texto de este capítulo.

CONCEPTOS	CAPÍTULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de los acuíferos.	NOM-003-CNA	CNA
Requisitos para la protección de acuíferos durante el mantenimiento y rehabilitación de pozos de extracción de agua y para el cierre de pozos en general.	NOM-004-CNA	CNA
Eficiencia energética electromecánica en sistemas de bombeo para pozo profundo en operación límite y método de prueba.	NOM-006-ENER	SE
Tubos ranurados de acero al carbono para ademe de pozos de agua para extracción y/o infiltración-absorción de agua-especificaciones.	NMX-B- 050	SECOFI

CONCEPTOS	CAPÍTULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Tubos de acero con o sin costura, negros y galvanizados por inmersión en caliente	NMX-B-177	CANACERO
Productos siderúrgicos-tubos de acero con o sin costura-series dimensionales.	NMX-B-179	CANACERO
Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.	NOM-014-SSA1	SSA
Modificación a la Salud Ambiental. Agua para Uso y Consumo Humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.	NOM-127-SSA1	SSA
Topografía	2.02.01.001	G.D.F.
Supervisión de obras e instalaciones	2.04.01.001	G.D.F.
Ademes en las paredes de las excavaciones	3.01.01.008	G.D.F.
Perforación de pozo para extracción de agua	3.01.01.024	G.D.F.
Sistema de agua potable	3.01.01.025	G.D.F.
Bentonita y aditivos para perforación	4.01.01.010	G.D.F.
Cemento hidráulico	4.01.01.013	G.D.F.
Concreto hidráulico	4.01.02.003	G.D.F.
Válvulas, piezas especiales y accesorios de acero para tubería	4.01.02.016	G.D.F.

CONCEPTOS	CAPÍTULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Tubos y conexiones de materiales derivados de resinas sintéticas minerales y termoplásticos	4.01.02.024	G.D.F.
Manual de rehabilitación de pozos.	Gerencia de Normas Técnicas	SARH(CNA)

## E. REQUISITOS DE EJECUCIÓN.

E.01. Estudios. Consisten en la obtención de datos de índole geológica-geohidrológica la cual incluye mediciones de nivel del agua subterránea, caudales de operación de pozos y norias existentes, estadística de realización de pruebas de bombeo y análisis físico-químicos-bacteriológicos del agua; que proporcionen informes de las características de los acuíferos a explotar.

- a. Geológicos. Proporcionan datos e información de los diferentes estratos que conforman la litología que existe en la zona investigada, estos estudios geológicos incluyen los geofísicos que permiten la evaluación de los acuíferos, mediante la medición de las propiedades de los estratos como la resistividad eléctrica, densidad, velocidad de transmisión de las ondas elásticas, susceptibilidad magnética, polarización y radioactividad natural de las rocas; la evaluación se realiza con un mínimo de sondeos con los que se calibran estas mediciones.
- b. Hidráulica subterránea. Estos estudios definen el comportamiento general del movimiento de las aguas subterráneas, dirección, velocidad, tamaño y tipos de cuencas, además de proporcionar valores de permeabilidad, conductividad hidráulica, coeficientes de almacenamiento, gradiente hidráulico y caudales de explotación, así como tipo y espesor de los acuíferos.

En estos estudios se deben incluir: estadística de mediciones de niveles estáticos y dinámicos de fuentes cercanas, medición de caudales e interpretación de pruebas de bombeo realizadas, definición del espesor de los acuíferos, clasificación de los mismos, extensión de las cuencas y subcuencas, así como zonas de recarga y descarga, además de la estimación de la presión confinante del conjunto agua-suelo en el sitio de la perforación. Con base en estos datos, se podrá determinar la distancia que debe haber entre los pozos existentes y el propuesto, así como elaborar el anteproyecto para la perforación previa.



- c. Geoquímicos. El agua al fluir por un acuífero, tiene modificaciones en su composición, debido a las reacciones físico-químicas que se producen al contacto con los estratos que atraviesa, consistentes en disolución de sales o en el ataque químico de los minerales contenidos en las rocas, el ataque o disolución puede ser por varios fenómenos entre los que se menciona la hidratación, hidrólisis, oxidación y cambio de potencial de hidrogeno (pH).
- d. Calidad del agua. Proporcionan información de los procesos que ocurren en los acuíferos. El agua subterránea no es químicamente pura, comúnmente contiene elementos químicos básicos como son: sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro y aluminio; radicales ácidos como: cloro, sulfatos y carbonatos. Por lo general el agua subterránea es potable; desde el punto de vista bacteriológico; pierde esa característica por contaminación directa, por bacterias naturales del suelo y por desechos humanos o animales.

E.02. Anteproyecto. Después de concluidos los estudios previos y haber obtenido los datos geohidrológicos de la zona, se define el sitio más conveniente para la perforación del pozo.

- a. Ubicación del sitio de perforación. Para proponer el o los sitios de la perforación previa debe incluirse entre otros: estudio de costo-beneficio, zona beneficiada, si se cuenta con la infraestructura para la operación del pozo, cercanía con otros pozos que de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA; la distancia no debe ser menor de 500 metros en línea recta uno del otro.
- b. Perforación directa. Cuando se pretende conocer si es posible perforar pozos en una zona sin explorar, con características geohidrológicas poco o nada conocidas, se recomienda realizar sondeos exploratorios entre 0,0508 m (2") y 0,1016 m (4") de diámetro, con recuperación de muestras, para conocer las características litológicas, espesores y potencialidad de los acuíferos, además de la profundidad de los acuíferos y las características físicas, químicas y bacteriológicas del agua subterránea.

Las muestras extraídas deben ser clasificadas mediante un análisis mineralógico, relacionado con el entorno físico para catalogar los tipos de acuíferos, determinar su capacidad, la calidad del agua y así decidir si deben o no perforar el pozo en la zona propuesta.

Para toma de decisiones, también puede optarse por hacer perforaciones con diámetro mayor y realizar directamente una prueba de productividad primaria, colocando un ademe recuperable, si bien las muestras de roca obtenidas ya no son inalteradas, las ventajas en este tipo de estudios es la de constatar directamente la potencialidad de los acuíferos y zonificar la calidad del agua a diferentes profundidades.

- c. Determinación de las características de la perforación exploratoria. Con la estadística de la litografía del suelo se determina la profundidad de la perforación exploratoria, así como su diámetro y el equipo de perforación más conveniente.
- d. Equipo de perforación. En el anteproyecto se debe recomendar el equipo idóneo para la construcción del pozo. De esto depende en gran medida las características o modificaciones que se puedan hacer para la terminación y definición de parámetros como longitud, diámetros de la perforación y los ademes, así como profundidad total de la captación. Los avances de perforación están relacionados según la dureza de los materiales que se atraviesan y repercuten finalmente en los costos de la obra.

Los equipos para perforación son de dos tipos, percusión y rotatorio, se deben analizar las ventajas y desventajas de cada uno de ellos para el caso que se estudia; dentro de los parámetros más importantes a analizar está el geológico, que involucra tanto el aspecto constructivo como el económico .

En formaciones de materiales granulares no cementados, suaves, de granulometría fina, así como duros no permeables de granulometría media, se recomienda la máquina rotatoria.

En el caso de formaciones de materiales granulares cementados, muy duras, de granulometría muy gruesa, es más conveniente la máquina rotatoria siempre y cuando no sean muy permeables, en cuyo caso para evitar la pérdida del fluido de perforación, se recomienda la máquina de percusión.

E.03. Proyecto ejecutivo. Con base en los resultados obtenidos de los estudios hidrogeológicos y de la perforación previa, el diseño debe cumplir con lo siguiente:

a. Parámetros básicos

- 1. El caudal de explotación, debe ser el mayor posible con el mínimo de abatimiento, de acuerdo a la capacidad del acuífero.

2. El pozo debe tener una longitud tal que sea totalmente penetrante, en casos de acuíferos muy gruesos, la longitud debe ser aquella que garantice las menores pérdidas y los niveles de explotación más convenientes, para garantizar la eficiencia de los equipos de bombeo y justificar la inversión.
  3. El agua que se obtenga debe estar en lo posible libre de arenas.
  4. Se debe proteger adecuadamente el acuífero de contaminación con otros de mala calidad y contra escurrimientos de aguas superficiales, lo que se lograría colocando el contraademe.
  5. La vida útil de diseño del pozo no debe ser menor a 25 años.
- b. Profundidad total del pozo. La profundidad óptima del pozo, depende de los espesores y características de los acuíferos; la profundidad total se obtiene de la suma de la longitud de la cámara de bombeo más la longitud de la cámara de captación, también calculadas para la vida útil citada en el subinciso E.02.a.5., inmediato anterior.
1. La cámara de bombeo como su nombre lo indica es la parte del pozo donde se alojará la bomba durante su vida útil, ésta sirve como conducto vertical para elevar el agua hasta el nivel de superficie; regularmente se adema con tubería lisa, a menos que exista una capa acuífera de poco espesor que aumente el caudal durante los primeros años de su operación.

Para determinar la longitud de la cámara de bombeo se suman:

Nivel dinámico, más (+) evolución anual del nivel del agua subterránea, más (+) longitud de la bomba, más (+) sumergencia necesaria del cuerpo de tazones.

2. Cámara de captación, parte del pozo que permite la entrada del agua del acuífero al interior del mismo, en esta zona se coloca el ademe ranurado; su longitud se calcula por medio de la fórmula de continuidad hidráulica.

$$Q = A V$$

En donde:

Q = Gasto de explotación propuesto ( m<sup>3</sup> / seg )

A = Área hidráulica necesaria para permitir la explotación del acuífero al gasto propuesto en función de la longitud de la cámara de captación.  
(m<sup>2</sup>)

V = Velocidad de entrada de agua a través de las ranuras del ademe. Este valor no debe exceder de 0,01 a 0,03 m/seg, para no provocar incrustaciones del material ni corroer las ranuras.

Para determinar la longitud de la cámara, es necesario considerar adicionalmente un porcentaje de seguridad, el cual dependerá de la calidad del agua, sea ésta corrosiva o incrustante.

- c. Diámetro y espesor del ademe. La función del ademe es evitar el derrumbe o colapso de las paredes de la perforación del pozo y garantizar la captación; son tubos de diámetros y espesores definidos por el tipo de estrato que atraviesa y la profundidad a la que se van a colocar. Tubos lisos para la cámara de bombeo y ranurados para la zona de captación, el tramo ranurado permite el flujo del agua hacia los elementos mecánicos de impulsión de la bomba.

Las especificaciones de los tubos deben cumplir con la Normas Mexicanas NMX-B-177, NMX-B-179 y NMX-B-050; descritas en la cláusula B de Referencias.

El ademe que se colocará debe ser el adecuado a las características litológicas detectadas, su espesor y composición dependen de las presiones que se presenten en el acuífero y la calidad del agua monitoreada.

La parte superior del ademe debe sobreelevarse 0,50 m de la superficie del suelo, como lo indica la Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA "Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de los acuíferos".

El diámetro del ademe debe ser el que garantice el flujo del gasto y debe ser mayor cuando menos 0,762 m (3") que el diámetro de los tazones de la bomba.

- d. Diámetro de la perforación. El diámetro de la perforación definitiva se obtendrá, sumando al diámetro exterior del ademe, más dos veces el espacio anular para alojar el filtro de grava, el cual no debe ser menor que 0,762 m (3").
- e. Contraademe. Su función es evitar la infiltración del agua superficial al pozo y posteriormente al acuífero y garantizar que no se contamine el pozo durante su vida útil

La parte superior del contraademe debe estar sobreelevado mínimo 0,20 m de la superficie, como lo indica la Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA, descrita en la cláusula B de Referencias.

El espacio anular entre el contraademe y la formación adyacente debe ser llenado totalmente con una lechada de cemento Pórtland y agua, de acuerdo a la norma 3.01.01.024 “Perforación de pozo para extracción de agua” de las Normas de Construcción de la Administración Pública del Distrito Federal, señalada en la cláusula B de Referencias.

- f. Abertura de la ranura. Para el cálculo del tamaño de la ranura se debe considerar la granulometría del acuífero, si está contenido en sedimentos no consolidados; es decir, las partículas que componen las diferentes capas litológicas que conforman el acuífero se deben clasificar, tomando como límite su tamaño de acuerdo a la Tabla 1.

