

26  
2ej



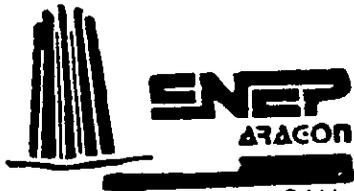
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ARAGON"

*Regimacion Discontinua*

"LINEAMIENTOS Y RECOMENDACIONES PARA LA REVISION Y SUPERVISION DE OBRAS Y PROYECTOS DE DRENAJE EN EDIFICACIONES DEL DISTRITO FEDERAL"

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A :  
PATRICIA LEDESMA GARCIA



SAN JUAN DE ARAGON, ESTADO DE MEXICO MAYO DE 1998.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

264992



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

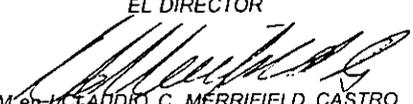
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGÓN  
DIRECCION

PATRICIA LEDESMA GARCIA  
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 24 de febrero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que la profesora, Ing. CELIA MARTINEZ RAYON pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado "LINEAMIENTOS Y RECOMENDACIONES PARA LA REVISION Y SUPERVISION DE OBRAS Y PROYECTOS DE DRENAJE EN EDIFICACIONES DEL DISTRITO FEDERAL", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

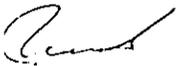
ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
San Juan de Aragón, Mex., 1 de marzo de 1995  
EL DIRECTOR

  
M. en C. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO



c c p Unidad Académica.  
c c p Jefe de Carrera de Ingeniería Civil.  
c c p Asesor de Tesis.

CCMC/AIR/11a



¡ GRACIAS SEÑOR !

Porque todo cuanto soy, cuanto puedo y cuanto recibo es regalo tuyo.

¡ GRACIAS PAPÁ !

Porque de tí aprendí que un héroe es aquel que enfrenta con dignidad, valentía y fortaleza las pruebas que la vida nos impone. Un héroe es aquel ser que nos enseña con su ejemplo a no claudicar y a luchar hasta el último aliento por lo que se desea, un héroe es aquel que aunque no pueda llevar a un niño en brazos . . . . . lo lleva en el corazón.

Y tú papá . . . ¡ ERES UN HÉROE !

¡ GRACIAS MAMÁ !

Porque cuando necesito el consuelo de una mano amiga o la ternura de una sonrisa, cuando necesito fuerza, ánimo y un poco de fé para afrontar las cosas, siempre estás a mi lado. Porque con tu ejemplo aprendí a no traicionar mis convicciones.

¡GRACIAS ABUELITA EUGENIA !

Uno de los mayores privilegios que he tenido en la vida, ha sido el de conocerte, eres un ser maravilloso que iluminó mi existencia en todos los sentidos. Te amo abuelita, y el tiempo no podrá borrar la herida que me provoca el no tenerte a mi lado. trato de consolar mi pena pensando que cuando DIOS te envió al mundo, lo hizo para que admiráramos los tesoros que el puede crear, y que recogió su tesoro porque el mismo necesitaba admirar su obra. porque ¿ sábes abuelita ? ese tesoro. . . . ¡ ERES TÚ !

Te extraño y siempre pienso en ti, vives en mi corazón y todos los días estás en mis oraciones; y cuando soy generosa en parte es un tributo de amor por tí.

¡ ABUELITA ME HACES FALTA !

¡ GRACIAS RODRIGO !

Mi pequeño travieso, ¡ te quiero mucho ! tú me has dado la entereza que necesitaba para afrontar la vida con valor. Contigo me reencontré, recuperé a la niña que llevo dentro y me doy cuenta de lo afortunada que soy y de lo generosa que la vida ha sido conmigo.

Eres la chispa que necesitaba para ser completamente feliz. porque mis padres me dieron alas, pero tú me enseñaste a volar.

¡ GRACIAS HEIDI, DANY Y JORGE !

Muchas veces he intentado rodearme de verdaderas amistades pero es muy raro que alguien comparta sin egoísmos. Lo he valorado y por eso les doy las gracias, porque me han demostrado que no tengo que buscar lo que tan generosamente me han regalado. . . .

¡ UNA VERDADERA AMISTAD !

Y si algún día necesitan que alguien los escuche recuerden que siempre estaré cerca para cuando me necesiten.

¡ GRACIAS TÍO ENRIQUE !

Te agradezco el haberme apoyado y aconsejado en uno de los momentos más difíciles de mi vida. me ayudaste a salir adelante más fortalecida y más humana.

¡ GRACIAS ANTOLÍN !

De tí aprendí que la mayor fortuna del mundo es tener un amigo, y que el esfuerzo no es hacer algo lo mejor que se pueda, sino hacerlo mejor de lo que es posible.

¡ GRACIAS CELIA !

Porque sin tu valiosa ayuda, el apoyo y los ánimos que me demostraste, no me hubiera titulado NUNCA.

GRACIAS ABUELO CÁNDIDO.

Por ser quien eres, tienes un lugar especial en mi corazón.

A MIS AMIGOS:

<i>HÉCTOR</i>	<i>ELIA</i>
<i>JESÚS</i>	<i>JAVIER</i>
<i>ROSA</i>	<i>SONIA</i>
<i>CECILIA</i>	<i>ANDREA</i>
<i>VICTORIA</i>	<i>LAURA</i>
<i>MERCEDES</i>	<i>HUGO B.</i>

por el apoyo que siempre me demostraron, tanto con palabras de ánimo, como con hechos. MIL GRACIAS.

A TÍ J.A.M.R.

Porque de tí aprendí la sutil diferencia que hay entre tomar la mano de alguien y encadenar un alma: entendí que el amor verdadero no riñe, confía. Aprendí a construir todos mis caminos en el hoy porque el terreno del mañana es demasiado incierto para hacer planes. Empecé a aceptar las derrotas con la cabeza en alto, con los ojos bien abiertos, con la compostura de un adulto. Y porque ahora sé que el amor no necesita ataduras ni en el tiempo, ni en la eternidad.

## INDICE

INTRODUCCIÓN. . . . .	1
<b>CAPÍTULO I. TRÁMITES ANTE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA. . . . .</b>	<b>3</b>
I.1 ANTECEDENTES. . . . .	3
I.2 FACTIBILIDADES HIDRÁULICAS DE SERVICIO. . . . .	3
I.3 POLITICAS PARA OBTENER LA FACTIBILIDAD DE SERVICIOS HIDRÁULICOS. . . . .	4
I.4 TIEMPO DE ELABORACIÓN, COSTO Y LUGAR DE PAGO. . . . .	6
I.5 PROCEDIMIENTO PARA LA EXPEDICIÓN DE FACTIBILIDAD HIDRÁULICA DE SERVICIOS. . . . .	7
<b>CAPÍTULO II. NORMAS Y RECOMENDACIONES GENERALES. . . . .</b>	<b>15</b>
II.1 ANTECEDENTES. . . . .	15
II.2 MEMORIA DEL PROYECTO. . . . .	15
II.2.1 Estructuración. . . . .	15
II.2.2 Entrega. . . . .	18
II.3 PLANOS. . . . .	23
II.3.1 Estructuración. . . . .	23
II.3.2 Entrega. . . . .	25
II.4 TRABAJOS TOPOGRÁFICOS. . . . .	29
II.4.1 Poligonales. . . . .	30
II.4.2 Nivelación. . . . .	35
II.4.3 Levantamientos Especiales. . . . .	37
II.4.4 Sondeos de pozos de visita. . . . .	38
II.4.5 Número de elementos a servir. . . . .	38

<b>CAPÍTULO III. PROYECTO DE INSTALACIONES INTERNAS.</b>	<b>41</b>
III.1 ANTECEDENTES.	41
III.2 INSTALACIÓN SANITARIA.	41
III.2.1 Datos de proyecto.	41
III.2.2 Consideraciones de proyecto.	43
III.3 INSTALACIÓN PLUVIAL.	48
III.3.1 Gasto de diseño.	49
III.3.2 Coladeras pluviales.	52
III.3.3 Bajadas pluviales.	52
III.3.4 Profundidad de tuberías.	54
III.3.5 Transiciones y cambios de dirección y de pendiente.	55
III.3.6 Registros.	55
<b>CAPÍTULO IV. PROYECTO DE INSTALACIONES EXTERNAS.</b>	<b>57</b>
IV.1 ANTECEDENTES.	57
IV.2 CONFIGURACIÓN DE ATARJEAS.	58
IV.3 ALCANTARILLADO SANITARIO	59
IV.3.1 Aportación de aguas negras.	59
IV.3.2 Periodo económico de proyecto.	59
IV.3.3 Áreas tributarias.	59
IV.3.4 Coeficientes de variación.	60
IV.3.5 Gastos de diseño.	61
IV.3.6 Diseño hidráulico.	64
IV.3.7 Parámetros hidráulicos.	66
IV.4 ALCANTARILLADO PLUVIAL.	68
IV.4.1 Fórmula racional.	69
IV.4.2 Gasto de aportación pluvial.	75
IV.4.3 Redes primarias de drenaje pluvial.	75
IV.4.4 Cálculo de pérdidas.	76
IV.4.5 Hidrogramas unitarios sintéticos.	77
IV.5 ALCANTARILLADO COMBINADO.	84
IV.6 SITIO DE DESCARGA.	84
IV.7 ATARJEAS Y COLECTORES.	85

IV.7.1 Dimensiones tentativas. . . . .	85
IV.7.2 Selección de tuberías. . . . .	85
IV.7.3 Transiciones. . . . .	86
IV.7.4 Consideraciones de diseño. . . . .	87
IV.7.5 Estructuras de acero y especiales. . . . .	89

**CAPÍTULO V. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN PARA**

<b>INSTALACIONES INTERNAS. . . . .</b>	<b>103</b>
V.1 ANTECEDENTES. . . . .	103
V.2 ESPECIFICACIÓN DE LOS MATERIALES. . . . .	103
V.2.1 Material de cobre. . . . .	103
V.2.2 Material de fierro galvanizado. . . . .	104
V.2.3 Material de fierro fundido. . . . .	105
V.2.4 Material de PVC (CLORURO DE POLIVINILO). . . . .	106
V.3 ESPECIFICACIONES DE ACCESORIOS PARA DESAGÜES. . . . .	107
V.4 LOCALIZACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS. . . . .	108
V.5 ÁNGULO DE CONEXIÓN ENTRE TUBERÍAS. . . . .	108
V.6 INSTALACIÓN DE TUBERÍAS. . . . .	109
V.6.1 Tuberías de cobre. . . . .	109
V.6.2 Tuberías de fierro galvanizado. . . . .	109
V.6.3 Tuberías de fierro fundido. . . . .	110
V.6.4 Tuberías de PVC ( Unión espiga - campana con anillo de hule ). . . . .	111
V.6.5 Tuberías de PVC para cementar. . . . .	111
V.7 SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE FOSA SÉPTICA. . . . .	113
V.8 REGISTROS DE ALBAÑAL. . . . .	114
V.9 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BAJADAS DE AGUA. . . . .	115

**CAPÍTULO VI. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN PARA**

<b>INSTALACIONES EXTERNAS. . . . .</b>	<b>117</b>
VI.1 RUPTURA DE EMPEDRADO. . . . .	117
VI.2 RUPTURA DE PAVIMENTO ADOQUINADO, ASFÁLTICO Y DE CONCRETO. . . . .	117