Tabla 1. Tamaños de partículas en las capas litológicas

Sedimentos	Diámetro promedio en mm
Arcillas	Menores a 0,004
Limos	0,004 a 0,063
Arena muy fina	0,063 a 0,125
Arenas finas	0,125 a 0,250
Arenas medias	0,250 a 0,500
Arenas gruesas	0,500 a 1
Arenas muy gruesas	1 a 2
Grava muy fina	2 a 4
Grava media	4 a 64
Grava gruesa	64 a 256
Guijarros	Mayores a 256

Por tratarse de un diseño ejecutivo, el tamaño real del material del subsuelo sólo será conocido si se cuenta con una perforación directa, si no se tiene ésta, debe aclararse que este parámetro solo sirve como referencia para la cotización de la obra y se modificará al término de la perforación exploratoria.

- g. Filtro de grava. Los mejores acuíferos son aquellos en los que su tamaño efectivo equivale a materiales gruesos de una muestra (90 %) y cuyo coeficiente de uniformidad resulta de la división del 90 % entre el 40 % retenido es de 2, el tamaño de la abertura está estrechamente relacionado con la decisión de colocar o no el filtro de grava, el cual se escoge para retener la mayor parte del material granular 90 % después de desarrollado; ya que el coeficiente de uniformidad de los filtros más comerciales es aproximadamente de 2.

Para el diseño de filtro de grava es necesario contar con un análisis granulométrico de la formación litológica de donde se va a captar el agua.

El tamaño efectivo se define del tamaño de los granos correspondientes al 90 % retenido acumulado que se denota como  $D_{90}$ . El coeficiente de uniformidad (CU), es la relación de los tamaños correspondientes al 40 % y 90 %, denotado como  $D_{40}/D_{90}$ , valor que da una idea de la pendiente de la curva granulométrica, pues a valores pequeños del coeficiente de uniformidad corresponden a curvas más uniformes y viceversa.

Se requiere filtro de grava cuando el coeficiente de uniformidad ( $D_{40}/D_{90}$ ) es menor de 3 y el tamaño efectivo ( $D_{90}$ ) es menor de 0,25 mm (0,01").

Cuando no se requiere filtro de grava, la abertura de la rejilla debe corresponder al  $D_{40}$ , diámetro equivalente al 40 % retenido acumulado.

Cuando es necesario el filtro de grava, la abertura de la rejilla debe ser equivalente al  $D_{90}$ . El espesor del filtro debe ser de 76,2 mm (3") a 152,4 mm (6"), por lo que el espacio anular debe ser mayor a 76,2 mm (3"); considerando que si el espesor del filtro es muy grande, entorpece las operaciones de limpieza, porque resulta bastante difícil remover los residuos de lodos de perforación adheridos a los acuíferos.

- h. Protección superficial del pozo. El diseño de los elementos para la protección del pozo, están especificados en la Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA, descrita en la cláusula B de Referencias y se deben aplicar los siguientes incisos:

6.5.1.1. Sobreelevación del ademe por encima del nivel del suelo

6.5.2. Contraademe







LIBRO	2	SERVICIOS TÉCNICOS
PARTE	03	PROYECTOS EJECUTIVOS
SECCION	05	PLANTAS POTABILIZADORAS Y TRATAMIENTOS DE DESECHOS RESIDUALES
CAPITULO	001	PLANTAS POTABILIZADORAS

## A. DEFINICIÓN Y CLASIFICACION

A.01. En la selección de los procesos adecuados para proporcionar al agua proveniente de una fuente de abastecimiento, las características de calidad que le permitan ser potable. Abarca el diseño de las unidades, reactores e instalaciones en sus aspectos arquitectónicos, hidráulicos, estructurales y electromecánicos.

A.02. Los procesos o trenes de tratamiento, se clasifican en:

- a. Operaciones unitarias, si involucran procesos físicos exclusivamente; tales operaciones son (ver tablas 1 y 3)
  1. Transferencia de sólidos
    - Cribado
    - Sedimentación
    - Flotación
    - Filtración
  2. Concentración y estabilización de sólidos
  3. Transferencia de iones y coloides
    - 3.1. Floculación
    - 3.2. Adsorción
  4. Transferencia de gases
    - 4.1. Desorción
    - 4.2. Absorción
- b. Procesos unitarios, si se llevan a cabo reacciones químicas o físico-químicas (ver tablas 1 y 2) estos procesos son:
  1. Transferencia de iones y coloides
    - Coagulación
    - Precipitación química
    - Intercambio iónico

2. Estabilización de solutos
3. Procesos de membrana
  - Diálisis
  - Electro diálisis
  - Osmosis inversa
4. Desinfección

## B. REFERENCIAS.

B.01. Existen algunos conceptos que intervienen o pueden intervenir en la elaboración de proyecto de Plantas Potabilizadoras, y que son tratados en otros capítulos de éstas u otras Normas, conceptos que deben sujetarse a lo que en estos capítulos se indica, mismos que se enlistan en la siguiente tabla y conceptos de los que no se hará más referencia en el texto de este capítulo.

CONCEPTO	CAPITULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Ley general de Salud		S.S.
Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios		S.S.
Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal		G.D.F.
Generalidades	2.03.04.001	G.D.F.
Obras de Captación	2.03.04.002	G.D.F.
Sección Cimentaciones y Estructuras	2.03.08 *	G.D.F.
Sección Instalaciones en Edificios	2.03.09 *	G.D.F.
Sección Acabados en Edificios	2.03.10 *	G.D.F.

\* El capítulo que se requiera

## C. REQUISITOS DE ELABORACIÓN.

- C.01. Para determinar los procedimientos de potabilización que deban aplicarse al agua proveniente de una fuente de abastecimiento determinada, deberán conocerse sus características físico-químicas y bacteriológicas mediante los análisis y pruebas de laboratorio establecidos y autorizados por la Secretaría de Salud.
- C.02. Si el agua no satisface las normas de calidad sanitaria fijadas por la Secretaría de Salud, se procederá a diseñar el tren de procesos a que deberá someterse para producir una agua tratada de calidad satisfactoriamente potable. En general, las plantas potabilizadoras se diseñarán para tratar:
- a. Aguas superficiales, cuyo principal objetivo sea reducir los sólidos.
  - b. Aguas subterráneas cuyos procesos sean fundamentalmente para abatir la dureza y/o contenido de hierro-manganeso.
- C.03. Aún cuando la calidad del agua cruda sea satisfactoria para humano, siempre deberá proyectarse un sistema de desinfección, que asegure y conserve la calidad de potable desde el sitio de aplicación del bactericida hasta la entrega al último consumidor. Por lo tanto, el producto desinfectante deberá tener un valor residual que garantice su poder bactericida durante un período de tiempo posterior a su aplicación.
- C.04. Para determinar el tren de procesos de tratamiento más eficiente, podrá auxiliarse el proyectista de plantas piloto o módulos hidráulicos apropiados, en caso de ser necesario y/o a juicio del Departamento.
- C.05. En el diseño se dará preferencia a los equipos y maquinarias de fabricación nacional, a los que presenten costos reducidos de operación y mantenimiento así como aquellos cuyas refacciones, accesorios y reactivos sean de fácil adquisición.
- C.06. El proyectista deberá tener cuidado en la selección del tren de tratamiento, el cual deberá ser acorde con la calidad del agua a tratar, ya que durante el proceso se remueven cierto tipo de constituyentes, permaneciendo otros, por lo que si no se logra remover y hacer permanecer los deseados, se pueden producir efectos adversos y con ello, en vez de mejorar la calidad se puede empeorar. En la tabla 4 se muestra la efectividad de remoción de ciertos constituyentes, mediante algunos procesos y operaciones unitarias.

En la tabla 5 se muestra una evaluación de efectos indirectos de diversas operaciones y procesos unitarios producidos sobre algunos constituyentes.

En la tabla 1 se sugieren trenes de tratamiento para la remoción de constituyentes representativos en aguas de origen superficial y subterráneo.

- C.07. Se deberá estudiar y definir la capacidad de cada uno de los módulos que constituyan la planta, para cubrir las necesidades inmediatas y las previstas durante la vida útil de la planta, siendo éstas las etapas de construcción futura.
- C.08. Dependiendo de los procesos de tratamiento, se proyectarán en la planta, los módulos de reserva y emergencia, que deban entrar en servicio, cuando se dé mantenimiento a la planta o bien se presente alguna falla y que permitan asegurar y entregar el caudal de servicio.
- C.09. El acomodo de las unidades de proceso deberá hacerse de forma que se agrupen compactamente, para reducir tanto la superficie de construcción como las longitudes de conductos e instalaciones.

Así mismo, para simplificar la operación de la planta, se diseñarán controles centralizados para los principales procesos.

- C.10. Como instalaciones complementarias, las plantas potabilizadoras estarán provistas de:
  - a. Almacenes para reactivos, refacciones, herramienta, etc.
  - b. Patios y áreas de maniobras.
  - c. Caseta de vigilancia
  - d. Regadera y servicios sanitarios para el personal
  - e. Laboratorios
  - f. Oficinas administrativas
  - g. Taller de reparaciones menores
  - h. Sistema contra incendio
  - i. Sistema de intercomunicación

- C.11. El proyecto de una planta potabilizadora deberá abarcar tanto los aspectos físico-químicos y bacteriológicos propios del tratamiento como los arquitectónicos, hidráulicos, estructurales y electromecánicos.

Deberá contener las memorias descriptivas y de cálculo, diagramas funcionales, planos generales y de detalle, conceptos y cantidades de obra, especificaciones e instructivos de operación y mantenimiento.

D. CRITERIOS DE MEDICION Y BASE DE PAGO.

- D.01. El costo de elaboración de un proyecto de planta potabilizadora, se analizará y determinara para cada caso particular.
- D.02. El criterio de medición y la base de pago quedarán establecidos en el contrato respectivo.

TABLA 1. EJEMPLO DE TRENES DE TRATAMIENTO

Agua	Constituyentes	PROCESO UNITARIOS				OPERACIONES UNITARIAS					
		Transferencia de iones y coloides		Estabilización de solutos	Proceso preventivo	Proceso de membrana	Transferencia de coloides, iones y sólidos		Transferencia de gases		Transferencia de sólidos
		Precipitación química	Intercambio iónico	Ozonización	Cloración	Osmosis inversa	Coagulación y sedimentación	Adsorción	Aireación	Desorción con columna	Filtración *
Superficial	Turbiedad y/o color Turbiedad y/o color Hierro y manganeso				○		○	←	→		○
					○		○	←	○		○
Subterránea	Alto contenido de calcio, magnesio Hierro y manganeso	○				→			○		○
		○			○	→			○		○
			○			→					○
	Alto contenido de materia orgánica color, olor, Hierro y manganeso			○		→	○	←		○	→
				○	○	→	○	←			○
				○	○	→				○	○
	Metales pesados	○				→			○		○
					○	→					○
	Alto contenido mineral	○	○			→			○		○
			○			→			○		○
			○			→			○		○
					○	→			○		○

\* Filtración precedida por coagulación y sedimentación o por precipitación química.

Tabla 2. Principales proceso (químicos) unitarios de potabilización.