VI.3 TRAZO Y CORTE CON CORTADORA DE DISCO EN PAVIMENTO ASFÁLTICO Y PAVIMENTO HIDRÁULICO. . . . .	118
VI.4 CONSTRUCCIÓN DE BASE DE GRAVA CEMENTADA. . . . .	118
VI.5 CONSTRUCCIÓN DE EMPEDRADO EN SECO . . . . .	118
VI.6 EMPEDRADO. JUNTEADO CON CEMENTO - ARENA 1:5. . . . .	119
VI.7 PAVIMENTO ADOQUINADO. JUNTEADO CON MORTERO CEMENTO - ARENA 1 : 3. . . . .	119
VI.8 PAVIMENTO ASFÁLTICO. . . . .	119
VI.9 PAVIMENTOS O BANQUETAS DE CONCRETO. . . . .	120
VI.10 DESMONTES. . . . .	121
VI.11 DESPALME. . . . .	122
VI.12 LIMPIEZA, TRAZO Y NIVELACIÓN EN EL ÁREA DE TRABAJO. . . . .	123
VI.13 EXCAVACIONES Y CORTES. . . . .	124
VI.14 EXCAVACIÓN DE ZANJAS. . . . .	125
VI.15 EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS. . . . .	129
VI.16 PLANTILLAS APISONADAS. . . . .	130
VI.17 RELLENOS DE EXCAVACIONES DE ZANJAS. . . . .	131
VI.18 EXTENDIDO Y BANDEADO DE MATERIAL SOBRANTE DE EXCAVACIÓN. . . . .	133
VI.19 RELLENO DE SUELO CEMENTO. . . . .	133
VI.20 BOMBEO DE ACHIQUE CON BOMBA AUTOCEBANTE. . . . .	133
VI.21 ADEMÉS DE MADERA. . . . .	134
VI.22 PROTECCIÓN EN EL EXTERIOR DE TUBERÍA DE CONCRETO PRESFORZADO . . . . .	134
VI.23 CALFATEO INTERIOR EN JUNTA DE CONCRETO PRESFORZADO CON CUERDA DE NYLON, COLMASOL Y SIKAFLEX. . . . .	137
VI.24 JUNTAS TIPO CALCETÍN EN TUBERÍAS DE CONCRETO PRESFORZADO. . . . .	137
VI.25 INSTALACIÓN Y JUNTEO DE TUBERÍA DE CONCRETO PRESFORZADO. . . . .	138
VI.26 PRUEBA HIDROSTÁTICA DE TUBERÍA DE CONCRETO PRESFORZADO. . . . .	142
VI.27 INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE CONCRETO. . . . .	143
VI.28 CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA Y CAJAS DE CAÍDA. . . . .	146
VI.29 BROCALES Y TAPAS PARA POZOS DE VISITA. . . . .	148
VI.30 CONEXIONES DOMICILIARIAS ( SLANT Y CODO ). . . . .	148
VI.31 MAMPOSTERÍA Y ZAMPEADO PARA ESTRUCTURAS. . . . .	149
VI.32 MUROS DE TABIQUE RECOCIDO O BLOCK DE CEMENTO. . . . .	150
VI.33 FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO. . . . .	152
VI.34 PLANTILLAS COMPACTADAS. . . . .	158

VI.35 SUMINISTRO DE TUBERIAS DE CONCRETO. . . . .	159
VI.36 SUMINISTRO DE SLANT Y CODO DE CONCRETO. . . . .	162
VI.37 ACARREO DE MATERIALES. . . . .	162
VI.38 ACARREO EN CARRETILLA . . . . .	162
<b>CAPÍTULO VII. SISTEMAS DE BOMBEO. . . . .</b>	<b>163</b>
VII.1 ANTECEDENTES. . . . .	163
VII.2 PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA PLANTA DE BOMBEO. . . . .	163
VII.3 PROBLEMAS PRESENTADOS EN PLANTAS EN OPERACIÓN. . . . .	167
VII.4 ALCANCES DE UN PROYECTO. . . . .	168
VII.4.1 Proyecto Civil. . . . .	168
VII.4.2 Proyecto Mecánico. . . . .	172
VII.4.3 Proyecto Eléctrico. . . . .	175
VII.5 CÁRCAMOS. . . . .	179
VII.5.1 Tipos y arreglos mas comunes. . . . .	179
VII.5.2 Recomendaciones generales de diseño. . . . .	180
VII.5.3 Disposición recomendable de los equipos. . . . .	181
VII.5.4 Dimensionamiento. . . . .	182
VII.5.5 Arreglos recomendables. . . . .	183
VII.5.6 Dispositivos de retención y retiro de cuerpos flotantes y azolves. . . . .	186
<b>CAPÍTULO VIII. EJEMPLOS DE APLICACIÓN. . . . .</b>	<b>193</b>
VIII.1 ANTECEDENTES. . . . .	193
VIII.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA UN EDIFICIO DE OFICINAS. . . . .	193
VIII.3 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE SANITARIO Y PLUVIAL PARA UN CONJUNTO HABITACIONAL. . . . .	194
VIII.3.1. Memoria del proyecto de drenaje sanitario. . . . .	194
VIII.3.2. Memoria del proyecto de alcantarillado pluvial. . . . .	198
<b>CAPÍTULO IX. SUPERVISIÓN DE OBRA. . . . .</b>	<b>203</b>
IX.1 ASPECTOS GENERALES. . . . .	203
IX.2 SEGUIMIENTO DEL ÁREA SUPERVISORA. . . . .	203

IX.3 LINEAMIENTOS PARA LA ELABORCIÓN DE BITÁCORAS. . . . .	206
CAPÍTULO X. CONCLUSIONES. . . . .	207
REFERENCIAS. . . . .	211
ANEXO A. FORMATO DE LOS OFICIOS PARA LA SOLICITUD DE FACTIBILIDAD HIDRÁULICA DE SERVICIOS. . . . .	213
ANEXO B. SIMBOLOGÍA MÁS FRECUENTEMENTE UTILIZADA EN PROYECTOS DE DRENAJE. . . . .	219
ANEXO C. TABLAS. . . . .	223
ANEXO D. FIGURAS. . . . .	265
ANEXO E. PLANOS DE PROYECTO. . . . .	365

**" LINEAMIENTOS Y RECOMENDACIONES PARA LA REVISIÓN Y  
SUPERVISIÓN DE OBRAS Y PROYECTOS DE DRENAJE EN  
EDIFICACIONES DEL DISTRITO FEDERAL "**

## INTRODUCCIÓN.

Las personas físicas y morales interesadas en construir inmuebles como: conjuntos habitacionales, edificios de oficinas, conjuntos comerciales o industriales, clínicas, escuelas y en general, todo tipo de inmueble que de acuerdo con el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, deben edificarse previa obtención de una licencia de construcción, con frecuencia se ven envueltas en una problemática que les hace requerir más tiempo del previsto para el desarrollo y buen término del trámite correspondiente, situación que tiene como causas principales, las siguientes:

1. Desconocimiento del orden en que deben efectuarse, así como de las acciones que integran el proceso orientado a la obtención de dicha licencia.
2. Desconocimiento de las normas y recomendaciones generadas por la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica ( D.G.C.O.H. ) del Departamento del Distrito Federal ( D.D.F. ), que permiten uniformizar la elaboración y presentación de proyectos.

Por las razones anteriormente expuestas, los principales objetivos de este trabajo son:

- a) Divulgar de manera clara y objetiva el conocimiento de las actividades que debe contemplar cualquier aspirante a obtener una licencia para construir el tipo de inmueble que requiera.
- b) Indicar a través de normas y recomendaciones la mejor forma de efectuar dichas actividades.
- c) El modo en que se deberán presentar para su revisión los anteproyectos y proyectos ejecutivos que de ello se deriven.
- d) Con respecto a la supervisión de las obras y para garantizar que sean ejecutadas con estricto apego a lo especificado, se considera también la emisión de normas y recomendaciones para la supervisión de esos trabajos.

Para cumplir con estos objetivos, el presente trabajo se divide en diez capítulos.

En el **primer capítulo** se enuncian los pasos constitutivos de la parte del proceso que, para obtener una licencia de construcción corresponde sancionar a la D.G.C.O.H., además se indican los documentos escritos y/o gráficos que deben presentarse a la dependencia.

La función del **segundo capítulo** es la de enunciar normas y recomendaciones de carácter general.

En los **capítulos tercero y cuarto**, se hace una exposición detallada de todo aquello que en los aspectos de realización y revisión de proyectos ejecutivos debe ser observado por los interesados en la construcción de los mismos.

En los **capítulos quinto y sexto** se dá el conjunto de especificaciones al que deberá referirse y someterse la realización de todas las actividades en que se fundamente su ejecución material, con objeto de garantizar que las obras proyectadas tengan la calidad y características de seguridad que les permitan cumplir con el fin para el que fueron concebidas.

El **séptimo capítulo** se encuentra integrado por la descripción de los diferentes sistemas de bombeo.

En el **octavo capítulo** se muestra como emplear el contenido de los capítulos anteriores para la realización de proyectos.

En el **capítulo nueve** se muestra el seguimiento de la construcción de un proyecto, consistente en aplicar los controles que aseguran que cada fase del trabajo cumpla con las especificaciones, calidades y plazos señalados en el proyecto.

En el **décimo capítulo** se proporcionan las conclusiones generadas en el presente trabajo.

Por lo anteriormente expuesto, es necesario señalar que este trabajo se encuentra encaminado a toda aquella persona dedicada a la planeación, diseño y construcción de proyectos de drenaje en el Distrito Federal.

## **CAPÍTULO I**

### **TRÁMITES ANTE LA DIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN HIDRÁULICA**

#### **I.1. ANTECEDENTES.**

A la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica (D.G.C.O.H.) le corresponde sancionar una parte del proceso para obtener las licencias de uso del suelo y de construcción.

Cualquier persona que pretenda realizar la construcción de inmuebles para vivienda, comercio o industria, debe solicitar ante las autoridades del Distrito Federal, de acuerdo con el artículo 53 del Reglamento de Construcción para la entidad, una licencia de uso del suelo, y si ésta es otorgada, en cumplimiento del artículo 54 del reglamento citado, también deberá solicitar una licencia de construcción.

En relación a las licencias de uso del suelo, la D.G.C.O.H. dictamina si la obra que se pretende construir es factible desde el punto de vista de infraestructura hidráulica, es decir, determina en que tipo de zona ( que para este tipo de análisis, se definieron en el D.F.) se localiza el predio correspondiente al proyecto; si la obra es hidráulicamente factible, y es otorgada la licencia de uso del suelo, el interesado deberá solicitar la licencia de construcción, para lo cual en la delegación política donde se localice la obra a realizar, pagará los derechos correspondientes y entregará el proyecto ejecutivo de dicha obra. El interesado deberá presentar a la D.G.C.O.H. los proyectos de la parte que contempla las instalaciones hidráulicas, sanitarias y pluviales: tanto el proyecto de instalaciones internas como los proyectos de la infraestructura hidráulica adicional.

#### **I.2. FACTIBILIDADES HIDRÁULICAS DE SERVICIO.**

El principal objetivo es el de obtener de la D.G.C.O.H. a través de las entidades oficiales designadas, la opinión de factibilidades hidráulicas de servicios, para aquellos desarrollos que por su ubicación son susceptibles a contar con los servicios hidráulicos y sanitarios, a efecto de satisfacer sus necesidades básicas. Esto es con la finalidad de tramitar las licencias de uso de suelo y construcción en el Distrito Federal.

### 1.3. POLÍTICAS PARA OBTENER LA FACTIBILIDAD DE SERVICIOS HIDRÁULICOS.

La factibilidad hidráulica de servicios es un documento mediante el cual las autoridades del Distrito Federal, autorizan o niegan el suministro de los servicios hidráulicos a un desarrollo determinado. La autorización se realiza en función de varios aspectos, tales como la infraestructura hidráulica existente y de proyecto, presión en las redes y caudales comprometidos.

Para brindar los servicios de agua potable y alcantarillado se debe tomar en cuenta que en algunas zonas se carece de infraestructura hidráulica o bien hay zonas que sí cuentan con servicios, pero por la magnitud de los desarrollos provocan que el sistema hidráulico se desequilibre, siendo necesario ampliar o rehabilitar el sistema en esa área, por lo que los costos respectivos de las obras que se requieren serán asumidos o prorrateados proporcionalmente por los nuevos demandantes y con esto garantizar el suministro a los desarrollos y mejorar las condiciones locales de la zona donde se establezcan, sin afectar los intereses de los vecinos.

De esta manera tomando en consideración los planos de uso de suelo del Plan Parcial de Desarrollo Urbano para todas las delegaciones, así como la cobertura de infraestructura hidráulica y el nivel de servicio existente, se elaboró la zonificación del Distrito Federal en tres grandes zonas para delimitar las factibilidades de servicios hidráulicos. Dichas zonas son las siguientes:

ZONA	DESCRIPCIÓN
I ( zona factible )	<p>Son aquellas zonas que no requieren para su desarrollo generar o construir infraestructura hidráulica adicional, y que cuentan con el 100 % de infraestructura de agua potable y alcantarillado.</p> <p>Cuando el usuario solicita licencia de construcción para predios de uso habitacional menores de 2 500 m<sup>2</sup>, y menores de 3 000 m<sup>2</sup> para otros usos, requieren un estudio hidráulico y únicamente serán calificados por concepto de contribuciones del artículo 190 del Código Financiero.</p> <p>Los predios mayores a estas áreas serán objeto de un estudio más detallado que permita determinar el impacto que origina en la infraestructura existente y las soluciones al respecto.</p>

## ZONA

## DESCRIPCIÓN

**II**  
**( zona factible**  
**condicionada )**

Son zonas que requieren para su desarrollo construir infraestructura hidráulica adicional, ya que cuentan en forma parcial con los servicios de agua potable y alcantarillado, requiriendo para su desarrollo construir o contribuir para el reforzamiento de la infraestructura existente, para poder proporcionar el servicio o mejorarlo en su caso.

**III**  
**( zona NO**  
**factible )**

Son las zonas que por su ubicación geográfica dentro del Distrito Federal, se localizan por arriba de la cota de servicios del suministro de agua potable, o la infraestructura para el desalojo de las aguas negras resulta exageradamente elevada no es costable con respecto al valor comercial del inmueble.

Para el caso en que los usuarios requieran la opinión de la factibilidad de servicios hidráulicos, deberán solicitarla a la D.G.C.O.H. por conducto de las delegaciones políticas, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda o los Colegios de Ingenieros o Arquitectos, presentando en estos organismos oficiales la siguiente documentación.

1. Escrito de solicitud, proporcionando: calle No., Colonia, Delegación y giro del desarrollo pretendido, además de los datos del solicitante, indicando dirección para recibir notificaciones.
2. Anteproyecto Arquitectónico, que incluya plantas de distribución y localización, cortes y fachadas debidamente acotadas, además croquis de localización con los nombres de las calles que limitan la manzana.
3. Memoria descriptiva del proyecto y estudio de áreas generales del proyecto.

#### I.4. TIEMPO DE ELABORACIÓN, COSTO Y LUGAR DE PAGO.

La factibilidad de servicios hidráulicos tendrá un tiempo de elaboración de 5 días a partir de su recepción, y 7 días máximo cuando se requiera un estudio detallado de campo en los aspectos técnicos, una vez elaborado el documento, y tramitado, tendrá una vigencia de un año y su costo variará según las cuotas que rijan al momento de la expedición de la licencia de construcción.

El pago de derechos que marca el artículo 190 del Código Financiero del Distrito Federal y de infraestructura adicional en su caso, se podrá realizar en cualquiera de las receptorías de la Tesorería del Distrito Federal.

Una vez que los proyectos hidráulico y sanitario hayan sido revisados y aprobados por la D.G.C.O.H., el usuario deberá solicitar a la misma la supervisión única y exclusivamente de las obras hidráulicas, para verificar y constatar que dichas obras sean ejecutadas conforme al proyecto autorizado. Este proceso es importante, ya que se va llevando la secuela desde el inicio de obra facilitando el proceso final que es el de conexión y descarga definitivas.

Posteriormente, si la obra ha llevado el proceso de supervisión de obra hidráulica, el usuario en coordinación con el supervisor de obra asignado por la D.G.C.O.H. solicita a la misma la conexión y descarga definitiva, coordinándose con las áreas de Servicios a Usuarios y de Operación.

Un aspecto importante que se debe tener en cuenta, es el cumplimiento de lo establecido en el artículo 77 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, cuyo contenido tiene como objetivos principales: la imagen urbana y la infiltración del agua de lluvia a los mantos permeables para propiciar la recarga de los acuíferos; los predios con área menor de 500 m<sup>2</sup> deberán dejar sin construir, como mínimo el 20 % de su área; y los predios con área mayor de 500 m<sup>2</sup> los siguientes porcentajes:

SUPERFICIE DEL PREDIO (m <sup>2</sup> )	ÁREA LIBRE (%)
De más de 500 hasta 2 000	22.50
De más de 2 000 hasta 3 500	25.00
De más de 3 500 hasta 5 500	27.50
Más de 5 500	30.00

Cuando no se cumple el porcentaje de área libre indicado anteriormente, se pueden proponer pozos de absorción o la utilización del agua pluvial.

**1.5. PROCEDIMIENTO PARA LA EXPEDICIÓN DE FACTIBILIDAD HIDRÁULICA DE SERVICIOS.**

ACTIVIDAD Nº.	UNIDAD ADMINISTRATIVA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.
1.	SOLICITANTE.	- RECABA EN LA DELEGACIÓN CORRESPONDIENTE, LOS COLEGIOS DE INGENIEROS O ARQUITECTOS Y SEDUVI, EL INSTRUCTIVO DE LOS DATOS QUE DEBERÁ ENTREGAR EN ESOS ORGANISMOS PARA SOLICITAR LA OPINIÓN DE FACTIBILIDAD DE SERVICIOS.
2.	DELEGACIÓN, SEDUVI O COLEGIOS.	- INFORMA O ENTREGA INSTRUCTIVO DE LA DOCUMENTACIÓN REQUERIDA.
3.	SOLICITANTE.	- INTEGRA LA DOCUMENTACIÓN RESPECTIVA Y LA INGRESA A LA DELEGACIÓN, SEDUVI O COLEGIOS.
4. 4.A. 4.B. 4.C. 4.D.	DELEGACIÓN, SEDUVI O COLEGIOS.	<p>- RECIBE LA DOCUMENTACIÓN RESPECTIVA.</p> <p>- REvisa LA DOCUMENTACIÓN Y VERIFICA QUE ESTÉ DE ACUERDO CON LOS REQUISITOS PREVIAMENTE ESTABLECIDOS.</p> <p>- SI NO ESTÁ DEBIDAMENTE REQUISITADA, DEVUELVE LA DOCUMENTACIÓN PARA CONTINUAR CON LA ACTIVIDAD Nº. 3.</p> <p>- DE ESTAR DEBIDAMENTE REQUISITADA Y ACOMPAÑADA DE TODOS LOS ANEXOS, LA REGISTRA.</p> <p>- ELABORA VOLANTE DE TRÁMITE Y ENTREGA AL SOLICITANTE.</p>

ACTIVIDAD No.	UNIDAD ADMINISTRATIVA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
5.	SOLICITANTE.	- RECIBE VOLANTE PARA DARLE SEGUIMIENTO A SU TRÁMITE.
6.	DELEGACIÓN, SEDUVI O COLEGIOS.	- REMITE LA DOCUMENTACIÓN CORRESPONDIENTE AL ÁREA OPERATIVA DE LA DELEGACIÓN, SEDUVI O COLEGIOS.
7.  7.A.	ÁREA OPERATIVA.	- RECIBE EXPEDIENTE Y LO REGISTRA PARA EFECTO DE CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL TRÁMITE.  - ANALIZA EXPEDIENTE Y LO TURNA A LA DICTAMINADORA DE LA D.G.C.O.H.
8.  8.A.  8.B.	DICTAMINADORA.	- ANALIZA, CUANTIFICA Y DETERMINA SI LAS ÁREAS DEL PROYECTO SON MENORES DE 2 500 m <sup>2</sup> PARA USO HABITACIONAL Y MENORES DE 5 000 m <sup>2</sup> PARA OTROS USOS, Y LA ZONA EN QUE SE LOCALIZA (I, II Ó III).  - SI SON MENORES Y ESTÁN EN ZONA I, SE EMITE LA TARJETA DE FACTIBILIDAD DE SERVICIOS HIDRÁULICOS EN EL MISMO DÍA EN QUE INICIA EL TRÁMITE, CALIFICANDO EXCLUSIVAMENTE ARTÍCULO 190.  - SI SON MAYORES Y ESTÁN EN ZONA I, SE SOLICITA DICTAMINE OFICINAS CENTRALES.

ACTIVIDAD No.	UNIDAD ADMINISTRATIVA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD.
9.	DELEGACIÓN, SEDUVI O COLEGIOS.	- SI SE LOCALIZAN EN ZONA II. PARA SUPERFICIES MAYORES O MENORES DE 2 500 m <sup>2</sup> USO HABITACIONAL, SE SOLICITA DICTAMINE OFICINAS CENTRALES.
9.A.		- SI SE LOCALIZA EN ZONA III, SE NIEGA FACTIBILIDAD DE SERVICIOS.
9.B.		- EN BASE A LO ANTERIOR, LA DELEGACIÓN, SEDUVI O COLEGIOS, SOLICITA DE MANERA OFICIAL A LA D.G.C.O.H., OFICINAS CENTRALES, LA OPINIÓN DE FACTIBILIDAD DE SERVICIOS HIDRÁULICOS.
10.	D.G.C.O.H.	- RECIBE SOLICITUD DE OPINIÓN DE FACTIBILIDAD DE SERVICIO.
10.A.		- ANALIZA EL IMPACTO DE LA DEMANDA DEL NUEVO DESARROLLO Y VERIFICA EN CAMPO LA SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA HIDRÁULICO EN LA ZONA, EN UN PERIODO MÁXIMO DE TRES DÍAS HÁBILES.
10.B.		- SI SE ENCUENTRA EN ZONA I Ó II SE REALIZA INVESTIGACIÓN DE CAMPO PARA COMPROBAR LA EFICIENCIA Y DISPONIBILIDAD DE LOS SERVICIOS, Y DEFINE LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA PODER SUMINISTRAR EL SERVICIO.
10.C.		- ELABORA OFICIO DE FACTIBILIDAD DE SERVICIOS HIDRÁULICOS.
10.D.		- ¿ ES POSITIVO ?  * SE NOTIFICA A LA DELEGACIÓN O COLEGIOS QUE ES FACTIBLE EL SUMINISTRO DE LOS SERVICIOS HIDRÁULICOS.  * LAS NOTIFICACIONES ANTERIORES DEBEN SALIR EN UN PLAZO MÁXIMO DE CINCO DÍAS HÁBILES A PARTIR DE LA RECEPCIÓN DEL DOCUMENTO.