Grupo	Proceso	Descripción	Aplicaciones
Transferencia de iones y coloides.	Coagulación	Adición y mezcla rápida de un reactivo químico al agua, para desestabilizar las partículas coloidales suspendidas finas y para lograr una agregación inicial de las partículas desestabilizadas.	La coagulación seguida de la operación de floculación (Tabla 3) se aplica en: Eliminación de turbiedad y color. Eliminación indirecta de hierro y manganeso y de sustancias generadoras de olores y sabores (después de la aireación del agua)
	Precipitación Química.	Adición de sustancias químicas solubles cuyos iones liberados reaccionan con los iones del agua, para formar precipitados, requiere de mezclado lento.	Precipitación del hierro, por medio de cal hidratada (la reacción es completa con el oxígeno disuelto en agua).  Precipitación de hierro y manganeso por medio de aireación.  Ablandamiento de agua por medio de cal hidratada y carbonato de calcio.  Precipitación de fosfatos por medio de cal hidratada.  Precipitación de metales pesados a distintos pH.
	Intercambio iónico.	Iones específicos del agua se intercambian por iones que forman parte del medio sólido de intercambio. La transferencia entre las fases ocurre en la superficie sólida.	Ablandamiento del agua mediante el intercambio de calcio y magnesio por iones sodio, por medio de una resina sintética regenerada con sal.  Desmineralización por medio del intercambio de cationes por iones de hidrógeno de una resina sintética e intercambio de aniones por iones de oxihidrógeno de otra resina sintética. Las resinas se regenerarán, con un ácido la primera y con una base o sal la segunda.  Remoción de nitrógeno amoniacal por medio de intercambio de iones con la resina selectiva clinoptilolita, la cual se regenera con una base.
Estabilización de solutos.	Estabilización de solutos.	Convertir a formas inocuas los solutos indeseables, presentes en las aguas crudas o generados por los procesos de tratamiento, sin necesidad de removerlos del agua.	Cloración del agua para oxidar un ácido sulfhídrico.  Alcalinización de agua o paso del agua a través de arenilla de mármol con granulometría de 1 a 3 mm. caliza o dolomita, para convertir el exceso de bióxido de carbono en bicarbonato soluble.  Recarbonatación de agua ablandada de agua ablandada y de agua proveniente de procesos de desorción y amoníaco, o de precipitación de fosfatos con exceso de cal, para convertir los oxhidrilos en bicarbonatos.  Sobrecolocación de agua o adición de bióxido de cloro para oxidar las sustancias productoras de olores.  Ozonización de agua para oxidar las sustancias orgánicas precursoras de halometanos y productoras de olores y sabores.  Eliminación de cloro en exceso por medio de agentes reductores como bióxido de azufre.  Adición de poli fosfatos al agua sin aireación. Para mantener el hierro en solución, se aplica directamente en los pozos.  Adición de cal, poli fosfatos o silicato de sodio al agua para producir películas que protejan superficies metálicas.
Procesos de membrana	Diálisis	La fuerza de impulso es una diferencia de concentración.	Desmineralización de aguas salobres y salinas, y en general de aguas con alto contenido de sólidos.
	Electrodiálisis	La fuerza de impulso es una diferencia potencial eléctrico.	
	Osmosis inversa	La fuerza de impulso es una diferencia de presión hidrostática.	
Proceso preventivo	Desinfección	Destrucción de microorganismos patógenos, excepto cuando se encuentran en estado esporulado.	Cloración.

Tabla 3. Principales operaciones unitarias

Tabla 4. Relación relativa de algunos constituyentes diversos procesos y operaciones unitarias.

Grupo	Operación	Descripción	Aplicaciones
Transferencia de iones y coloides	Floculación	Agregación de las partículas desestabilizadas con el proceso de coagulación, por medio de la agitación lenta, para formar grumos que sedimenten lentamente.	La floculación precedida del proceso de coagulación (tabla 2) se aplica en:  Eliminación de turbiedad y color Eliminación indirecta y magnesio y de sustancias generadoras de olores y sabores después de la aireación del agua. Eliminación indirecta de algunos metales pesados.
	Adsorción	Una sustancia se acumula en la interfase de las fases líquida y sólida.	Adsorción de iones y moléculas productoras de olores y sabores, en lecho de carbón activado granular, o por adicción del carbono activado en polvo, en reactores mezcladores.  Adsorción en lechos de carbón activado granular en carbón de sustancias orgánicas tóxicas, tales como plaguicidas, herbicidas y detergentes.  Adsorción de metales pesados, en presencia de materia orgánica, por medio de lechos de carbón activado granular.
Transferencia de gases, fenómeno físico, por medio de l cual se clasifican moléculas de gas entre un líquido y una masa gaseosa, de éste fenómeno puede ir acompañado de cambios químicos, bioquímicos, biológicos y biofísicos.	Desorción	Remoción de gases y otras sustancias volátiles	Remoción del bióxido de carbono, ácido sulfhídrico y sustancias volátiles odoríficas para controlar olores y de corrosión.  Remoción de oxígeno disuelto para controlar la corrosión.  Remoción de nitrógeno amoniacal para controlar nutrientes y para reducir la demanda del cloro.
	Absorción	Adición de gases y otras sustancias volátiles	Adición de ozono, cloro o dióxido para desinfección u oxidación.  Adición de oxígeno por medio de aireación para precipitar metales.  Adición del dióxido de carbono para controlar el PH en egias ablandadas por el proceso de cal carbonato de calcio y en aguas cáusticas efluentes de un proceso de precipitación química de fosfatos o de un proceso de absorción de amoniaco.
Transferencia de sólidos	Cribado	Remoción de material sólido flotante de tamaño variable, con cribas gruesas y mallas finas.	Pretratamiento en la obra de aguas superficiales o en la entrada de la planta.
	Sedimentación	Separación sólida líquida, empleando la fuerza de gravedad para remover lo sólidos suspendidos.	Sedimentación simple de partículas suspendidas en aguas superficiales (como pre-tratamiento)  Sedimentación de sólidos coagulados y floculados (antes de la filtración)  Sedimentación de precipitados de calcio y magnesio (en plantas de ablandamiento).  Sedimentación de precipitados de hierro y magnesio.  Sedimentación de precipitado de fosfato.
	Flotación	Separación del agua en partículas sólidas o líquidas de baja densidad que se encuentran en suspensión	Tratamiento de aguas residuales y acondicionamiento de lodos generados en procesos biológicos
	Filtración	Paso del flujo líquido a través de un medio o material peligroso, para remover partículas finas suspendidas.  De hecho, ésta operación combina cribado, floculación sedimentación o adsorción, para lograr la transferencia de sólidos.	Filtración de agua a través de formaciones permeables naturales (en la recarga de acuíferos).  Filtración lenta de agua a través de lechos de arena no estratificados (para remover turbiedad). Las aguas no deben contener mas de 30 unidades de turbiedad para que la operación unitaria sea eficiente.  Filtración de agua químicamente coagulada y sedimentaria, a través de lechos de arena, antracita u otros materiales granulares, simples o combinados en capas estratificadas.  Filtración rápida directa de agua sin coagulación no sedimentación previa. Se aplica en aguas con un contenido bajo sistemático de turbiedad y color.
Concentración y estabilización de sólidos	Concentración y estabilización de sólidos	Acondicionamiento de los lodos generados en los diversos procesos de tratamiento, con objeto de aprovecharlos o eliminarlos.	Espesamiento, por agitación prolongada se concentra el lodo para formar agregados mas grandes y sedimentables con bajo contenido de agua.  Centrifugación, se concentra el lodo separando los sólidos del líquido el cual resulta ser un subproducto.  Filtración, se realiza por vacío o a presión, la humedad se reduce en gran porcentaje, la pasta casi seca se puede usar como un relleno (todos de ablandamiento)
			Secado por aire, se remueve la humedad del lodo que fluye a través de lechos granulares.  Secado por calor, por medio de un intercambio de calor y un toque de reacción, se reduce sustancialmente la humedad del lodo.  Congelamiento, se remueve el agua con flóculos gelatinosos y se destruye su estructura coloidal.



		Procesos unitarios					Operaciones unitarias.					
			Transferencias de iones y coloides		Estabilización de solutos	Proceso preventivo	Proceso de membrana	Transferencia de coloides, iones y sólidos.		Transferencias de gases		Transferencias de sólidos
Constituyentes			Precipitación química	Intercambio iónico	Ozonización	Cloración	Osmosis inversas	Coagulación y sedimentación	Adsorción	Aireación	Desorción c/columna	Filtración *
Físicos		Color			+2			* +3	* +4			+4
		Turbiedad						* +3				+4
		Olores y sabores			+2			* +1	* +4			+2
Q U I M I C O S	Generales	Sólidos disueltos	+2	+4			+4					
	I N O R G A N I C O S	Calcio y magnesio	+4	+4						* +1		
		Sodio					+4					
		Hierro y manganeso	+2		+2					* +3		
		Sulfatos		+4								
		Cloruros		+4			+4					
		Fosfatos		+4			+4					+4
		Ácido sulfhídrico			+2	+2	+3			+3	+3	
		Nitrógeno amoniacal	+1			+3					+4	+1
		Metales pesados	+3				+4	+2				+3
		Corrosividad										
	Orgánicos	Materia orgánica	+2		+2	+2			+4		+3	+2
	Microbiológicos		Bacterias			+2	+4	+4	+2			
Virus					+2	+3	+4					

Efectos indirectos de diversas operaciones y procesos unitarios sobre algunos constituyentes-

	Efectividad de remoción			
Efecto	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Positivo	+1	+2	+3	+4

- Filtración precedida por coagulación y sedimentación o por medio de precipitación químicas.

Tabla 5. Interacción de constituyentes, operaciones y procesos unitarios.

	Procesos unitarios					Operaciones unitarias		
		Transferencias de iones y coloides	Estabilización de solutos	Proceso preventivo	Proceso de membrana	Transferencia de coloides iones y sólidos	Transferencia de gases	Transferencia de sólidos

Constituyentes			Precipitación química	Intercambio iónico	Ozonización	Cloración	Osmosis inversas	Coagulación y sedimentación	A d s o r c i ó n	Aireación	D e s o r c i ó n c / c o l u m n a	F i l t r a c i ó n *
Físicos		Color										
		Turbiedad	+2(2)			(3)						
		Olores y sabores	+2(2)			+4 (5) +2 (6)				+2(4)		
	Generales	Sólidos disueltos										
Q U I M I C O S	I N O R G A N I C O S	Calcio y magnesio					+4(8)	-2(7)				- 2 ( 7 )
		Sodio		+4(9) 3(10) -								
		Hierro y magnesio					*(12)	+1(11)				+ 4 ( 1 1 )
		Sulfatos					+4 (13)					
		Cloruros										
		Fosfatos		+3(15)				* (14)				
		Ácido sulf-hídrico										
		Nitrógeno amoniacal		3(15)								
		Metales pesados							+ 3			

									( 1 6 )			
		Corrosi- vidad						-2(21)		+3 (19)	-3 (20)	- 2 ( 2 1 )
	Orgánicos	Materia orgánica		*			-2(8)	+4(17)				
Microbiológicos		Bacterias	+3 (1) (2)									
		Virus										

Efectos indirectos de diversas operaciones y procesos unitarios sobre algunos constituyentes:

	Efectividad de remoción			
Efecto	Bajo	Medio	Alto	Muy alto
Positivo	+1	+2	+3	+4
Adverso	-1	-2	-3	-4

El significado de los números entre paréntesis está en anexo de la tabla 5.

\*Interferencia constituyente sobre un proceso.

Anexo tabla 5.  
Significado de los números en paréntesis

- (1) Cuando se genera ph elevado con el tratamiento de cal en exceso.
- (2) Por inclusión en los precipitados.
- (3) Las aguas turbias interfieren con la acción de los desinfectantes sobre los microorganismos.
- (4) Por que no se incluyen sabores de clorofenoles.
- (5) Cuando se aplica coloración al punto de quiebre o supercloración seguida de decloración.
- (6) Cuando en la presencia de olores y sabores intensos. No se aplica cloración o supercloración-decloración.
- (7) Porque algunos coagulantes convierten carbonatos en sulfatos.
- (8) Pero se debe controlar el ph de lagua para evitar depósitos de carbonatos.
- (9) Cuando se usa resina catiónica ciclo hidrógeno.
- (10) Cuando se usa resina catiónica sodio (se genera sodio).
- (11) Después de aireación.
- (12) Cuando se tratan aguas en la membrana. Es necesario alimentar agua sin aireación y un ph 6.
- (13) Cuando se tratan aguas con un alto contenido de sulfatos tienden a presentarse precipitados de sulfato de calcio. La adición previa de polifosfatos inhibe el depósito.
- (14) Se requiere ajustar el ph y la dosis de coagulante.
- (15) Cuando se usan resinas selectivas.
- (16) En presencia de materia orgánica que actúa como coadsorbato ligando los iones metálicos con el adsorbente.
- (17) Después de la adsorción. Se remueven los rastros de afluente.
- (18) La presencia de fenoles genera aguas con sabor muy desagradable.
- (19) Porque se elimina el bióxido de carbono.
- (20) Por la adición de oxígeno cuando este es bajo el agua.
- (21) Por que algunos coagulantes liberan bióxido de carbono.

LIBRO	2	SERVICIOS TÉCNICOS
PARTE	03	PROYECTOS EJECUTIVOS
SECCION	05	PLANTAS POTABILIZADORAS Y TRATAMIENTOS DE DESECHOS RESIDUALES
CAPITULO	002	PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

## A. DEFINICIÓN Y CLASIFICACION

A.01. Es la selección de los procesos adecuados mediante los cuales las aguas residuales son transformadas hasta producir un líquido que pueda ser reutilizado o vertido a cuerpos receptores sin peligro de ocasionar contaminación por presencia de sustancias tóxicas u organismos patógenos. Abarca además el diseño de las unidades e instalaciones que forman la planta de tratamiento, desde el punto de vista físico-químico, biológico, hidráulico, arquitectónico, estructural y electromecánico.

A.02. De acuerdo a la procedencia del agua residual se tienen tres clases diferentes:

- a. Doméstica
- b. Industrial
- c. Combinación de ambas

A.03. Los procesos de tratamiento se pueden clasificar de acuerdo al orden siguiente;

- a. Remoción de sólidos gruesos por:
  - 1. Cribado
  - 2. Molido y desmenuzado
  - 3. Desarenado
- b. Tratamiento primario por:
  - 1. Sedimentación
  - 2. Flotación y remoción de grasas
  - 3. Floculación y precipitación química
  - 4. Degradación de materia orgánica en:

4.1. Tanque Imhoff

4.2. Fosas sépticas

c. Tratamiento secundario por:

1. Filtros percolares (medio o sintético)
2. Lodos activados
3. Zanjas de oxidación
4. Lagunas de estabilización anaeróbica, facultativas, aerobias o combinación de ellas.
5. Contacto anaeróbico
6. Discos rotativos
7. Lagunas con plantas acuáticas

d. Desinfección por:

1. Cloración
2. Ozonización
3. Irradiación
4. Cloración con dióxido de cloro

e. Tratamientos avanzados, mediante:

1. Remoción de sólidos en suspensión por:
  - 1.1. Micro cribado
  - 1.2. Clarificación química
  - 1.3. Filtrado rápido
  - 1.4. Filtración con diatomitas
2. Remoción de materia orgánica disuelta por:
  - 2.1. Absorción
  - 2.2. Oxidación química
  - 2.3. Separación con espuma
3. Remoción de compuestos inorgánicos disueltos por:
  - 3.1. Destilación
  - 3.2. Electro diálisis

- 3.3. Congelación eutéctica
- 3.4. Intercambio iónico
- 3.5. Osmosis inversa
- 3.6. Extracción líquido-líquido
- 3.7. Precipitación química
- 4. Remoción de nutrientes (compuestos nitrogenados) por:
  - 4.1. Nitrificación-desnitrificación
  - 4.2. Remoción de amoníaco (desgasificación)
  - 4.3. Cloración al punto de quiebre
  - 4.4. Intercambio iónico
- 5. Remoción de nutrientes (compuestos fosfatados) por:
  - 5.1. Precipitación química
  - 5.2. Asimilación biológica
  - 5.3. Intercambio iónico

A.04. Los usos del agua residual tratada se agrupan en:

- a. Agrícola
- b. Industrial
- c. Recarga de acuíferos
- d. Agua potable

## B. REFERENCIAS.

- B.01. Existen algunos conceptos que intervienen o pueden intervenir en la elaboración de proyecto de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, y que son tratados en otros capítulos de éstas u otras Normas, conceptos que deben sujetarse a lo que en estos capítulos se indica, mismos que se enlistan en la siguiente tabla y conceptos de los que no se hará más referencia en el texto de este capítulo.

CONCEPTO	CAPITULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente		SEDUE
Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación del Agua		SEDUE
Ley de Salud para el D.F.		S.S.
Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios		S.S.
Generalidades	2.03.04.001	G.D.F.
Sistema de Alcantarillado	2.03.04.006	G.D.F.
Sección Cimentaciones y Estructuras	2.03.08 *	G.D.F.
Sección de Instalaciones en Edificios	2.03.09 *	G.D.F.
Sección Acabados en Edificios	2.03.10 *	G.D.F.

\* El capítulo que se requiera.



C. REQUISITOS DE ELABORACIÓN.

C.01. Para elaborar el proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales deberán conocerse previamente:

- a. El origen, calidad y cantidad del agua por tratar.
- b. El fin y uso a que se destine así como la cantidad y calidad requerida.
- c. La topografía de la región y en particular de las líneas primarias (colectores y emisores) de la red de alcantarillado.
- d. Las condiciones meteorológicas de la región.
- e. Las características y localización del servicio público de energía eléctrica.

C.02. Se realizarán los estudios de campo y laboratorio requeridos a juicio del Departamento para determinar las características físico-químicas del agua que será sujeta al tratamiento.

C.03. Los procesos de tratamiento que se proponga deberán ser experimentados, en caso de ser necesario y a juicio del Departamento, mediante modelos hidráulicos y/o plantas piloto.

C.04. Para seleccionar los procesos de una planta de tratamiento de aguas residuales se deberán tomar en cuenta y evaluar los factores condicionantes de tipo económico y las restricciones o limitaciones funcionales.

C.05. Los factores de tipo económico más relevantes para ser tomados en cuenta son:

- a. Área necesaria para cada proceso.
- b. Cantidad de equipo que requiere.
- c. Consumo y requerimientos necesarios de energía eléctrica.
- d. Personal necesario para la operación.
- e. Consumo de materiales y equipo en el mantenimiento operacional del proceso (reactivos, refacciones, etc.)

C.06. Las restricciones funcionales que deben analizarse preferentemente son:

- a. Disponibilidad de tecnología en los siguientes aspectos:
  - 1. Existencia de materiales y equipos en el mercado nacional.
  - 2. Personal calificado para diseño, operación y mantenimiento.

- b. Capacidad de procesamiento, que abarca la cantidad total de:
  - 1. Materiales componentes del agua residual sujetos a tratamiento.
  - 2. Caudal tratado
- c. Sensibilidad del proceso, considerando cambios momentáneos en las cantidades de materiales y caudales sujetos a tratamiento.
- d. Experiencia de técnicos y operarios locales en el diseño, puesta en marcha y operación del proceso.

C.07. El proyecto debe prever la flexibilidad en la funcionalidad del tratamiento, en caso de presentarse posibles interrupciones de emergencia en uno o más procesos o bien por las labores propias del mantenimiento.

C.08. Los lodos residuales generados por las diferentes etapas de un proceso de tratamiento, deberán ser eliminados o tratados mediante alguno de los métodos que se indican a continuación:

- a. Deshidratación mediante
  - 1. Espesamiento por:
    - 1.1. Gravedad
    - 1.2. Flotación
  - 2. Centrifugación
  - 3. Lechos de secado de lodos
  - 4. Filtración al vacío
  - 5. Evaporación
  - 6. Irradiación
  - 7. Filtros prensa
- b. Acondicionamiento de lodos mediante:
  - 1. Lavado y decantación (Elutriación)
  - 2. Compuestos
  - 3. Composteo
- c. Reducción de volátiles por:
  - 1. Digestión anaeróbica
  - 2. Digestión aeróbica
  - 3. Calor
  - 4. Digestión con fuente adicional de calor
- d. Combustión de lodos por:
  - 1. Hornos corazón múltiple
  - 2. Incineración con secado instantáneo
  - 3. Incineración con lecho fluidizado
  - 4. Oxidación húmeda
  - 5. Combustión con basuras

- e. Disposición final de los lodos.
  - 1. En terreno (líquido)
  - 2. Rellenos (sólido)
  - 3. Lagunamiento

C.09. Como instalaciones complementarias, las plantas de tratamiento estarán provistas de:

- a. Almacenes para reactivos, refacciones, herramientas, etc.
- b. Patio, área de maniobras, estacionamiento y andaderos.
- c. Caseta de vigilancia
- d. Regaderas y servicios sanitarios para el personal
- e. Oficinas administrativas
- f. Caseta de vigilancia
- g. Instalaciones de intercomunicación
- h. Laboratorios
- i. Taller de reparaciones menores
- j. Sistemas contra incendio.

C.10. En la tabla 1 se presenta una agrupación de procesos de tratamiento de acuerdo a los grados y niveles de purificación que se logran con ellos, conocida la calidad del agua por tratar y los requisitos del uso a que se destine; la selección de los trenes de proceso de tratamiento utilizando dicha tabla se efectuará como se indica a continuación.

- a. Seleccionar el uso del agua tratada, enmarcando los procesos que caigan dentro del grado de tratamiento, incluyendo aquellas excepciones pertinentes dados los criterios y objetivos particulares.
- b. Seleccionar el origen del agua residual, diferenciando los procesos aplicables dentro del marco global dado por el uso o destino del agua tratada.
- c. A partir del último proceso-destino, incluyendo éste, en listar los procesos que cumplan con los lineamientos de origen uso del agua residual, leyendo para la columna de destino el proceso origen. (Esta secuencia puede realizarse en forma inversa, iniciando desde el primer proceso origen y leyendo sus destinos).
- d. Elaborar un cuadro de esquemas o alternativas de tratamiento.

- e. Eliminar aquellas alternativas que no sea aplicables dada la calidad específica del agua residual o por condicionantes económicos.

C.11. Los procesos que se determinen, deberán ser debidamente evaluados y de aquellos se elegirá el que represente mayor economía y funcionalidad, según las condiciones de cada caso en particular.

Como guía para evaluar los procesos de tratamiento seleccionados, se determinarán calificaciones para cada uno de ellos, los cuales se muestran en las tablas 2 y 3; se consideró una escala de 10 a 100, correspondiendo el valor más bajo (10) al proceso o procesos que presentan características de mucha economía o pocas restricciones y el valor más alto (100) al proceso o procesos que son poco económicos, o bien presentan condiciones funcionales muy restringidas.

La aplicación práctica de las calificaciones por proceso y su resultado depende del peso que a cada factor se le dé, según las condiciones específicas de cada caso. Estos factores de peso se recomienda varíen entre 1 y 10 conforme la importancia o grado de restricción que posea una característica de economía o una restricción funcional.

Por ejemplo, si se tienen una fuerte limitación en la superficie disponible se le dará un peso de 10 y uno en el caso contrario.

C.12. La metodología presentada permite la formación de cuando menos dos alternativas, la mejor se justificará mediante una completa evaluación económica, donde se consideren criterios de detalles básicos.

C.13. El proyecto de una planta de tratamiento deberá abarcar tanto los aspectos físico-químico o biológicos propios del tratamiento como los arquitectónicos, hidráulicos, estructurales y electromecánicos.

Deberá contener las memorias descriptivas y de cálculo, diagramas funcionales, planos generales, planos de detalle, conceptos y cantidades de obra, especificaciones de construcción e instructivos de operación y mantenimiento.

D. CRITERIOS DE MEDICION Y BASE DE PAGO

- D.01. El costo de la elaboración de un proyecto de planta de tratamiento de aguas negras se analizará y determinará para cada caso en particular.
- D.02. El criterio de medición y la base de pago quedarán establecidos en el contrato respectivo.

Tabla 1. Matriz para la selección del tren de procesos de una planta de tratamiento de agua residual.

Proceso					Calificación (1p)(2p)(3)															
Grado	Nivel	No.			Área	Equipo	Energía	Personal	Mantenimiento	Notas:										
Descripción																				
I					1.-															
B					Calificación mínima															
2					a procesos															
2					que															
A					presentan															
I					D															
AB																				
1																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2																				
2</																				

Tabla 2. Califica ciones por proceso para las característic as de economía.

Tabla 3. Calificaciones por proceso para las restricciones funcionales.