ACTIVIDAD No.	UNIDAD ADMINISTRATIVA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
10.E.	D.G.C.O.H.	<p>- ¿ ES NEGATIVO ?</p> <p>* SE NOTIFICA A LA DELEGACIÓN, COLEGIOS O SEDUVI, LA IMPROCEDENCIA DEL SERVICIO POR LOS ALTOS COSTOS QUE REPRESENTA EL SUMINISTRO DEL SERVICIO.</p>
10.F.	D.G.C.O.H.	<p>- ¿ ES NEGATIVO CON OPCIÓN A RECONSIDERACIÓN ?</p> <p>* SE NOTIFICA A LA DELEGACIÓN, SEDUVI O COLEGIOS QUE PARA EL SUMINISTRO DE SERVICIOS ES NECESARIO UNA APORTACIÓN PARA EL REFORZAMIENTO DE INFRAESTRUCTURA.</p>
11.	DELEGACIÓN, SEDUVI O COLEGIOS.	<p>- RECIBE NOTIFICACIÓN DE OPINIÓN DE D.G.C.O.H. Y A SU VEZ LE INFORMA AL INTERESADO DE LAS CONDICIONANTES DEL SUMINISTRO DE LOS SERVICIOS.</p>
12.	SOLICITANTE.	<p>- RECIBE NOTIFICACIÓN POSITIVA O NEGATIVA CON LAS CONDICIONANTES QUE SE REQUIEREN PARA EL SERVICIO DE LOS SUMINISTROS HIDRÁULICOS.</p>
12.A.	SOLICITANTE.	<p>- SI ES POSITIVA CONTINUA CON LA ACTIVIDAD No. 14.</p>
12.B.	SOLICITANTE.	<p>- SI ES NEGATIVA CON OPCIÓN A RECONSIDERACIÓN ELABORA Y ENVÍA A D.G.C.O.H. OFICINAS CENTRALES CARTA COMPROMISO DE ACEPTACIÓN DE LAS CONDICIONANTES.</p>
13.	D.G.C.O.H.	<p>- RECIBE CARTA COMPROMISO DONDE EL SOLICITANTE ACEPTA EL PAGO ADICIONAL PARA EL REFORZAMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA.</p>



ACTIVIDAD No.	UNIDAD ADMINISTRATIVA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
14.D.   14.E.  14.F.	SOLICITANTE.	<p>- SOLICITA SE ELABOREN LOS RECIBOS DE COBRO POR EL COSTO DEL PROYECTO EJECUTIVO INDICADO EN EL OFICIO DE FACTIBILIDAD. MÁS EL CONCEPTO DEL ARTÍCULO 190.</p> <p>- EFECTÚA PAGO DE FIANZA A FAVOR DE D.G.C.O.H. ANTE UNA INSTITUCIÓN BANCARIA, QUE GARANTICE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.</p> <p>- INTEGRA LA FIANZA Y LA SOLICITUD DE RECIBOS DE PAGO Y TURNA A D.G.C.O.H. OFICINAS CENTRALES PARA CONTINUAR CON LA ACTIVIDAD No. 16.</p>
15.	DELEGACIÓN, SEDUVI O COLEGIOS.	- RECIBE LA ACEPTACIÓN DEL SOLICITANTE Y PIDE A LA DICTAMINADORA ELABORE LA ORDEN DE COBRO CORRESPONDIENTE PARA CONTINUAR CON LA ACTIVIDAD No. 17.
16.  16.A.  16.B.	D.G.C.O.H.	<p>- RECIBE SOLICITUD DE ORDEN DE PAGO.</p> <p>- EN SU CASO RETIENE LA FIANZA A FAVOR DE LA D.G.C.O.H., QUE GARANTIZA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS SOLICITADAS AL USUARIO.</p> <p>- ELABORA LOS RECIBOS DE PAGO CORRESPONDIENTES Y TURNA AL SOLICITANTE PARA CONTINUAR CON LA ACTIVIDAD No. 17.</p>
17.  17.A.	SOLICITANTE.	<p>- RECIBE LA ORDEN DE COBRO CORRESPONDIENTE.</p> <p>- REALIZA EL PAGO DE DERECHOS CORRESPONDIENTES EN LAS CAJAS DE TESORERÍA DEL DISTRITO FEDERAL Y ENTREGA EN LA DELEGACIÓN O COLEGIOS COPIA DEL RECIBO DE PAGO.</p>

ACTIVIDAD No.	UNIDAD ADMINISTRATIVA	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD
18.	DELEGACIÓN, SEDUVI O COLEGIOS.	- RECIBE EL COMPROBANTE DE PAGO Y PROCEDE A TRAMITAR LA LICENCIA DE USO DE SUELO O CONSTRUCCIÓN CORRESPONDIENTES Y JURNA AL INTERESADO LA LIBERACIÓN CORRESPONDIENTE.
19.  19.A.	SOLICITANTE.	- UNA VEZ LIBERADA LA LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN, SOLICITA A LA D.G.C.O.H. LA CONEXIÓN DE LOS SERVICIOS.  - LLENA LOS FORMATOS DE SOLICITUDES DE CONEXIÓN DE TOMA DE AGUA POTABLE Y DRENAJE, CUMPLIENDO LOS REQUISITOS SOLICITADOS EN EL REVERSO DE LOS FORMATOS.
20.  20.A.  20.B.	D.G.C.O.H.	- RECIBE SOLICITUD DE CONEXIÓN.  - REALIZA INSPECCIÓN AL PREDIO PARA VERIFICAR DIÁMETROS SOLICITADOS Y PROPORCIONAR COSTOS AL USUARIO, EN TRES DÍAS HÁBILES.  - ELABORA OFICIO PARA EL SOLICITANTE ESPECIFICANDO LOS DIÁMETROS AUTORIZADOS Y COSTOS EN UN TÉRMINO DE DOS DÍAS HÁBILES.
21.	SOLICITANTE.	- DEBERÁ PASAR A CUBRIR EL COSTO CORRESPONDIENTE.
22.	D.G.C.O.H.	- REALIZA LA CONEXIÓN EN UN TÉRMINO DE DIEZ DÍAS HÁBILES A PARTIR DE LA FECHA DE PAGO DEL SOLICITANTE.

En el anexo A se muestran los formatos de los oficios que se deben entregar para el trámite de la solicitud de factibilidades hidráulicas.



## CAPÍTULO II

### NORMAS Y RECOMENDACIONES GENERALES

#### II.1. ANTECEDENTES.

Se describirán las normas y recomendaciones de carácter general en las que deberá fundamentarse la integración de cada proyecto que sea presentado a revisión, la definición de las cualidades de sus partes y su presentación ante la D.G.C.O.H.; además se señalan los componentes a considerar en el proyecto, aquellas partes de las que deba derivarse información gráfica ( uno o más planos ) y su contenido específico; así mismo se describen con detalle las normas que es necesario observar para el análisis y diseño de cada componente. La estructuración de un proyecto con objeto de presentarlo ante la D.G.C.O.H. y para referenciar la concepción y emisión de los elementos normativos correspondientes, establece previamente que todo proyecto está constituido por dos grupos principales de información que son: la memoria escrita y los planos.

#### II.2. MEMORIA DEL PROYECTO.

Todos los trabajos efectuados para la realización del proyecto ejecutivo se presentarán en una memoria, donde se comentarán amplia y detalladamente las consideraciones hechas para la formulación del proyecto, además, se describirán los criterios utilizados para obtener la solución escogida.

Normalmente, dicha memoria debe comprender el diseño de los diferentes componentes hidráulicos, civiles, mecánicos y eléctricos, así como las especificaciones para la construcción, operación y mantenimiento de las obras proyectadas.

##### II.2.1. ESTRUCTURACIÓN.

Con el fin de que lo indicado anteriormente se lleve a cabo de manera ordenada, a continuación se enumeran y describen brevemente los elementos que deben dar forma a la memoria de un proyecto.

1. **ÍNDICE.** El contenido de cualquier informe deberá detallarse siempre al inicio del mismo, haciendo una lista que señale el contenido del proyecto, indicando el número de página donde inicia cada capítulo o subdivisión de estos, la relación de anexos, copias de planos, etc. Cuando el índice es muy detallado y ocupa varias páginas, éstas deben numerarse con un criterio diferente a otros empleados en el documento, en ese caso es recomendable emplear por ejemplo, números romanos en minúsculas.

2. **RESUMEN DEL PROYECTO ( RESUMEN EJECUTIVO ).** Este deberá dar una idea exacta del proyecto en el menor número posible de palabras.

3. **ANTECEDENTES.** Se deben mencionar los estudios previos en los que se haya apoyado el proyecto realizado, junto con sus fechas, autores, principales características y resultados.

4. **OBJETIVOS.** Deben definirse de manera clara y concisa los objetivos del proyecto que se presenta.

5. **UBICACIÓN Y REFERENCIACIÓN DE LA OBRA.** Para evitar cualquier ambigüedad o error al momento de ejecutar la obra, debe indicarse la calle, colonia y delegación política donde ésta se localizará, el número oficial del predio que la contendrá, la relación de los bancos de nivel u otras referencias fijas en campo, donde deberá apoyarse cualquier trazo para ubicar los elementos de la obra. Para cada banco de nivel se debe indicar su nombre o clave, sus coordenadas, la forma de referenciarlo a otros apoyos, su cota y la fecha de su nivelación, y en caso de que se hayan efectuado sondeos ( calas ) para ubicar la posición correcta de algunos elementos, deberá indicarse su ubicación precisa.

6. **INFORMACIÓN DE APOYO.** Deben indicarse las normas de diseño o restricciones propias del problema, las fuentes de información documental y cartográfica a que se recurrió y/o que fue proporcionada por la D.G.C.O.H. como apoyo ( señalando autores y fechas ). También deben indicarse los procedimientos y resultados obtenidos en caso de haberse efectuado investigaciones de campo ( encuestas, levantamientos topográficos, estudios de suelo, etc. ) como parte del proyecto ejecutivo en consideración. En caso de existir estudios o anteproyectos previos que difieran de lo propuesto por el proyecto, deberán explicarse las causas.

7. **DATOS GENERALES DE PROYECTO.** Es necesario proporcionar información en relación con la ubicación, tipo y finalidad del inmueble que se desea construir, y además, según sea el caso, con respecto a dotaciones consideradas para el abastecimiento de agua potable, número de habitantes, magnitud de áreas por servir, coeficientes de retorno de aguas negras y de escurrimiento pluvial, duración, periodo de retorno e intensidad de tormentas de diseño, unidades mueble de desagüe y gastos de diseño para obras de drenaje sanitario.

**8. MEMORIA DE CÁLCULO.** Deberán incluirse las hojas de cálculo original y las figuras de donde se generó el diseño de cada uno de los elementos que integran el proyecto.

**9. RESULTADOS DEL PROYECTO.** Deben incluirse todos los planos, figuras, cuadros y demás material que defina con claridad el proceso constructivo o de implantación de la obra, y si es necesario, mediante un manual de operación, indicar aspectos para la puesta en marcha, operación normal, operación en emergencias y procesos de conservación y mantenimiento o incluso de resultados reales.

**10. CANTIDADES DE OBRA.** Uno de los elementos que contribuirá a dar forma a la memoria de un proyecto, estará constituido por el resumen de las cantidades de obra a ejecutar, como pueden ser volúmenes de excavación, plantilla, relleno y acarreo, longitudes de tubería a instalar por diámetro, material de fabricación, etc.

**11. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN.** Debido a la necesidad de garantizar que las obras proyectadas tengan la calidad y características de seguridad, que les permitan cumplir con el objetivo para el que fueron concebidas, deberá integrarse el grupo de especificaciones al que se referirá y someterá la realización de todas las actividades en que se fundamente su ejecución material; los aspectos que dichas especificaciones deben contemplar son: descripción de los procedimientos constructivos, suministro, transporte, descarga y acarreo de materiales a utilizar, cualidades de estos, instalación y prueba de equipos, piezas especiales y tuberías, medidas de seguridad, criterios de supervisión, y en suma, todo aquello que influya de manera determinante en el desarrollo y buen término de la construcción.

**12. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.** Como última parte del documento o al final de cada capítulo, irá la relación detallada de todas las obras empleadas en el proyecto, indicando el título del libro o documento, su autor, año de edición, editorial u organismo, y si es necesario, el número de página, figura o plano en el caso de referencias hechas al contenido de la memoria. La forma adecuada de hacer la descripción de cada documento incluido en la bibliografía es la siguiente:

Título / Autor o Institución ( especificando departamentos o instituciones ) / Año de elaboración / Editorial y/o lugar de edición / Página.

Las referencias pueden ser tanto a partes del mismo informe como a otros documentos o libros. En cada caso debe distinguirse a qué documento se hace referencia y dar alguna ayuda para localizar la página, sección, figura, cuadro o plano en cuestión. Las referencias dentro del texto deben hacerse en forma escueta o mediante alguna numeración o clave claramente definida, por ejemplo "ref. 1" ó "ref. 2".

## II.2.2. ENTREGA.

Se enunciarán las normas que permitirán concretizar las cualidades que, en cuanto a presentación, deben reunir los elementos constituyentes de la memoria de un proyecto para su entrega a la D.G.C.O.H., tanto para su revisión como para la entrega final.

### 1. PARA REVISIÓN.

Considerando que el documento que entre a revisión no entrará a la biblioteca de la D.G.C.O.H. porque su vigencia es temporal, su calidad de escritura y presentación puede ser algo inferior a la de un informe final, pero no por ello tendrá menor claridad y organización. El informe podrá entregarse engargolado o engrapado, de preferencia en un solo documento, y cuando en el se incluyan varios planos, será válido emplear carpetas de argollas tipo "contabilidad" con etiquetas de identificación al frente y en el lomo.

En relación a la presentación del texto, se hacen algunas observaciones que es necesario tener en cuenta.

- a) Debe mecanografiarse a doble espacio para facilitar la inclusión de comentarios y notas del supervisor, en hojas tamaño carta, debidamente numeradas.
- b) Deberán dejarse zonas libres perimetrales a las orillas de las hojas, para evitar pérdida de información al momento de fotocopiar, engargolar o engrapar el documento.
- c) Si algún capítulo se entregó completo en un informe previo y no ha sufrido cambios, no es necesario incluirlo nuevamente en revisiones posteriores, sin embargo, al principio del informe, deberá aclararse que sigue vigente y la fecha en que se entregó.
- d) Cuando un capítulo entregado haya tenido modificaciones ó inclusiones de datos relevantes, es importante entregar la nueva versión.

### 2. ENTREGA FINAL.

En virtud de que el documento entregado será el definitivo y será el que entre a la biblioteca de la D.G.C.O.H., deberá reunir los siguientes requisitos:

\* TIPO Y CALIDAD DE HOJAS. El papel que se emplee será bond blanco de primera clase, tamaño carta ( 28 cm por 21.5 cm ). Podrán usarse hojas con o sin membrete. En casos excepcionales y sólo para figuras o cuadros, se permitirán tamaños algo mayores, pero que no rebasen el tamaño doble carta.

Para hacer más clara la estructura del documento, y que sea más manejable, podrán usarse separadores que se diferencien de las demás hojas por su grosor, rigidez o color, pudiendo tener incluso pestañas sobresalientes.

\* MÁRGENES Y DISTRIBUCIÓN DEL TEXTO EN LA PÁGINA. En la escritura de cualquier hoja es indispensable dejar sin anotación alguna, una franja perimetral de aproximadamente 2.0 cm en la orilla superior, 1.5 cm en la orilla inferior y 2.0 ó 2.5 cm en las orillas izquierda o derecha, dependiendo de si las hojas irán impresas de un solo lado o ambos.

Cuando en el informe se integren hojas fotocopiadas por ambos lados, las páginas con numeración par irán al reverso de la hoja, y para que no se pierda información cuando se encuadernen, en ellas se dejará un margen mayor del lado derecho ( 2.5 cm ). Tratándose de memorias de cálculo, es importante que en la esquina superior derecha cada página lleve su fecha de elaboración y el nombre de la persona que calculó.

\* TIPOS DE LETRA Y ESCRITURA. El original del informe de un proyecto, incluyendo texto, memoria de cálculo, fichas o encuestas de campo, deberá mecanografiarse por un solo lado de las hojas utilizadas; y para resaltar títulos de capítulos o el inicio de alguna subdivisión importante de un documento, es conveniente emplear tamaños o tipos de letra diferentes ( más grandes o subrayadas ), debiendo ser consistente en el tipo y tamaño elegido a lo largo de todo el informe.

\* SUBDIVISIONES EN EL DOCUMENTO. Para facilitar la consulta de un informe, es importante vigilar que sus divisiones principales coincidan con el inicio de una página, siendo conveniente incluir separadores al momento de encuadernarlo. Para designar subdivisiones de capítulos, es recomendable usar el sistema decimal, en el cual se diferencian los grados de desglose respecto a la parte a la que pertenecen, agregándoles un punto y el número consecutivo que le toca a esa subdivisión. Esto además de hacer más claras las referencias hacia otras partes del documento, facilita la ordenación jerárquica de los conceptos.

El material que sea voluminoso y no resulte esencial para comprender el resto del documento, es mejor manejarlo como anexos ( apéndices ).

\* NUMERACIÓN DE PÁGINAS. Toda página de un informe debe tener un número de identificación único, que lleve una secuencia lógica y que permita localizar rápidamente cualquier página buscada. Además la numeración servirá para facilitar el encuadernado y verificar que no falten hojas. El número de la página puede colocarse centrado en la parte inferior de la hoja o en el extremo superior derecho, y es indispensable que el criterio elegido se mantenga a lo largo de todo el informe. Debe numerarse también las páginas que contengan figuras, fotografías o tablas conforme al número consecutivo correspondiente a su posición en el documento. No deberán dejarse huecos en la numeración y tampoco repetirse números (bises).

\* REDACCIÓN Y ESTILO. Usar de preferencia redacción impersonal y tiempos pasados si se habla de una actividad ya realizada, y futuros cuando se den recomendaciones para etapas o trabajos posteriores al informe que se entrega. Deben usarse frases directas y breves, con términos claros, precisos y gramaticalmente correctos en idioma castellano. Se evitarán extranjerismos, a menos que no exista la palabra apropiada en castellano o resulte muy largo dar un equivalente, en estos casos es conveniente incluir las definiciones en un glosario de términos al final del informe.

\* UNIDADES DE MEDIDA. Siempre deberán emplearse unidades del sistema métrico decimal, y en caso de que sea necesario utilizar unidades de otro sistema, enseguida debe anotarse, entre paréntesis, su conversión al sistema oficial. Cuando se escriba una cifra en el documento, siempre debe acompañarse del nombre o abreviatura de la unidad de medida a que corresponda. Cuando se empleen porcentajes, siempre deberá aclararse con respecto a qué.

\* ABREVIATURAS Y SIGLAS. Cuando en el informe se mencionen repetidamente nombres muy largos como de delegaciones, instituciones, empresas, maquinaria, materiales, programas de cómputo, etc., es preferible emplear sus siglas, pero siempre y cuando al final del informe se agregue una lista en orden alfabético, con las siglas empleadas y su significado. Existen algunas palabras o frases que poseen abreviaturas de uso común que es permisible emplear; por ejemplo: Ing., pág., m.s.n.m., Vo.Bo., etc.

\* TABLAS. Los cuadros o tablas tienen la ventaja de facilitar la exposición, consulta y comprensión de series de datos (especialmente numéricos), para que cumplan su objetivo, deben entenderse sin auxilio del texto, no obstante en el mismo, siempre deberán hacerse descripciones de ellos.

Tratándose de tablas de valores, en el encabezado de cada columna además del nombre o significado del concepto, debe indicarse la unidad de medida, la cual estará pensada para que resulten cifras claras y compactas. Se debe ser consistente con el número de decimales que se anote en las cifras de una misma columna, así como en su alineación y clase de presentación (con comas para separar miles o sin ellas).

Tratándose de columnas con diferentes unidades de medida, entre ellas puede haber variaciones en el número de decimales que tengan.

Lo más recomendable, es que en un cuadro pueda leerse verticalmente como cualquier página de texto; sin embargo, cuando lleva varias columnas y pocos renglones, puede resultar más claro si se le coloca acostado. La posición correcta de los cuadros que vayan acostados, es la que permite leerlos girando el documento 90° hacia la derecha. Esto es válido tanto si el documento se reproduce en una página por hoja o por ambos lados. Cuando el cuadro abarca toda la página, deben respetarse los márgenes perimetrales (referidos con anterioridad) y debe cuidarse que queden centrados y visibles el título y número de identificación del cuadro.

Cada cuadro se identificará con un número formado por el del capítulo seguido por un guión o un punto y el número progresivo que le corresponda al cuadro según su colocación en ese capítulo, siempre que sea posible se ahorrará espacio incluyendo dos o más cuadros en una misma página, además se procurará que queden cerca del texto con mayores referencias a sus datos.

Los cuadros deben ocupar como máximo una hoja tamaño carta. En caso de que durante su elaboración se hagan a otro tamaño, deberán obtenerse reducciones para que se ajusten a esta disposición al integrar el informe final. Sólo es permisible abarcar más de una página cuando los renglones son muy numerosos (por ejemplo resultados de computadora), pero en este caso cada página llevará el título del cuadro en el encabezado de las columnas, el número de página y las palabras "continua" ó "continuación", o si se prefiere puede escribirse por ejemplo "hoja 6 de 14".

Cuando alguna columna o dato requiera mayor explicación a la que aporte el encabezado, se pondrá un número pequeño o letra encerrado en un círculo que haga una llamada de atención hacia una explicación que estará al pie del cuadro. A continuación se enlistan los principales aspectos que debe cumplir cualquier cuadro.

- Título.
- Número de identificación.
- Encabezados completos en cada columna.
- Definición de las unidades en que está dado cada valor.
- Definición de cualquier abreviatura.
- Notas aclaratorias.
- Cifras compactas, alineadas y consistentes en cada columna.
- De ser necesario indicar fuente de información.

\* FIGURAS En cualquier informe es útil incluir figuras, normalmente deben ser sencillas y de fácil interpretación. Una figura obligada en casi cualquier informe es el croquis de localización de la zona o sitio a que se refiere el trabajo. Si el tamaño original de una figura es mayor al carta, deberá obtenerse una copia reducida de la misma, la que en caso necesario debe llevar una escala gráfica para facilitar las mediciones en la reducción. Sólo en caso de figuras muy detalladas, se aceptarán tamaños mayores al carta, pero nunca más allá del doble carta, en caso de ser mayores se considerarán como planos y habrá que respetar las disposiciones indicadas para ello.

Cuando la figura ocupe una página completa, será tamaño carta menos las franjas permisibles que deben dejarse libres, debe llevar un número particular de figura ( caso similar a cuadros ) además de que la página donde esté, se numerará como cualquier página de texto. La posición adecuada de una figura es la vertical, pero en caso de que vaya acostada, debe poderse consultar por el extremo derecho del documento. Las acotaciones deberán hacerse en unidades del sistema métrico y con cifras de fácil lectura, para lo cual pueden redondearse con las aclaraciones pertinentes en una nota.

En el caso de gráficas, los ejes horizontal y vertical deben indicar claramente la variable que miden y sus unidades. Si hay varias curvas en una misma gráfica, cada una debe identificarse mediante flechas o con un tipo de trazo diferente ( punteado, continuo, grueso, color ), definido en una simbología.

Los colores que se usen en líneas o pantallas para diferenciar materiales o dar calidad a la presentación, deben elegirse cuidando que las fotocopias que se obtengan en blanco y negro no pierdan información o sean confusas. Cada figura debe tener un título individual, que sea breve, preciso y explicativo. Dentro de las figuras conviene incluir las fuentes de información y notas aclaratorias ( de forma similar para lo expuesto en cuadros ).

\* ANEXOS Con la intención de no mezclar en un documento la información medular, que normalmente se maneja como capítulos, con aquella otra que sirvió de antecedente o que es un subproducto del mismo trabajo, es conveniente que estos otros aspectos se manejen como anexos, en cuyo caso es recomendable emplear letras para designarlos y distinguirlos de los capítulos que integran el informe.

Los anexos se formarán con la información no indispensable para comprender las conclusiones o aspectos principales del trabajo y que por su gran extensión o diferente tipo de presentación, no es conveniente incluirlo dentro de la estructura principal del documento. Todos los anexos que acompañen a un informe, deben estar mencionados en el índice general del mismo, pero adicionalmente a ello, cuando el anexo sea extenso, conviene detallar su índice particular. Algunos de los anexos que suelen tener los proyectos ejecutivos son: los levantamientos topográficos, las memorias de cálculo, las cuantificaciones de

obra, presupuestos detallados, manuales de operación, etc. Los anexos pueden ir en el mismo encuadernado del informe principal, o bien, puede formarse con ellos otro tomo.

## II.3. PLANOS.

### II.3.1. ESTRUCTURACIÓN.

En términos generales, el contenido de los planos de un proyecto debe ser el siguiente:

- |                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| 1. Orientación de la planta general. | 8. Escalas gráfica y numérica.          |
| 2. Croquis de localización.          | 9. Cuadro de responsables.              |
| 3. Cuantificaciones y datos.         | 10. Cuadro de modificaciones.           |
| 4. Simbología.                       | 11. Cuadro de planos complementarios.   |
| 5. Notas.                            | 12. Cuadro de identificación principal. |
| 6. Detalles.                         | 13. Mosaico de planos.                  |
| 7. Planta, perfil y secciones.       | 14. Sellos.                             |

**1. ORIENTACIÓN DE LA PLANTA GENERAL.** Se colocará un símbolo convencional que indique la orientación magnética y/o astronómica de la planta de la zona. Normalmente el norte se colocará hacia arriba, a menos que para aprovechar mejor el espacio, convenga otra orientación. En caso de planos que formen mosaico, todos deben orientarse igual.