Proceso				Calificación (1) (2) (3)						Notas:
Grad o	Nivel	N o	Descripción	Disponi bilidad de tecnolog ía	Capacidad de procesamiento		Sensibilidad de proceso		Experi encia requer ida	
					Mater ial (3)	Caudal	Materi al (3)	Cau dal		
I	A	1	Cribado	10	10	10	10	10	10	1.- Calificac ión a proceso s que present an pocas restricci ones funciona les = 10.  2.- Calificac ión a proceso s que present an condicio nes funciona les muy restringi das = 100.  3.- El material se refiere al removid o durante el proceso.
		2	Desarenación	10	10	10	10	10	10	
	B	1	Separador API	20	20	20	60	30	40	
		2	Flotación	40	30	20	80	60	70	
II	A	1	Sedimentación	10	10	10	40	20	10	
		2	Cribado fino	30	20	30	10	20	40	
	B	1	Coagulación y sedimentación	10	30	10	20	20	20	
		2	Coagulación y flotación	10	30	10	30	80	80	
III	A	1	Aireación extendida	10	60	100	10	10	20	
		2	Aireación	10	30	30	30	40	20	
		3	convencional	10	20	20	50	80	40	
		4	Aireación alta tasa	10	20	20	100	100	80	
		5	Aireación	30	30	70	50	70	80	
		6	modificada	40	10	10	10	10	80	
		7	Estabilidad de	10	20	20	20	20	20	
		8	contacto	10	30	10	30	20	20	
		9	Zanja de oxidación	20	100	40	80	30	60	
			Laguna aireada							
			Laguna de estabilidad							
			Laguna con lirio							
		B	1	Filtro percolador	40	30	20	60	80	70
			2	Discos biológicos	70	10	30	30	20	100
IV	A	1	Suspendida externa	60	20	30	20	60	80	
		2	Suspendida interna	80	10	20	20	60	100	
		3	Fijo – externo	60	30	30	50	30	80	
		4	Fijo – interno	80	20	20	50	30	100	
	B	1	Lavado de	50	10	10	60	10	30	
		2	amoniaco	40	40	20	30	30	60	
		3	Punto de quiebre	30	60	10	50	100	40	
			Intercambio iónico							
	C	1	Suspendida absorción	60	10	20	20	60	100	
		D	1	Coagulación y	10	10	10	30	30	10
2	sedimentación		100	30	10	40	80	40		
		Carbón activo								
V	A	1	Arena y/o antracita	10	40	10	50	80	10	
		2	Mecánico	40	20	10	20	30	50	
	B	1	Cloración	10	60	20	30	30	10	
		2	convencional	80	30	30	50	30	80	
		3	Dióxido de cloro	60	100	30	70	80	60	
			Ozonación							
	C	1	Intercambio iónico	30	20	10	60	100	40	
		2	Osmosis inversa	70	60	100	80	100	100	
		3	Coagulación	10	30	10	30	30	10	
		4	sedimentación	100	50	10	40	20	60	
		Carbón activo								



LIBRO	2	SERVICIOS TÉCNICOS
PARTE	03	PROYECTOS EJECUTIVOS
SECCION	05	PLANTAS POTABILIZADORAS Y TRATAMIENTOS DE DESECHOS RESIDUALES
CAPITULO	003	PLANTAS DE TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS Y DISPOSICIÓN FINAL

## A. DEFINICIÓN Y CLASIFICACION

- A.01. Es el conjunto de estudios, cálculos, planos y especificaciones para definir un proceso de transformación y/o disposición final de desechos sólidos.
- A.02. Desechos sólidos: Desperdicios del material que se ha empleado con algún fin que resultan directamente inutilizables para la misma operación.
- A.03. Residuos sólidos: Materias sobrantes que quedan después de efectuar alguna operación química, tratamiento industrial, proceso de transformación, etc., de los desechos sólidos.
- A.04. Los desechos sólidos dependiendo de su origen, se clasifican en:
- a. Urbanos.- Son todos aquellos generados en un asentamiento humano, pudiendo provenir de uso doméstico, de comercios, de instituciones públicas y privadas, de parques y jardines, sitios de reunión y otros.
  - b. Industriales.- Son todos aquellos que se obtienen de un proceso de extracción, beneficio, transformación o producción; algunos de éstos pueden ser peligrosos y por características físicas, químicas y biológicas, representan daño a la salud y/o al medio ambiente; los cuales están incluidos en este capítulo, por requerir tratamientos especiales.
  - c. Demolición y/o construcción.- Todos aquellos generados en las obras de construcción y demolición.
- A.05. Estación de transferencia.- Sitio destinado al trasbordo de los desechos sólidos provenientes de los vehículos recolectores domiciliarios o transportes de mayor capacidad para conducirlos a sitios de disposición final o de tratamiento.

A.06. Los procesos para el tratamiento de los desechos sólidos se clasifican en (ver figura 1):

- a. Reciclaje.- Selección de los desechos sólidos que pueden ser nuevamente utilizables para fines productivos.
- b. Composteo.- Proceso biológico controlado de estabilización de la fracción orgánica de los desechos sólidos, para obtener un mejorador orgánico de suelos.
- c. Incineración.- Es el proceso en el que mediante la combustión, se reducen a cenizas los desechos sólidos con liberación de humos y gases.

A.07. Relleno sanitario.- Método de disposición final de los desechos sólidos los cuales se depositen en celdas construidas en un terreno especialmente preparado para el caso, donde se esparcen y compactan los desechos hasta obtener el menor volumen y finalmente se cubren con capas de tierra.

## B. REFERENCIAS.

B.01. Existen algunos conceptos que intervienen o pueden intervenir en la elaboración de proyecto de Tratamiento de Desechos Sólidos y Disposición Final, y que son tratados en otros capítulos de éstas u otras Normas, conceptos que deben sujetarse a lo que en estos capítulos se indica, mismos que se enlistan en la siguiente tabla y conceptos de los que no se hará más referencia en el texto de este capítulo.

CONCEPTO	CAPITULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente		SEDUE
Reglamento de la Ley de Equilibrio y la Protección al Ambiente en Materia de Impacto Ambiental.		SEDUE
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera.		SEDUE

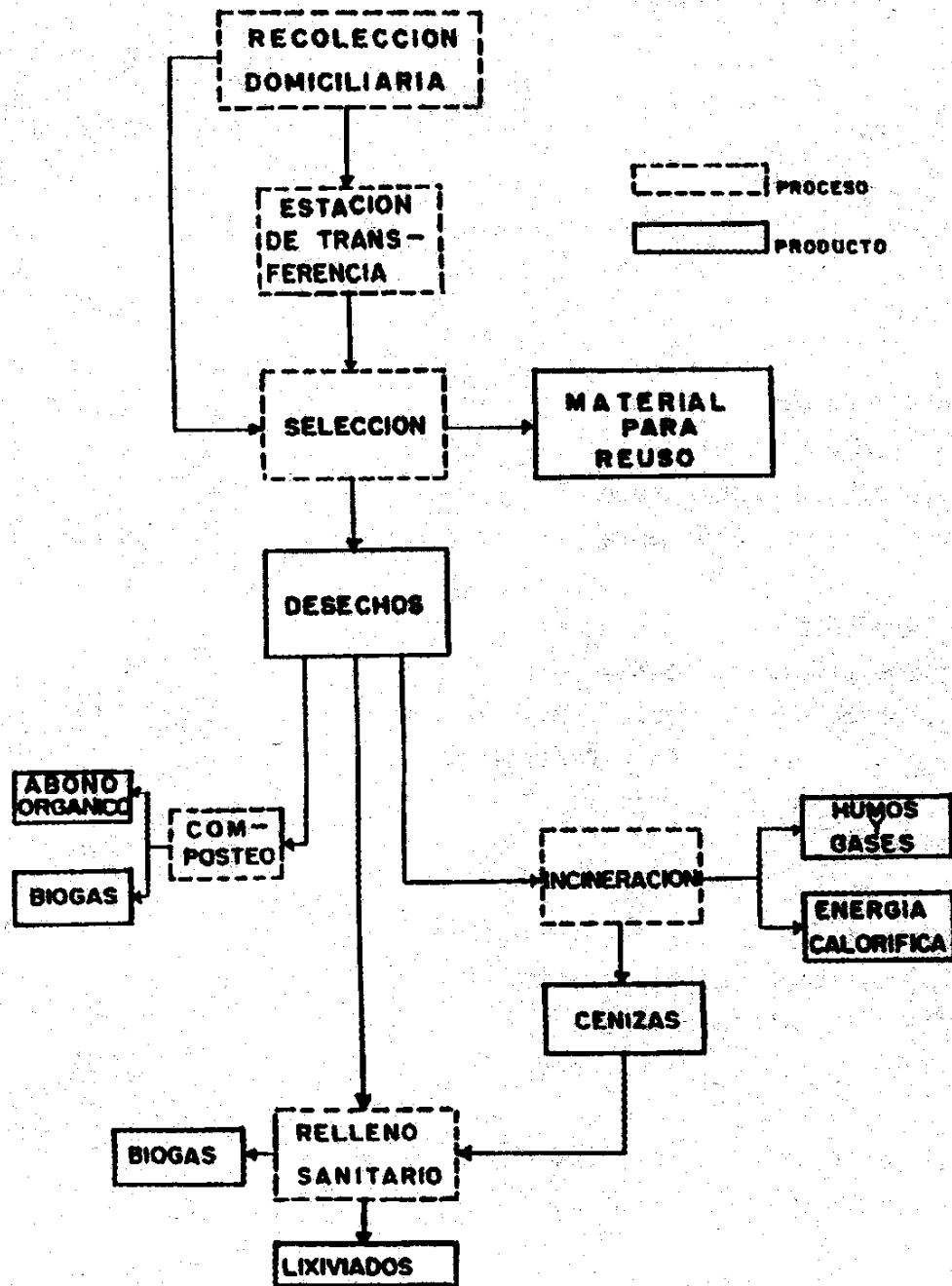


FIGURA 1

CONCEPTO	CAPITULO DE REFERENCIA	DEPENDENCIA
Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Residuos Peligrosos.		SEDUE
Reglamento para el Servicio de Limpia del Distrito Federal		G.D.F.
Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal		G.D.F.
Residuos Sólidos Municipales Muestreo-Método de cuarteo.	NOM-AA-15	SECOFI
Residuos sólidos municipales Determinación de humedad.	NOM-AA-16	SECOFI
Residuos sólidos municipales Determinación de cenizas.	NOM-AA-18	SECOFI
Residuos sólidos municipales Peso volumétrico "In situ".	NOM-AA-19	SECOFI
Residuos sólidos municipales Determinación de materia orgánica.	NOM-AA-21	SECOFI
Residuos sólidos municipales. Selección y cuantificación de sub-productos.	NOM-AA-22	SECOFI
Contaminación atmosférica, terminología.	NOM-AA-23	SECOFI
Residuos sólidos. Determinación de nitrógeno total.	NOM-AA-24	SECOFI
Residuos sólidos. Determinación del ph-Método potenciométrico.	NOM-AA-25	SECOFI
Determinación de azufre en desechos sólidos.	NOM-AA-31	SECOFI
Determinación de fósforo total en desechos sólidos (métodos de desfovanado-molibdato).	NOM-AA-32	SECOFI

Residuos sólidos municipales. Determinación de poder calorífico superior.	NOM-AA-33	SECOFI
Residuos sólidos municipales. Preparación de muestra en el laboratorio para su análisis.	NOM-AA-52	SECOFI
Residuos sólidos municipales. Determinación de la generación.	NOM-AA-61	SECOFI
Residuo sólidos municipales. Determinación carbono/nitrógeno.	NOM-AA-67	SECOFI
Residuos sólidos municipales. Determinación del porcentaje de oxígeno en materia orgánica.	NOM-AA-80	SECOFI
Residuos sólidos municipales. Determinación de azufre.	NOM-AA-92	SECOFI
Residuos sólidos municipales. Determinación de fósforo total.	NOM-AA-94	SECOFI
Terminología de desechos sólidos	NTRS-1	SECOFI
Criterios para la determinación de residuos peligrosos y el listado de los mismos.	NT-CRP-001	SEDUE
Generales de obras civiles	2.03.01.001	G.D.F.
Edificaciones	2.03.02.002	G.D.F.
Pavimentos	2.03.03.010	G.D.F.
Sección cimentaciones y estructuras	2.03.08 *	G.D.F.
Sección de Instalaciones en edificios	2.03.09 *	G.D.F.
Sección Acabados en edificios	2.03.10 *	G.D.F.
Acarreos	3.01.01.010	G.D.F.

\* El capítulo que se requiera.

## C. REQUISITOS DE ELABORACIÓN.

C.01. Para la ejecución de un proyecto de plantas de tratamiento de residuos sólidos y disposición final, se deberá recabar la información básica que contendrá datos generales tales como: tipos, volumen, análisis físicos, químicos y biológicos de los desechos, dirección de los vientos dominantes, precipitación pluvial, proyección de población, estudios de topografía, geología, geohidrología, mecánica de suelo; además de aquellos que el Departamento considere necesario realizar en cada caso particular.

C.02. En el diseño de las plantas de tratamiento de desechos sólidos se deberán considerar entre otros factores el uso de materiales incombustibles en edificios e instalaciones, la elección preferente de procesos con tecnología nacional y bajos costos de construcción, operación, mantenimiento y reducir riesgos de contaminación del medio ambiente.

C.03. En general, para el diseño de una planta de tratamiento de desechos sólidos, deberán proveerse en su caso, las siguientes obras complementarias.

- a. Caseta de control.
- b. Báscula para camiones (con capacidad adecuada, dependiendo el tamaño de la planta)
- c. Tolvas o dispositivos para carga y descarga.
- d. Rampas para vehículos.
- e. Andenes de carga y descarga.
- f. Patios para maniobras.
- g. Calles y banquetas.
- h. Accesorios peatonales.
- i. Laboratorios.
- j. Taller de reparaciones menores.
- k. Oficinas administrativas.
- l. Servicios sanitarios y regaderas.
- m. Instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias.
- n. Sistemas contra incendio.
- o. Dispositivos de control de fauna nociva.
- p. Sistemas de tratamiento de aguas residuales y de almacenamiento y distribución de las mismas.
- q. Sistemas de intercomunicación.
- r. Áreas verdes.
- s. Estacionamientos.
- t. Áreas acondicionadas para almacenar los productos obtenidos.

- C.04. En el diseño de las edificaciones y obras complementarias deberán aplicarse en lo conducente las Normas de Proyecto del Departamento, mencionadas en la cláusula B de Referencias y todas aquellas disposiciones que señale el propio Departamento.
- C.05. El agua que se utilice en los procesos, deberá ser preferentemente agua residual tratada. Para el consumo y servicios del personal, deberá ser potable.
- C.06. Los patios de maniobras deberán tener la amplitud suficiente para permitir las maniobras de descarga de los camiones durante los períodos de máxima afluencia, así como disponer de áreas lo suficientemente amplias para entrada y salida de vehículos, para lo cual se debe considerar su radio de giro mínimo necesario.
- C.07. Los controles de equipos y mecanismos tales como grúas viajeras, transportes y otras similares, deberán estar ubicados de manera que permitan al operador una total visibilidad en el campo de operación de su equipo y además contar con las protecciones necesarias para la seguridad del personal y de las propias instalaciones.
- C.08. Para el diseño de una estación de transferencia, se deberá tomar en cuenta lo siguiente:
- a. Determinar la zona que deberá ser servida por la estación y el volumen de desechos sólidos generados diariamente en ella.
  - b. Los itinerarios de recolección domiciliaria y las distancias de recorrido a la estación de transferencia, así como las rutas de la estación a la planta de tratamiento o el sitio de disposición final.
  - c. El tiempo máximo de retención de los desechos sólidos dentro de la estación de transferencia será de 24 horas; pero deberá contar con una capacidad adicional de almacenaje para cubrir emergencias de otras 24 horas.
  - d. La estación de transferencia, además de utilizar la ruta óptima de transportación al sitio de disposición final o a la planta de tratamiento, deberá contar con un mínimo de dos rutas alternas, para casos fuera de control del servicio; así como rutas a otros sitios de disposición final posibles de ser utilizados en casos de agotamiento de la capacidad de los actuales.
  - e. El proyecto deberá contemplar sitios factibles de instalar estaciones de transferencia futuras, a fin de tener una mayor cobertura en el servicio.

- f. La estación de transferencia formará parte del conjunto de estaciones, que deberán funcionar integralmente y en forma coordinada para brindar un servicio más eficiente.
- g. En las estaciones de transferencia no se considerarán áreas para la selección de desechos sólidos.

C.09. Para el proceso de selección de desechos sólidos recuperables, deberán considerarse mecanismos para su remoción con sus respectivos centros de control áreas para almacenamiento de los desechos ya seleccionados y para carga de los que se enviarán al sitio de disposición final o de tratamiento.

C.10. Para el diseño de una planta de composta, el proyectista deberá considerar lo indicado en el inciso C.01 y determinar si el proceso se realizará a cielo abierto o en digestores cerrados.

Ya sea que se elija el proceso de digestión a cielo abierto o en reactor cerrado se contemplarán las siguientes etapas.

- a. Trituración.
- b. Digestión o descomposición de la materia orgánica.
- c. Curado o estabilización del producto procesado.
- d. Envasado, si las condiciones del mercado así lo requiere.
- e. Almacenaje del producto terminado.

C.11. Para el diseño de planta de incineración, se deberá tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a. El volumen de desechos a incinerar.
- b. Las características combustibles de los desechos sólidos.
- c. Los requerimientos de oxígeno estará regulado por los siguientes parámetros:
  - 1. Tiempo de combustión.
  - 2. Turbulencia de gases.
  - 3. Temperatura.

C.12. Las plantas de incineración deberán estar provistas de fosas de almacenamiento cuya capacidad deberá variar entre 5 y 7 días de recolección. Las fosas estarán cubiertas para evitar emanaciones al exterior.



- C.13. Las fosas se deberán construir preferentemente de concreto reforzado, con ancho variable entre 6 y 12 m y 12 a 25 m de profundidad; la longitud estará en función del volumen por manejarse de acuerdo a lo indicado en el inciso anterior y los pisos de las mismas tendrán pendientes necesarios que permitan el escurrimiento de agua.
- C.14. Para la alimentación de los hornos, deberán diseñarse el número y tipo de grúas viajeras para mantener el nivel de servicio, aún en el caso en que alguno de ellos pudiera estar fuera de operación.
- C.15. La alimentación de la basura a las cámaras de combustión será continua y por gravedad, a través de canales o tovas, cuyas superficies serán completamente lisas; deberán contar con un sistema de enfriamiento hidráulico.
- C.16. El diseño y configuración del horno, serán de acuerdo a las condiciones especiales y a las indicaciones que el Departamento señale en cada caso; pero deberán tomar en cuenta que las temperaturas producidas obtengan la máxima eficiencia del proceso. Deberá considerarse el poder calorífico de las basuras y el tiempo de paso a través del horno, así como el volumen de aire necesario por suministrarse.
- C.17. La remoción de los residuos sólidos (cenizas) a la salida de la cámara de combustión puede ser intermitente o continua; requiriendo de enfriamiento mediante equipos o dispositivos hidráulicos.
- C.18. La cámara de combustión debe proyectarse con materiales resistentes a la corrosión, a altas temperaturas y con aislamientos que eviten la transmisión del calor generado al exterior.
- C.19. La chimenea deberá diseñarse con materiales de características similares a las de las cámaras de combustión y además contará con los dispositivos necesarios para retener las partículas sólidas en suspensión. La velocidad de los gases afluentes dentro de la chimenea variará entre 8 y 15 m/seg.
- C.20. El poder calorífico de los desechos determinará si deben utilizarse combustibles auxiliares en el proceso de incineración, tales como gas, diesel o petróleo, los cuales pueden ser mezclados con la basura o inyectados directamente en la cámara de combustión.

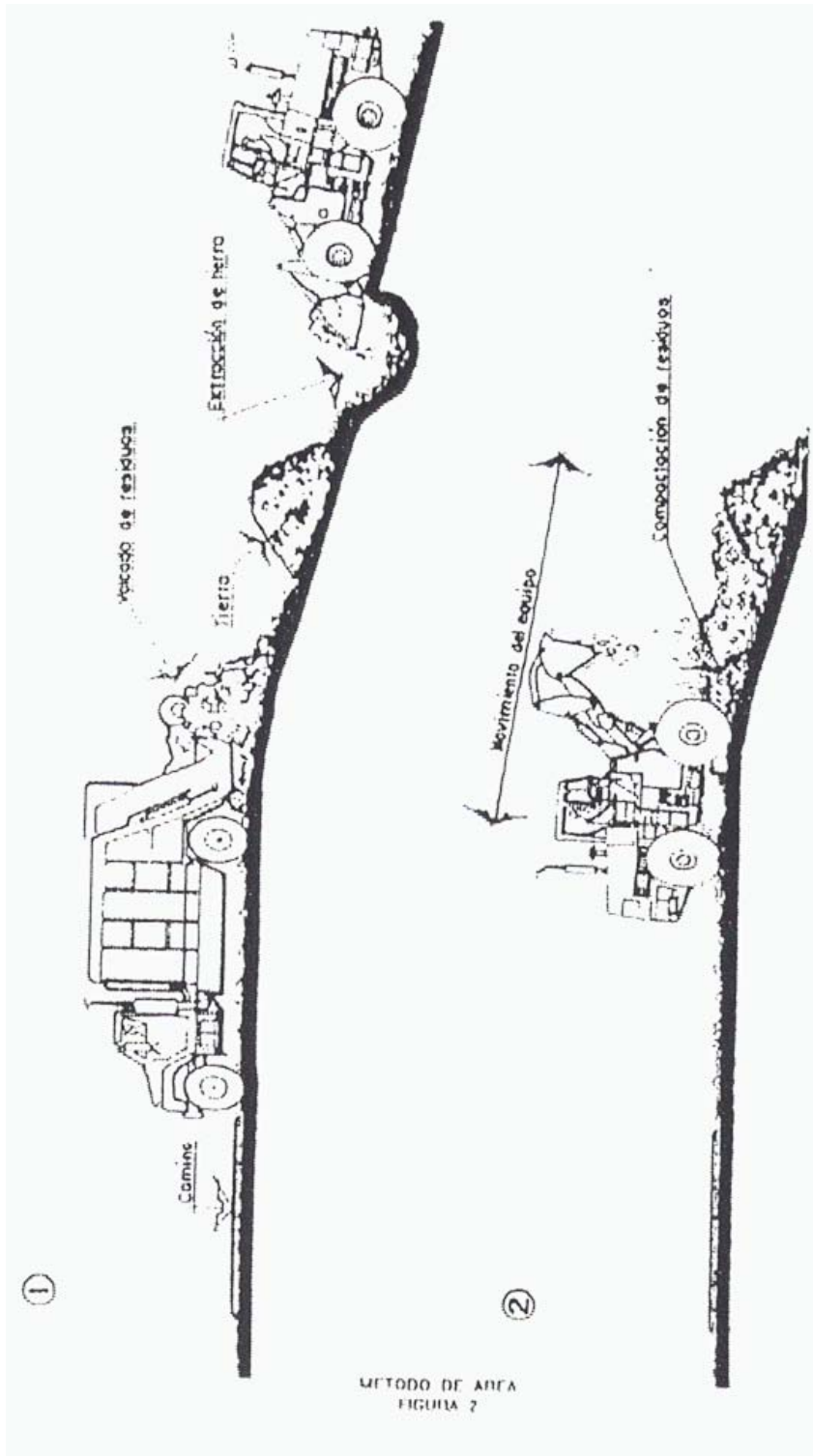
- C.21. En el diseño de las plantas de incineración se deberán tomar en cuenta los dispositivos e instrumentos para llevar a cabo observaciones, mediciones o registro que permitan controlar y optimizar cada etapa del proceso de tratamiento.
- C.22. Para el diseño del sitio de disposición final en relleno sanitario, se observará lo indicado en los incisos C.01 y C.03. de este capítulo; y en particular se considerará la cercanía a las zonas urbanas, a cuerpos receptores superficiales de agua, a fuentes de abastecimiento de agua potable y las características geológicas y topográficas del terreno. De acuerdo a la topografía del terreno, podrán aplicarse los siguientes métodos.
- a. Área.- Cuando la superficie del terreno sea plana, ondulada, o con depresiones ligeras. En este método, las celdas se formarán con terraplenes como se observa en la figura 2.
  - b. Trinchera.- Se utilizará cuando existan onduladas, minas, bancos de préstamo abandonados y en general, aquellos sitios donde se puedan aprovechar los accidentes del terreno natural para depositar los desechos sólidos como se observa en la figura 3.
  - c. Combinado.- Cuando la topografía del terreno no permita llevar a cabo totalmente algunos de los métodos anteriores.
- C.23. Las celdas en las que confinará la basura tendrán las mismas características para los tres casos citados en el artículo anterior y en general deberán considerarse las siguientes indicaciones.
- a. La superficie del fondo de las celdas nunca estará más abajo del nivel freático. Cuando esto sea imprescindible, deberá impermeabilizarse dicha superficie.
  - b. El espesor de los subsuelos entre el fondo del relleno y el nivel freático, se determinará en consideración al poder contaminante de los lixiviados que se esperan, pero nunca será menor a 20 cm por cada metro de altura de la celda.
  - c. Para establecer las dimensiones de las celdas se tomará en cuenta lo siguiente:
    - 1. La altura deberá variar entre 2 y 5 m, incluyendo el espesor de la cubierta.
    - 2. La longitud dependerá del volumen diario de los residuos que se depositen.