**2. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN.** Se ubicará en planta la obra o zona objeto del proyecto, a una escala mucho menor que en la planta general. Se deben indicar sus vías de acceso, delimitación estatal, delegacional o de cuencas, según lo que se trate. Es recomendable que su orientación respecto al norte sea la misma de la planta general.

**3. CUANTIFICACIONES Y DATOS.** Es la zona en la que se incluirán los cuadros para resumir cifras importantes relativas al estudio o proyecto en consideración, tales como superficies involucradas, cantidades de obra, datos de proyecto, lista de piezas especiales, etc.

**4. SIMBOLOGÍA.** Debe definir el significado de cualquier símbolo empleado en la planta o perfil principal del plano, cada símbolo será dibujado seguido de su explicación o definición.

5. **NOTAS.** Se enunciará aquella información que ayude a interpretar mejor el plano o que aclare aspectos no incluidos en los dibujos.
6. **DETALLES.** Cuando en el dibujo principal existan partes importantes que no se aprecien bien a la escala general del plano, podrán ser ampliadas en zonas del mismo que se reserven para tal fin.
7. **PLANTA, PERFIL Y/O SECCIONES.** Contendrá el ( los ) dibujo ( s ) principal ( es ) motivo del plano.
8. **ESCALAS GRÁFICA Y NUMÉRICA.** Se dibuja gráficamente la escala e inmediatamente abajo se anota su interpretación numérica.
9. **CUADRO DE RESPONSABLES.** Indicará que personas físicas o morales elaboraron el proyecto y planos asociados.
10. **CUADRO DE MODIFICACIONES.** Sirve para registrar tanto los cambios que deban hacerse al plano, así como las fechas en que esto suceda.
11. **CUADRO DE PLANOS COMPLEMENTARIOS.** En el se identificarán los planos que complementen al plano en consideración.
12. **CUADRO DE IDENTIFICACIÓN PRINCIPAL.** Como su nombre lo indica, servirá para identificar al plano de manera inequívoca; incluso estando doblado.
13. **MOSAICO DE PLANOS.** Cuando el plano se complemente en planta con otros colindantes, se dibujará la forma en que pueden empalmarse. Las dimensiones del dibujo serán reducidas, es decir, únicamente las necesarias para indicar las claves o nombres de los planos adyacentes y esquemáticamente los accidentes topográficos o avenidas más importantes que contienen.
14. **SELLOS.** En este caso deberá utilizarse el sello correspondiente al conjunto Dirección Técnica - Subdirección de Ingeniería Hidráulica, de este sello no podrán utilizarse calcomanías, y por tanto, deberá dibujarse en cada plano original.

### H.3.2. ENTREGA.

A continuación son expuestas las normas en que se fundamentarán las cualidades, que en cuanto a presentación deben reunir los planos de un proyecto para su entrega a la 'D.G.C.O.H., tanto para su revisión como para la entrega final.

#### 1. PARA REVISIÓN.

Si se trata de entregar planos para revisión y comentarios por parte del área supervisora, no requieren la calidad que tendrán finalmente y por tanto deberán cumplir lo siguiente:

- a) Las dimensiones de los planos deberán ser las especificadas para los informes finales y el margen principal deberá estar entintado.
- b) El cuadro de identificación principal ( esquina inferior derecha ) deberá estar elaborado a tinta con todas las especificaciones del caso. No obstante, la fecha podrá estar a lápiz y coincidirá con aquella en que se obtuvo la copia heliográfica que se entregue.
- c) Otros datos y trazos del plano, según su grado de avance, podrán estar a lápiz o a tinta y con letras manuscritas o a leroy. Estas deberán ser claras y con el tamaño aproximado que se haya pensado para su versión final.
- d) La escala de las figuras y distribución general del plano debe ser la misma que se propone para la versión final. La escala debe aparecer en forma explícita.
- e) Las unidades que se empleen para las acotaciones deberán corresponder al sistema métrico decimal; además para evitar cifras demasiado largas y que no aporten mayor precisión a la información, las unidades deben ser adecuadas a la magnitud del elemento que se desca acotar y al método de campo que se usará para medirlo.
- f) Con el informe para revisión se entregarán, en línea azul o negra, copias heliográficas claras de los planos, con las orillas recortadas, a la medida estándar y dobladas a tamaño carta. Podrán ir engargoladas, pero es más recomendable que se entreguen en bolsas de polietileno integradas al documento, y en caso de engargolados o postes, se reforzará la orilla de los planos con alguna cinta adhesiva.

## 2. ENTREGA FINAL.

Los planos para entrega final deben cumplir con los siguientes requisitos.

a) **Materiales.**- Normalmente el original de un plano debe hacerse en papel poliéster, cornaflex o herculene de color blanco, tono mate, grano fino de 0.075 mm de espesor. El acabado del papel puede ser para dibujo en una o dos caras, dependiendo de la manera en que se trabajará y de las posibilidades de que sufra correcciones. Los planos serán entintados, con letras y números escritos a leroy.

Las pantallas, calcomanías, o similares que se empleen, deberán garantizar su buena adherencia y que no manchen el plano durante un período mínimo de cuatro años de uso continuo. Asimismo, podrán usarse pantallas y tintas de colores, siempre que garanticen que no se pierda información al sacar fotografías o copias heliográficas y que contrasten bien en esas reproducciones.

Las copias heliográficas se obtendrán en papel de buena calidad, con impresiones nitidas, pudiendo ser en línea negra o azul. En caso de usar un maduro de un plano para formar un original, éste será de película poliéster de color blanco, tono mate. Los maduros que se entreguen a la mapoteca ( además de los originales ) deben ser en papel poliéster del mismo grosor que los originales.

b) **Acabados.**- En planos donde se dibuje la planimetría y luego se vacien otros datos, se trabajará a dos caras para que no haya pérdida de datos al borrar para alguna corrección. En el resto de los proyectos, se trabajará en una sola cara, con trazos, letras y números en tinta negra y empleando leroy. Todos los trazos a lápiz deben desaparecer y no deben existir injertos en el plano.

c) **Tamaños.**- Únicamente se admitirán los siguientes siete tamaños de planos.

TIPO	ORIGINAL		COPIA	
	ALTO ( mm )	LARGO ( mm )	ALTO ( mm )	LARGO ( mm )
I - 1	535	810	515	730
I - 2	535	1000	515	970
II - 1	690	1000	670	970

TIPO	ORIGINAL		COPIA	
	ALTO ( mm )	LARGO ( mm )	ALTO ( mm )	LARGO ( mm )
II - 2	690	1190	670	1160
III - 1	845	1190	825	1160
III - 2	845	1380	825	1350
III - 3	845	1380	825	1350

Estos tamaños de planos pueden obtenerse de la presentación comercial del papel de 107 cm de ancho.

- d) **Márgenes.**- Los márgenes más importantes para elaborar planos son dos, la línea auxiliar para corte de copias y la línea para delimitar el dibujo. Estos márgenes, además de cumplir con las funciones que sus nombres indican, sirven para proteger del maltrato las orillas de los originales y copias. La línea para corte de copias debe trazarse en forma discontinua, con longitudes de 2.0 ó 3.0 cm y separaciones de 1.0 ó 1.5 cm. En todos los planos la línea del lado izquierdo, estará a 2.0 cm del borde del papel y en los otros tres lados a 1.0 cm del borde.

El margen para delimitar el dibujo se trazará, en el extremo izquierdo a 2.0 cm de la línea para corte de copias, y en los otros tres lados a 1.0 cm de la línea de cortes. De esta manera, las dimensiones útiles de los planos serán 3 cm menos en el sentido largo y 2 cm menos en el alto, respecto a las indicadas en el cuadro anterior. En el siguiente cuadro se resumen los grosores de las líneas para esos dos márgenes en función del tipo de plano.

TIPO DE PLANO	PARA CORTES	PARA DELIMITAR EL DIBUJO
	( mm )	( mm )
I - 1	0.35	1.25
I - 2	0.35	1.25
II - 1	0.50	2.00
II - 2	0.50	2.00
III - 1	0.50	2.50
III - 2	0.50	2.50
III - 3	0.50	2.50

e) Escalas.- La proporción que guarda el dibujo respecto al tamaño real de lo que representa, se indicará mediante dos números separados por dos puntos (:), el primero de ellos se refiere al dibujo, y el segundo al objeto, pero por simplicidad siempre uno de ellos debe valer uno (1) y se trabajará en escalas con números cerrados. Las escalas más frecuentemente usadas en la D.G.C.O.H., junto con algunos ejemplos de sus aplicaciones, son las siguientes:

Estudios regionales .....	1:250 000 y 1:50 000
Estudios de captación, usos de suelo .....	1:25 000
Infraestructura hidráulica existente .....	1:20 000
Ubicación de captaciones, delimitación de zonas de presión .....	1:10 000
Localización general de estructuras, anteproyectos de redes .....	1:5 000
Antiguamente proyectos de redes y colectores .....	1:2 000
Planos de colonias, perfiles de canales, redes existentes de proyectos .....	1:500
Arreglo general de plantas de tratamiento .....	1:250
Proyectos estructurales .....	1:100
Proyectos de instalaciones hidrosanitarias en inmuebles (planta y elevación) ..	1:200, 1:100, 1:75, 1:50

En todo plano siempre debe consignarse su escala, tanto en forma numérica, como en forma gráfica mediante una barra de colores contrastados, graduada para medir decenas, centenas o miles de metros.

Cuando se manejen varias escalas en un mismo plano (por ejemplo, perfiles con mayor escala para alturas que para longitudes, o con diferentes detalles estructurales), al dibujo principal, si lo hay, se le pondrá una escala gráfica numérica, mientras que cada uno de los restantes, bajo su título de identificación, se le pondrá su escala en forma numérica.

f) Simbologías.- Cuando en el plano deba indicarse, mediante símbolos, el estado de conservación de instalaciones, avance de obra o alguna otra cualidad de obras que cuentan con simbología estándar, deberá emplearse dicho estándar agregándole contornos, letras, colores o algún equivalente que resalte sus diferencias. La definición de los símbolos empleados se presentará en dos secciones: una para la simbología tradicional y otra para las adiciones o variantes que representan la calidad o cualidad indicada. Cuando no existan símbolos estandarizados para las representaciones, se adoptará o definirá un grupo de símbolos que sean fáciles de representar e identificar, y de ser posible, guarden semejanza y proporción con el elemento que representen.

Como apoyo a lo anterior en el anexo B se muestra la simbología más frecuentemente utilizada en proyectos como los que son objeto del presente trabajo.

- g) **Notas aclaratorias.**- Se deberá incluir aquellos comentarios convenientes para aclarar la información contenida, tales como unidades de las acotaciones, fuentes de información empleadas, consideraciones de diseño, procedimientos o etapas constructivas, resistencia de los materiales y método de prueba, etc. Los planos de obra terminada deben aclarar cuales bancos de nivel se emplearon, indicando sus claves, ubicación, referencias a otros sitios, cotas, fechas y forma en que se hizo la nivelación de origen.
- h) **Reproducción y doblado.**- Es necesario entregar maduros y heliográficas de los planos. Todo este material deberá entregarse con impresiones nítidas y los bordes recortados. Ya sea para integrar el informe final del trabajo o para actividades de revisión, a menos que el supervisor señale otra manera, cualquier copia heliográfica debe entregarse doblada a tamaño carta (21.5 cm por 28.0 cm), con el cuadro de identificación principal visible. Si la entrega de los planos se hace mediante carpetas engargoladas o con broches, se debe formar una pestaña reforzando la orilla izquierda de las copias y recortando la parte sobrante. Para la entrega final se recomienda que los planos se metan en bolsas de plástico tamaño carta.

#### **II.4. TRABAJOS TOPOGRÁFICOS.**

Los trabajos topográficos son el conjunto de actividades de campo y gabinete que tienen como finalidad proporcionar información altimétrica y/o planimétrica, para representarla en planos a una escala adecuada. Los trabajos topográficos se clasifican de acuerdo con su precisión en: levantamientos topográficos de baja precisión y levantamientos topográficos definitivos.