3. El ancho o frente de trabajo estará en función del número de vehículos recolectores en función del número de vehículos recolectores que llegarán al relleno en las horas de máxima afluencia y debe ser tal que dichos vehículos y los equipos mecánicos de compactación operen libre y ordenadamente.
  4. El talud del frente de trabajo para variar de 1.1 a 2.5:1, dependiendo tanto de la altura de la celda como del tipo de desechos.
- C.24. La superficie de desplante del relleno, deberá ser impermeable para evitar la filtración del lixiviados. Las características del terreno determinaran el proceso requerido para lograr su impermeabilización.
- C.25. Para la recolección de líquidos lixiviados se diseñará un sistema de drenaje apropiado; la disposición final de tales productos se determinará conforme a los lineamientos establecidos en las leyes y renglones citados en la cláusula B de Referencias y lo que ordene el Departamento.
- C.26. En el proyecto, se contemplará que el depósito diario en la celda sea cubierto por una capa de tierra de 15 cm de espesor mínimo; pero si se prevee que pudiera quedar expuesta por tiempo prolongado a los agentes erosivos, entonces el espesor mínimo se duplicará.
- C.27. La cubierta o sello final del relleno tendrá un espesor compactado mínimo de 60 cm y una pendiente que permita al control de los escurrimientos superficiales sin provocar erosión.
- C.28. Las emanaciones de biogás producidas por el relleno, deberán controlarse mediante pozos, cuyo radio de acción no será mayor de 25 m; su localización será fijada en base a estudios de isocombustión y deberán tener las siguientes características.
- a. La perforación tendrá un diámetro tal que permita alojar tres tubos: uno con diámetro no menor de 10 cm, ranurado o perforado al tres bolillo para extracción y quema del gas y otros dos de 2.5 cm de diámetro, perforados en su parte final, para inspección y medición de la producción de gas.

- b. El tubo de extracción de gas estará rodeado de un filtro de 20 cm de espesor mínimo, constituido por material pétreo de 5 cm de diámetro, desde el fondo del pozo, hasta el nivel superior de la última capa de relleno. Los tubos de medición quedarán dentro del filtro, anclados y sellados en su base para evitar movimientos y filtraciones de lixiviados y en la parte superior del relleno, el proyectista considerará un firme de concreto armado para sujetar los tubos de medición y que servirá a la vez como piso del registro, de tabique o concreto, con las dimensiones adecuadas, en cuyo interior deberá a la vez dimensiones adecuadas, en cuyo interior deberá alojarse la válvula de control que regulará el flujo del gas hacia el pebetero, formado por un tubo galvanizado de 10 cm de diámetro y una altura que variará entre 40 y 50 cm a partir de la válvula de control; éste estará protegido del viento por un tubo de 20 cm de diámetro y 40 cm de altura máxima.
- c. El pozo deberá aislarse con una malla para evitar el acceso de personal no autorizado y el pebetero contara además con una protección contra la lluvia, ver planos 1 y 2.

#### D. CRITERIOS DE MEDICION Y BASE DE PAGO

- D.01. El proyecto de una planta de tratamiento de desechos sólidos o de disposición final, contendrá la memoria descriptiva y de cálculo, estudios complementarios de laboratorio y campo, planos de conjunto y de detalle, especificaciones, conceptos, cantidades de obra y los manuales de operación y de mantenimiento.
- D.02. La base de pago y monto del proyecto serán fijados por el Departamento en cada caso particular.



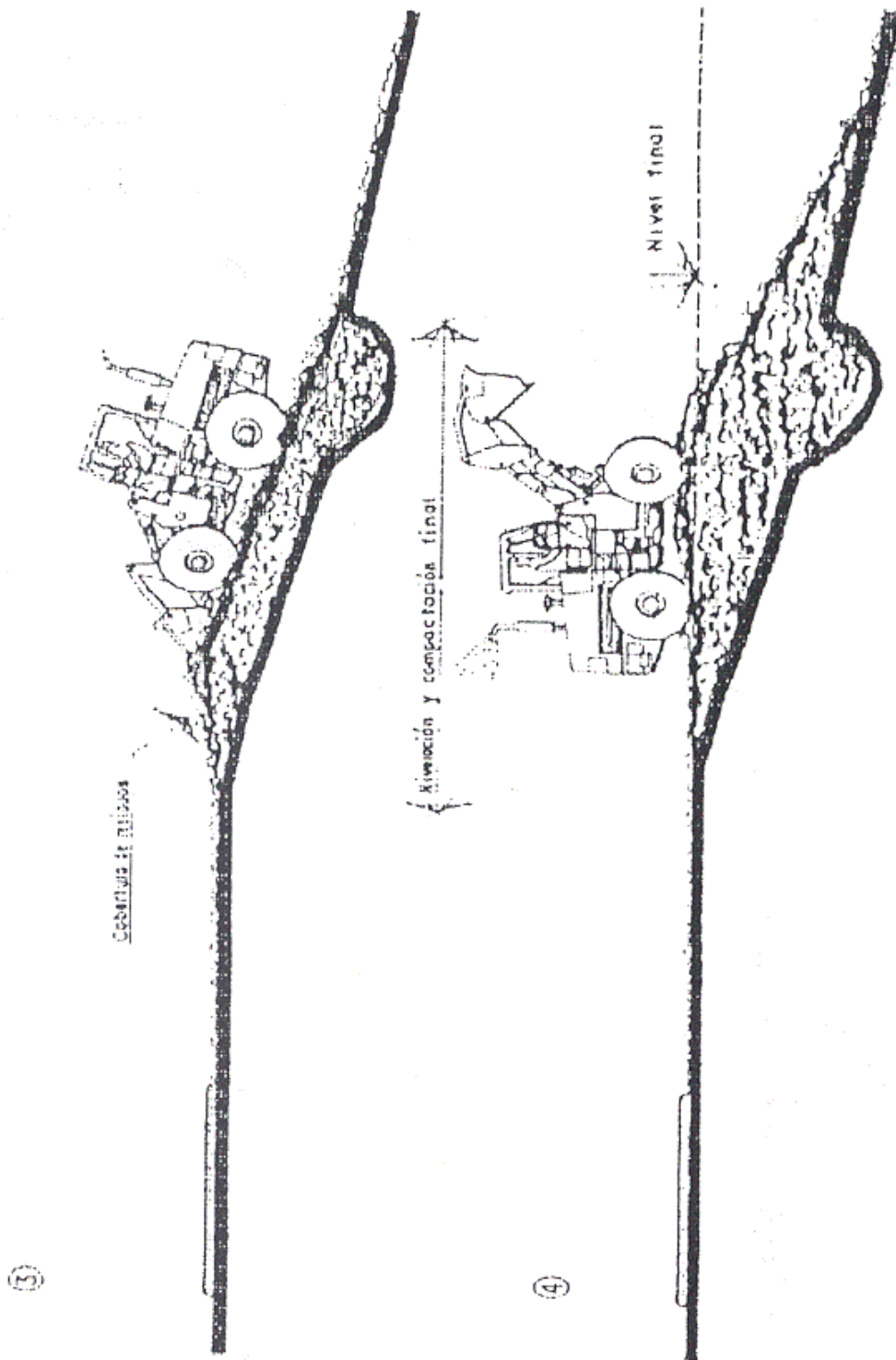
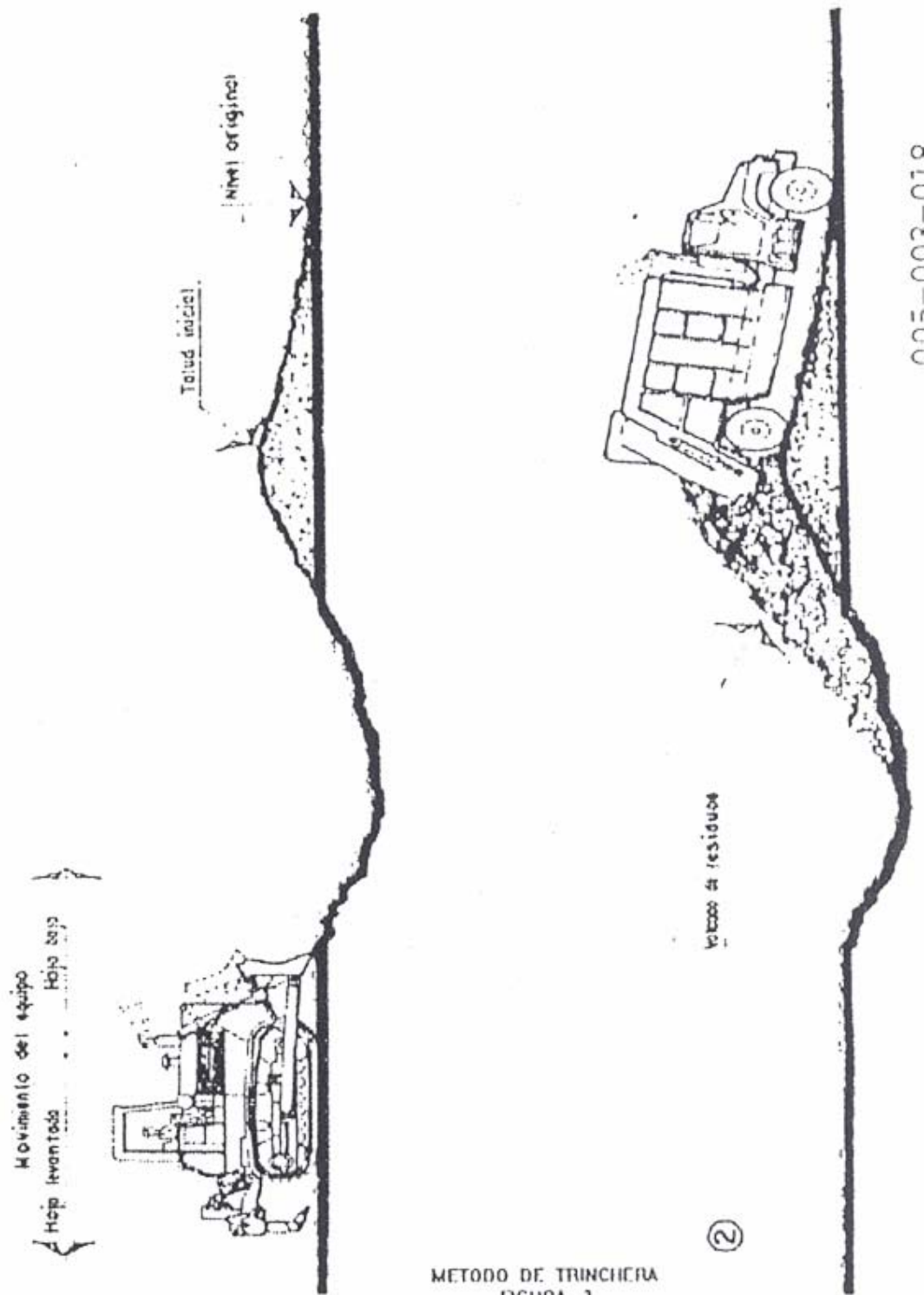


FIGURA 2 (continuación)



METODO DE TRINCHERA  
FIGURA 1

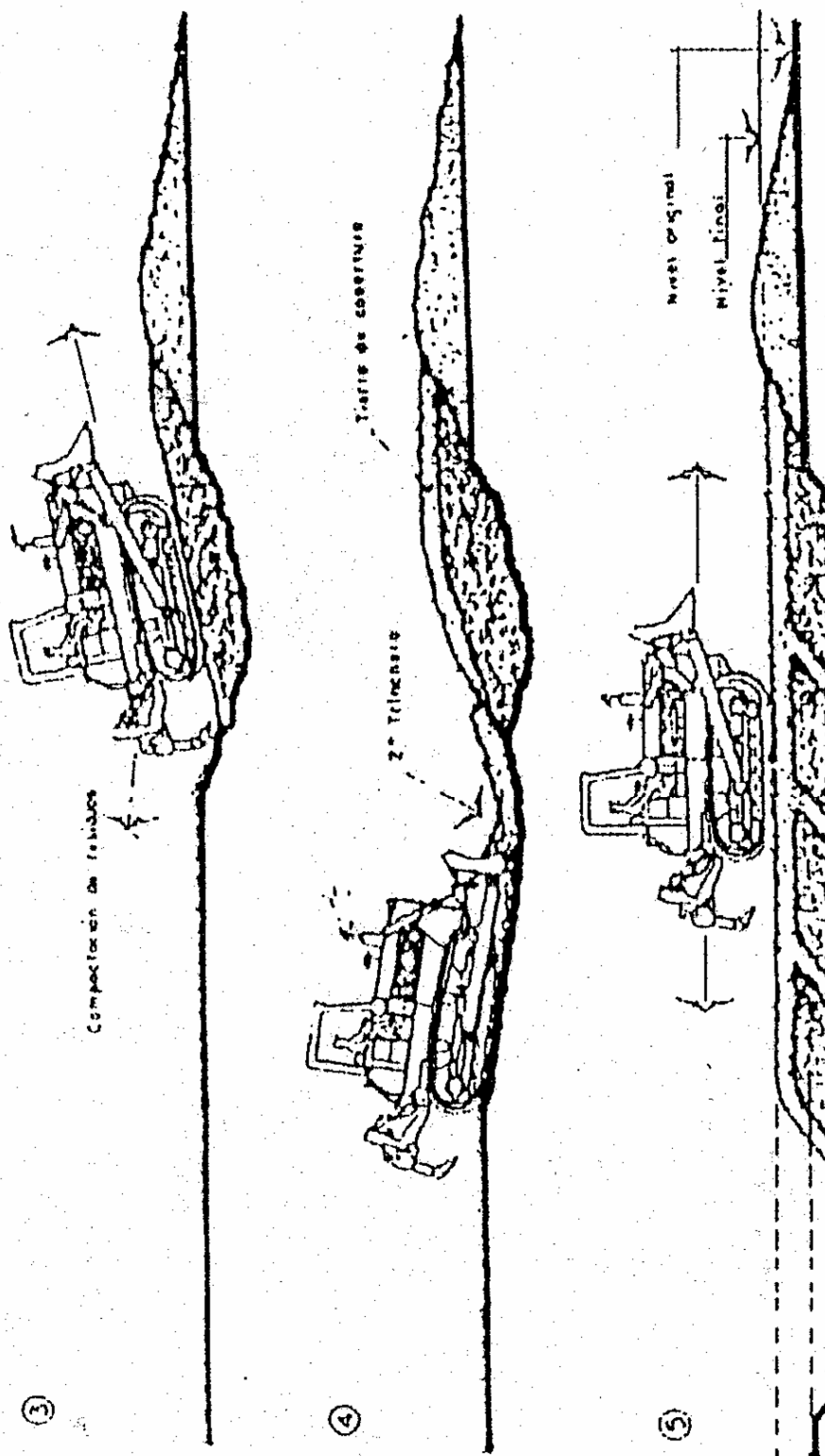
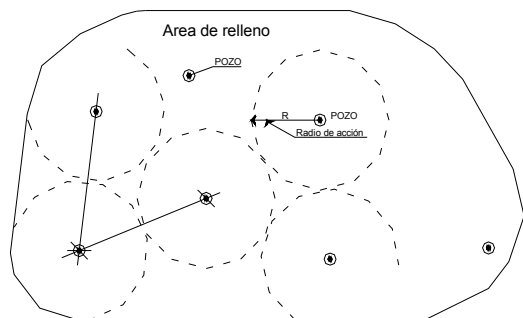
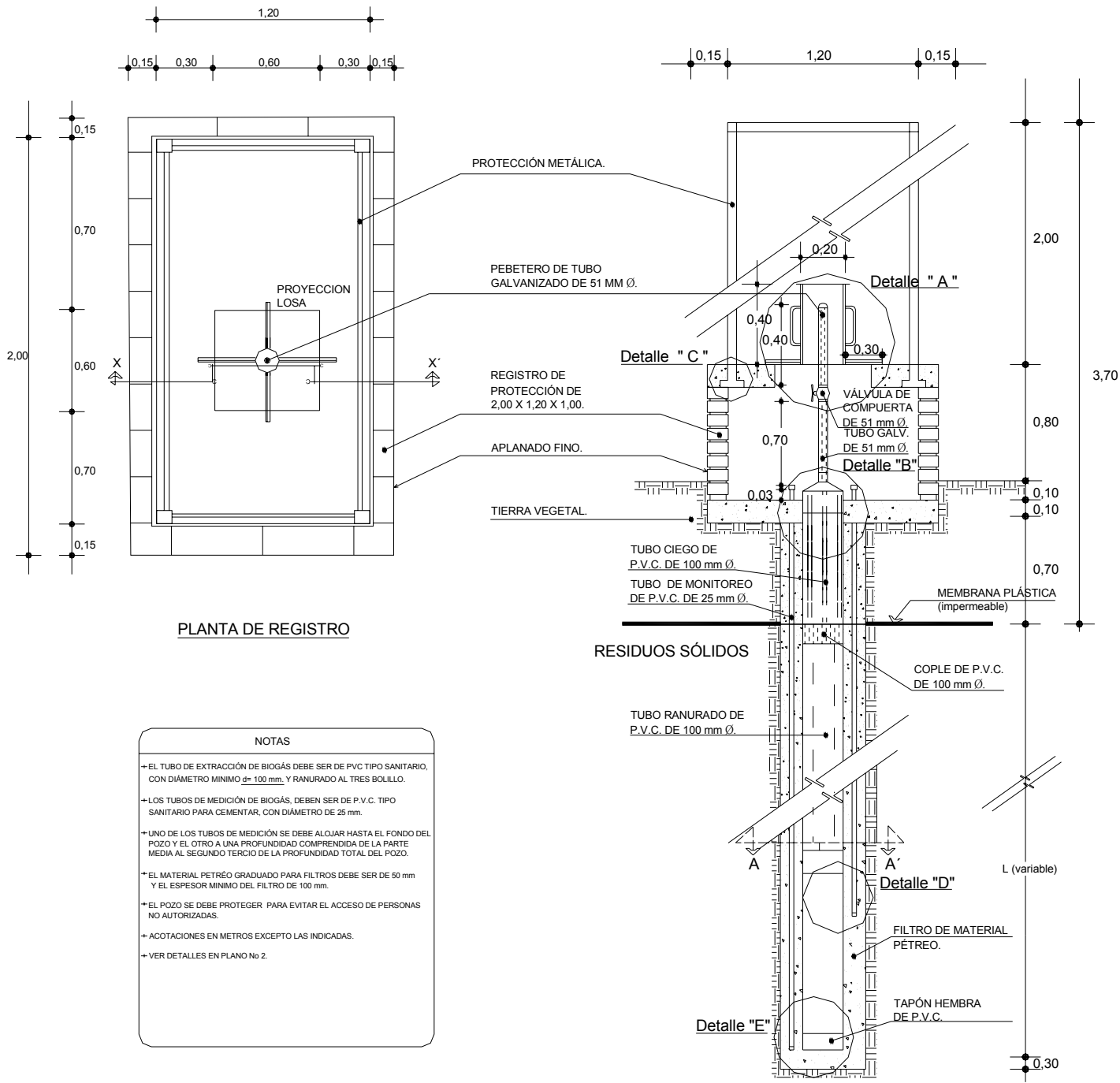


FIGURA 3 (continuación)

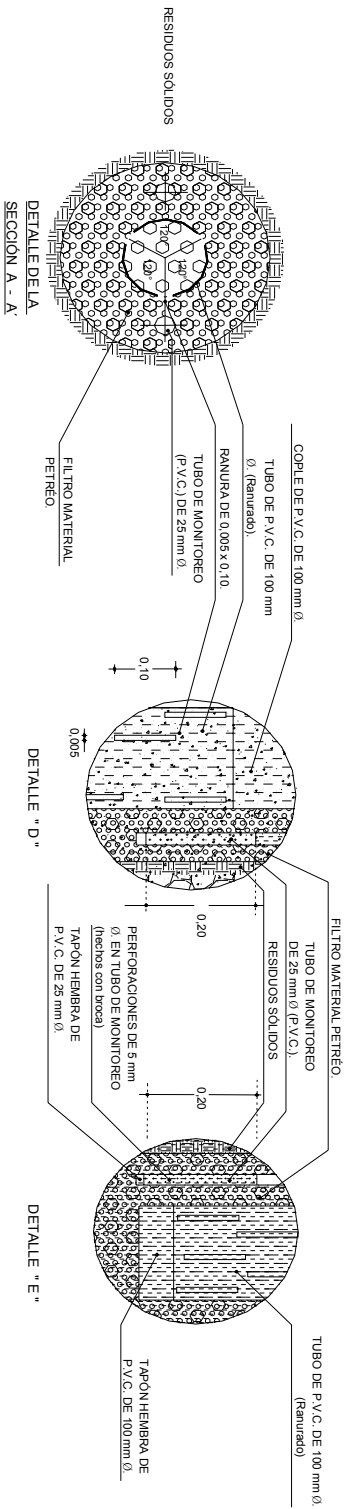
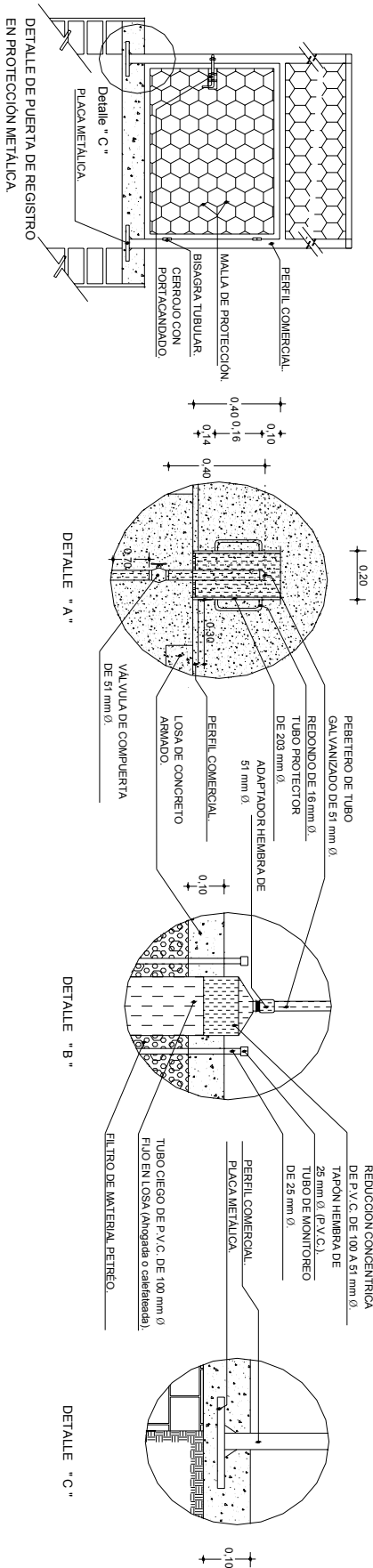




**PLANO No 1**

**POZOS DE EXTRACCIÓN DE BIOGÁS**

ESCALA.	ACOT. EN METROS	FECHA: FEB/91
---------	-----------------	---------------



PLANO No 2		
POZOS DE EXTRACCION DE BIOLGAS		
DETALLES		
ESCALA	ACOT. EN METROS	FECHA: FEB/91

Nombre de archivo: LIBRO 2 TOMO II  
Directorio: C:\Documents and Settings\Mdelgado\Mis documentos  
Plantilla: C:\Documents and Settings\Administrador\Datos de  
programa\Microsoft\Plantillas\NORMAS.dot  
Título: LIBRO 2  
Asunto:  
Autor: Rubén Hernández Córdova  
Palabras clave:  
Comentarios:  
Fecha de creación: 17/06/2010 11:17:00 a.m.  
Cambio número: 2  
Guardado el: 17/06/2010 11:17:00 a.m.  
Guardado por: Mdelgado  
Tiempo de edición: 8 minutos  
Impreso el: 29/06/2010 11:37:00 a.m.  
Última impresión completa  
Número de páginas: 154  
Número de palabras: 28,791 (aprox.)  
Número de caracteres: 158,356 (aprox.)