Los **levantamientos topográficos de baja precisión** son aquellos levantamientos cuya precisión es igual o menor a 1 : 1 000 y sirven como planos de reconocimiento para elaborar anteproyectos en zonas urbanas o proyectos en localidades rurales; el equipo empleado en esta clase de levantamientos es: teodolito con aproximación angular a 1', brújula, nivel de mano y nivel fijo.

Los **levantamientos topográficos definitivos**, son levantamientos con una precisión igual o mayor de 1 : 5 000. Este tipo de levantamientos se realiza con equipo de primer orden, como son: distanciómetro, estación total y nivel electrónico. Los trabajos topográficos que se realizan como apoyo a la elaboración de los proyectos ejecutivos, en general consisten de lo siguiente:

- a) Poligonales abiertas de unión con sistemas coordenados, con nivelación diferencial para referir los trabajos a los bancos de nivel de la D.G.C.O.H. o arbitrarios.

- b) Poligonales abiertas con nivelación de perfil y con levantamiento de referencias y posibles interferencias para la construcción de redes de agua potable o de drenaje.
- c) Poligonales cerradas con nivelación de perfil a un determinado cadenamiento según sea el caso, o en puntos necesarios para el diseño de redes tanto de agua potable como de drenaje; también se levantarán las posibles interferencias para la construcción y puntos de referencia.
- d) Levantamientos de detalle en lotes o en calles para proyecto de cruzamientos, de estructuras o de plantas de bombeo.
- e) Cuando se elabore un proyecto de rehabilitación y no se cuente con los planos de la red existente, o no sean confiables, se hará la planimetría y la altimetría correspondientes, incluyendo las características de la red existente con ayuda de sondeos a través de las cajas de válvulas o pozos de visita más cercanos, o bien, con la ayuda de calas.

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

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

#### II.4.1. POLIGONALES.

##### \* TRAZO DE APOYO.

En general se procura que los trazos se ubiquen por calles, derechos de vía de carreteras, líneas de transmisión eléctrica y ferrocarriles, veredas, límites de predios. El origen de las coordenadas " x, y " del trazo de apoyo o poligonal auxiliar, debe referirse a coordenadas cartesianas. Cuando lo anterior no sea posible, se puede utilizar medios gráficos tomados sobre cartas editadas por alguna dependencia oficial, indicándolo en las notas de los planos respectivos. El levantamiento topográfico del trazo de apoyo, debe estar referenciado a un plano de comparación único de bancos de nivel.

#### \* BRECHEO.

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

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

- ♦ Monte ligero. Arbustos, pastizales y en general, vegetación con características semejantes.
- ♦ Monte mediano. Árboles frutales, platanales, y en general, árboles entre 3.0 y 8.0 m de altura.
- ♦ Monte pesado. Bosque cerrado de coníferas, cocotales y todos los árboles de gran altura.

#### \* MONUMENTACIÓN.

La monumentación de los P.I. ( puntos de inflexión ) y P.S.T. ( punto sobre tangente ) y puntos importantes del trazo de apoyo, debe hacerse con mojoneras de concreto precoladas ( figura 2.1 ). Al excavar para indicar la mojonera, se debe apisonar el fondo y después el relleno, dejando sobresalir la mojoneras de 10 a 15 cm sobre el nivel del terreno. Se deberá colocar primero las mojoneras y después hacer las mediciones.

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

#### \* ORIENTACIONES ASTRONÓMICAS.

Para obtener con precisión las direcciones de las líneas de los levantamientos y las posiciones geográficas de los diferentes puntos donde se trabaja, es necesario recurrir a las observaciones y cálculos astronómicos, tanto por su precisión como por el hecho de que produce datos invariables.

Las orientaciones astronómicas se deben hacer a cada 5 km, así como al principio y al final del trazo de apoyo. Los métodos utilizados pueden ser por distancias zenitales o por alturas absolutas del sol. La determinación del azimut de la línea, se debe hacer con una aproximación de  $\pm$  un minuto. Por cada

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

#### • POLIGONALES ABIERTAS.

Una vez localizada la línea de trazo de apoyo y establecidos los puntos de partida y bancos de nivel, se realiza el trazo mediante una poligonal abierta, de acuerdo con el método de deflexiones o ángulos horizontales. Se utiliza distanciómetro y teodolito con lectura directa a 10" ( diez segundos ); verificando la poligonal con orientaciones astronómicas. Después se referirán esos puntos al sistema cartesiano de coordenadas x, y. Se colocará una mojonera de identificación en el punto de partida y se trazará con tránsito y cinta metálica ( o distanciómetro ) el eje de la poligonal. Se medirán los lados de la poligonal y se fijarán las estaciones a cada 20 m, colocando trompos que sirven de apoyo para realizar posteriormente la nivelación del perfil y las secciones transversales.

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

Para fijar los puntos mencionados, se procederá como sigue:

- Si la poligonal será trazada en una zona urbanizada, se utilizarán clavos y pintura para marcar estaciones, cadenamientos y kilometraje ( su trazo será por el centro de las calles o por las banquetas ).
- Si la poligonal estará en una zona no urbanizada se utilizarán trompos y estacas para fijar los puntos en cuestión.

En los puntos de referencia y en los puntos de inflexión establecidos, se anotará con pintura de aceite su identificación correspondiente. Si por las condiciones del terreno no fuera posible medir tramos de 20 m completos, se puede utilizar el procedimiento de cinta cortada, midiendo tramos horizontales parciales, según lo permitan las condiciones del terreno, y hasta completar los 20 m antes citados, no se permitirá el uso de estadia en el trazo de la poligonal, pero podrá utilizarse en la realización de las radiaciones. Una vez trazada la poligonal, se procederá a efectuar las radiaciones para definir la planimetría de la zona en estudio y la localización de accidentes del terreno, también se deben levantar los cruces con ríos, líneas de alta tensión, puentes, caminos, construcciones, linderos de propiedades privadas, oleoductos.

poliductos, tuberías de agua potable, alcantarillado, ductos telefónicos y todos los sitios relevantes. Además, se deberá anotar en el registro de campo el uso de suelo del área en estudio.

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

Así se pueden tener las siguientes condiciones:

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

Se medirán los ángulos horizontales empleando posición directa e inversa del tránsito: el origen de la primera lectura deberá ser 0° 0' 0" y las lecturas subsecuentes no deberán comenzar en ángulo cerrado.

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

$$T_A = \pm a\sqrt{n} \dots \dots \dots (2.1)$$

donde:

- T<sub>A</sub> = Tolerancia angular, según la aproximación del aparato que se utilice, en minutos o segundos.
- a = Aproximación del aparato en minutos o segundos.
- n = Número de vértices de la poligonal.

Para el error lineal la tolerancia aceptada es:

$$T_L = 0.0002 P \dots \dots \dots (2.2)$$

donde:

- T<sub>L</sub> = Tolerancia lineal, en metros.
- P = Desarrollo de la poligonal, en metros.

• POLIGONALES CERRADAS.

El levantamiento del eje de las calles de la localidad, se efectúa por medio de poligonales cerradas, de las cuales se derivan las poligonales secundarias, utilizadas para situar todos los cruceros. En todos los casos se deben comprobar los cierres lineal y angular. Los vértices de las poligonales se deben referenciar a los paramentos de las calles. En el levantamiento de las poligonales de apoyo se deben incluir los detalles de los cruceros de calles, por medio de radiaciones con ángulo y distancia, así como de cruces importantes con caminos, vías de ferrocarril, ríos, etc. El azimut de las líneas de las poligonales de apoyo, se determina por medio de orientaciones astronómicas, a fin de referir el control horizontal a la meridiana astronómica.

Se trazará una poligonal cerrada principal envolvente por las vialidades que formen el perímetro de la zona en estudio; se definirá el origen de la poligonal en concordancia a los puntos de control establecidos previamente. Una vez concluido el trazo de la poligonal cerrada principal, se trazarán las poligonales cerradas secundarias interiores, apoyándose en la poligonal principal envolvente con ángulos y distancias, hasta completar otra poligonal cerrada de menor longitud. Se ubicarán los puntos de inflexión de la poligonal cerrada empleando dos referencias como mínimo, que podrán ser puntos, estructuras invariables, o en algunos casos, monumentos artificiales.

Se hará la lectura de ángulos horizontales, en posición directa e inversa del tránsito, por el método de ángulos interiores en el sentido de las manecillas del reloj. El origen de la primera lectura será 0° 0' 0", y las lecturas subsecuentes se originarán en ángulos que no coincidan con números de grados cerrados. La tolerancia de cierre de la poligonal cerrada se obtendrá con la ecuación 2.1.

La tolerancia lineal se obtendrá de:

$$T_L = \frac{1}{5000} \dots\dots\dots(2.3)$$

donde:

T<sub>L</sub> = Tolerancia lineal, en metros.

Posteriormente se realizarán radiaciones apoyadas en la poligonal levantada para localizar elementos fijos existentes como: guarniciones e interferencias para la construcción de redes de drenaje.

#### 11.4.2. NIVELACIÓN.

##### \* BANCOS DE NIVEL.

Con respecto a los bancos de nivel, estos deben estar perfectamente localizados e identificados, presentando la siguiente información:

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

Con objeto de identificar plenamente los bancos de nivel, se deben anexar fotografías y croquis de éstos.

Para obtener la elevación de un banco de nivel, la elevación debe hacerse por alguno de los siguientes métodos:

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

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

$$T_N = \pm 0.01\sqrt{k} \dots \dots \dots (2.4)$$

donde:

$T_N$  = Tolerancia, en metros.

$k$  = Desarrollo de la nivelación, en km.

Debe garantizarse que los bancos de nivel permanezcan fijos. Todos los bancos de nivel deben quedar ubicados fuera de la zona futura de trabajo.

#### \* NIVELACIÓN DIFERENCIAL.

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

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

En los trabajos de nivelación diferencial, la distancia entre el nivel y el estado no debe ser mayor de 100 m. Para obtener las elevaciones sobre el nivel del mar de los bancos de nivel y de los puntos de la poligonal localizados durante el trazo de la misma: se hará una nivelación con nivel fijo. Se comenzará la nivelación desde un banco de nivel oficial de la D.G.C.O.H. (preestablecido y ya referido al nivel medio del mar) hasta el banco de nivel más cercano del nuevo circuito de nivelación. La tolerancia permisible podrá calcularse con la ecuación 2.4.

La nivelación será de ida y vuelta o por medio de doble altura de aparato.

Los bancos de nivel de partida se señalarán en el terreno por medio de monumentos en los que se indicarán el número y la elevación del mismo. Los bancos de nivel auxiliares, se localizarán en el terreno mediante mojeneras, en lugares visibles a cada  $\pm 500$  m sobre el recorrido de la nivelación y también se le marcará en una placa el número y la elevación correspondiente, referida al nivel medio del mar.

#### \* NIVELACIÓN DE PERFIL.

Este tipo de nivelación tiene por objeto apreciar con claridad todos los accidentes topográficos por los que atraviesa la línea del trazo, la nivelación de perfil debe tomar con precisión las elevaciones sobre el nivel del mar, de todos los P.I., P.S.T. y trompos que se ubican a cada 20 m sobre la línea de trazo, y de todos aquellos puntos que tengan cambios bruscos de pendiente. La nivelación debe cumplir con la comprobación y la tolerancia que se indica en la ecuación 2.4.

#### \* NIVELACIÓN DE SECCIONES TRANSVERSALES.

Para obtener la configuración del terreno, se aplica el procedimiento terrestre directo con secciones transversales. Habiendo nivelado los trompos a cada 20 m con nivel fijo, se procede al levantamiento de las secciones, con nivel de mano, estatal y cinta. El ancho de la franja por levantar usualmente es de 50 m; es decir, 25 m a cada lado de la línea de trazo, éstas dimensiones pueden variar, pero siempre debe cubrir el área requerida, de acuerdo con las características del proyecto y cada sitio en especial.

Estas secciones deben ser normales (perpendiculares) a la línea de trazo, y en los puntos de inflexión (P.I.), en dirección de la bisectriz del ángulo formado por las dos tangentes. Las secciones transversales deben estar apoyadas en las cotas del perfil de la línea, que fueron determinadas a cada 20 m con nivel fijo.

Con la nivelación del perfil de la línea y del seccionamiento que se realice en el trazo de apoyo, se configura una franja que cubra el área necesaria, con curvas de nivel equidistantes a cada metro o menos dependiendo de lo accidentado de dicha franja. Si se requiere, se hace brecheo o picadura en los sitios donde haya que levantar secciones transversales. La picadura se diferencia del brecheo en que el ancho y el cuidado en la limpieza de la brecha es mucho menor. Para la comprobación de los trabajos se recomienda a la supervisión repetir el levantamiento de algunas secciones elegidas al azar.

#### II.4.3. LEVANTAMIENTOS ESPECIALES.

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

El método a utilizar consiste en el trazo de una poligonal cerrada que comprenda al sitio de interés, se estaca a cada 20 m y se nivela. A partir de los puntos anteriores se trazan y nivelan ejes auxiliares para formar una cuadrícula. Con la información anterior se configura la zona de interés, normalmente con curvas de nivel equidistantes a cada 50 cm. En los vértices de la poligonal deben colocarse mojoneras, dos de los vértices se referencia cada uno de ellos mediante otras dos mojoneras ubicadas fuera del trazo de la poligonal. Los detalles topográficos se deben tomar con el fin de obtener curvas de nivel que indiquen exactamente la altimetría del terreno, así como la ubicación de las calles, zonas de desarrollo futuro, patios, solares en donde existan cambios de pendiente, zanjas, etc.

#### II.4.4. SONDEO DE POZOS DE VISITA.

Al brocal o tapas de cajas o pozos, se llevará una nivelación diferencial para darle cota respecto al banco de nivel usado. Posteriormente, se destaparán para hacer el levantamiento de los conductos conectados a él y las singularidades que contengan. Con los datos que se obtengan en los sondeos, se deberá poder armar el sistema del servicio en campo y en gabinete.

#### II.4.5. NÚMERO DE ELEMENTOS A SERVIR.

Si la infraestructura hidráulica objeto de un proyecto, corresponde a un inmueble cuya localización tendrá lugar en la zona denominada I ( del conjunto en que la D.G.C.O.H. considera dividido al D.F., para el análisis de factibilidad hidráulica de obras potenciales ), el tipo y número de elementos a servir ( habitantes, m<sup>2</sup>. animales, etc. ) tendrá que haber sido determinado en la etapa de planeación del inmueble, y por tanto, se requerirá que en la memoria del proyecto ejecutivo se incluyan los resultados obtenidos y un resumen del proceso que los generó.

Por otra parte, si el proyecto del tipo de infraestructura que se discute en este subcapítulo, corresponde a un inmueble que se ubicará en la zona II, será necesario proyectar adicionalmente, obras que complementarán a la infraestructura hidráulica municipal y que se integrarán a la misma, por tanto, además de determinarse lo expuesto en el párrafo anterior, también deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- a) Estará constituida por elementos inherentes a los usos de suelo fuera de los límites del predio donde habrá de construirse el inmueble.
- b) Esos usos del suelo deberán definirse, en cuanto a tipo, amplitud de cobertura, intensidad de uso y variación con respecto al tiempo de esos aspectos, con apoyo tanto en observaciones directas como en los planes de desarrollo urbano que involucren al área de proyecto.
- c) En el caso de que el área adicional que deberá ser servida por la infraestructura complementaria, comprenda porciones cuyo uso sea o vaya a ser predominantemente habitacional durante el periodo económico del proyecto correspondiente, el número de habitantes a considerar se estimará med. ante el proceso de la información que al respecto se encuentre disponible, pudiendo ser ésta la totalidad o una parte de lo que a continuación se indica: registros de población derivados de censos en los que se hayan incluido esas porciones, población actual de las mismas y densidades de población registradas y propuestas en algún o algunos planes de desarrollo urbano.

- d) Con respecto al proceso de información mencionado en el punto anterior, la manera en que se realice dependerá de la cantidad y calidad de aquella, y así por ejemplo, si en un caso solamente fue posible contar con datos de censos, la población de proyecto para el periodo económico asociado se calculará con los métodos usuales de predicción, teniendo en cuenta que dicho periodo, en general y con excepción de los casos en que la D.G.C.O.H. indique otros valores, se aceptará igual a 20 años.
- e) Dado que el área adicional a servir por la infraestructura complementaria, también puede incluir partes con usos diferentes al habitacional, para el cálculo de los elementos que deben ser servidos será necesario contar con la planeación de dichas partes, y si eso no fuera posible, de común acuerdo con la D.G.C.O.H. se establecerán criterios para estimar las demandas correspondientes como una función de su extensión.



## CAPÍTULO III

### PROYECTO DE INSTALACIONES INTERNAS

#### III.1. ANTECEDENTES.

El objetivo de este capítulo, es establecer las bases para que los proyectos de los sistemas de eliminación de aguas negras y ventilación, se desarrollen con un criterio uniforme.

El sistema de eliminación de aguas negras es el conjunto de tuberías destinadas a sacar de las edificaciones estas aguas en la forma más rápida y sanitaria posible, con el fin de controlar y mejorar el medio ambiente en que vive el hombre, ejecutando las obras adecuadas de saneamiento para que el medio favorezca de manera permanente a la salud en general.

#### III.2. INSTALACIÓN SANITARIA.

La función de las instalaciones sanitarias es la de retirar de las construcciones en forma segura aunque no necesariamente económica las aguas negras y pluviales, además de establecer obturaciones o trampas hidráulicas para evitar que los gases o malos olores producidos por la descomposición de la materia orgánica acarreada, salgan por donde se usan los muebles sanitarios o las coladeras.

##### III.2.1. DATOS DE PROYECTO.

###### •UNIDADES MUEBLE DE DESAGÜE.

Al igual que en el caso del abastecimiento de agua potable, en este los muebles sanitarios se asociarán a unidades mueble de desagüe. En la tabla 3.1 se tiene una lista de los muebles más comunes con su correspondiente número de unidades mueble de desagüe. En el caso de que algún mueble no se encuentre en la tabla 3.1, la determinación del número de unidades mueble se hará de acuerdo al diámetro de su desagüe o trampa y conforme a la tabla 3.2.

- **GASTOS DE DISEÑO.**

Una vez determinado, para un tramo dado, el número total y tipo de muebles a servir, y por ende, las unidades mueble correspondientes, con apoyo de la tabla 3.3. se podrán expresar éstas en lps, representando el valor asociado al gasto de diseño del tramo o gasto máximo instantáneo.

- **PENDIENTES MÍNIMA Y MÁXIMA.**

Las instalaciones sanitarias pueden presentar tuberías horizontales enterradas o soportadas de las estructuras, o bien, localizadas en trincheras, y según su posición dentro de las construcciones tendrán restricciones en cuanto a sus pendientes, debido principalmente a las alturas de los entrepisos o al paso de otras instalaciones; así, sus pendientes máximas y mínimas dependerán principalmente de si están enterradas o soportadas de la estructura.

- **PENDIENTE MÍNIMA.**

- Tuberías enterradas: Se aceptará como pendiente mínima aquella que produce una velocidad de 0.6 m/s.
- Tuberías soportadas de las estructuras: Las tuberías horizontales con diámetro de 75 mm o menor, se proyectarán con una pendiente mínima del 2 %, en tanto que las tuberías horizontales con diámetro de 100 mm o mayor, se proyectarán con una pendiente mínima del 1%.

- **PENDIENTE MÁXIMA.**

Tanto para tuberías enterradas como para las soportadas de las estructuras, la pendiente máxima será aquella que produzca una velocidad de 3.0 m/s.

- **SELECCIÓN DE DIÁMETROS.**

El diámetro de las tuberías estará en función tanto de la capacidad necesaria para conducir los gastos de diseño, como del material de fabricación de éstas y de los desniveles disponibles u obligados. Con el número de unidades mueble, el diámetro se podrá determinar de las dos maneras siguientes: por Manning o por unidades mueble.

- POR MANNING.

Obtenido el gasto máximo instantáneo, se seleccionará el diámetro de tubería que le permita escurrir a superficie libre y con velocidades entre 0.60 m/s y 3.0 m/s, empleando para ello la fórmula de Manning, es decir:

$$V = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2}$$

en donde:

V = Velocidad media del escurrimiento, en m/s.

n = Coeficiente de rugosidad, adimensional.

Rh = Radio hidráulico, en m.

S = Pendiente, expresada en fracción decimal.

- UNIDADES MUEBLE

Para obtener el diámetro de la tubería en ramales horizontales, se determinará el total de unidades mueble de descarga de cada ramal y se comparará con la tabla 3.4, en donde se muestra el máximo de unidades que se podrán conectar.

### III.2.2. CONSIDERACIONES DE PROYECTO.

#### I. DESAGÜE.

La forma de descargar un mueble sanitario a la red de drenaje de una edificación, se conoce como desagüe del mueble, y según su conexión a los sistemas de drenaje, puede quedar comprendido en cualquiera de los dos tipos siguientes:

- a) **Desagüe directo.** Es aquel que queda conectado directamente al sistema.
- b) **Desagüe indirecto.** Es aquel que por diversas condiciones, y principalmente por la salud de los usuarios descarga a una rejilla, charola o coladera, dejando un espacio libre con objeto de que no haya posibilidad de contaminación.

De las definiciones anteriores, se determina que los proyectos deberán tener en cuenta lo que a continuación se indica.

Se requerirá desagüe indirecto en cualquier equipo o mueble sanitario de los establecimientos en que tenga lugar el almacenamiento, preparación y expendio de alimentos, o bien, en equipos médicos y quirúrgicos. En estas condiciones, entre otros se encuentran los siguientes muebles.

- \* Refrigeradores y máquinas de hielo.
- \* Lavadoras de trastes.
- \* Baños María.
- \* Pela papas.
- \* Cafeteras.
- \* Esterilizadores hospitalarios.
- \* Fregaderos de laboratorio.
- \* Bebederos.

Los desagües en regaderas públicas como son las de baños públicos, deportivos, gimnasios, etc., deberán drenarse de tal manera que el agua usada por una persona no pase por el área ocupada por otro bañista.

De acuerdo al artículo 100 del Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal, "Se prohíbe arrojar dentro del sistema de alcantarillado, desechos sólidos susceptibles de sedimentarse y de obstruir los conductos, grasas, líquidos o sustancias inflamables, tóxicas, corrosivas y en general, cualquier desecho, objeto o sustancia que pueda alterar los conductos, estructuras o funcionamiento del sistema, afectar las condiciones ambientales y sanitarias, causar daños a la población o que haga económicamente incoachable su tratamiento ulterior". Consecuentemente, los desagües de los muebles sanitarios también están sujetos al cumplimiento de este artículo.

A fin de dar cumplimiento a lo prescrito en el párrafo anterior, los propietarios o encargados de establecimientos, industrias y giros mercantiles que manejen este tipo de desechos deberán contar con los dispositivos necesarios que marquen las Normas Técnicas Ecológicas o el dictamen que emita la autoridad competente.

## **2. INTERCEPTORES.**

De acuerdo con el artículo 100 anteriormente citado, no se podrán arrojar al drenaje sólidos susceptibles de sedimentarse o sustancias inflamables, por lo que en los casos que por razones del tipo de establecimiento, sea necesario efectuar este tipo de descargas, se deberán diseñar estructuras o

interceptores cuyas características permitan recibirlos. Dependiendo del tipo del producto de desecho que va al drenaje, los interceptores pueden ser para retener grasa, arena, escamas, aceite, plumas, trapos, yeso, etc.

◆ INTERCEPTORES DE GRASA.

Se deberá considerar un interceptor de grasa o más, según sea necesario, en el diseño de los sistemas de drenaje sanitario de los siguientes lugares:

- \* Restaurantes.
- \* Cocinas de Hoteles.
- \* Cocinas de Industriales.
- \* Industrias de Alimentos.
- \* Cafeterías.

y en general, en todos aquellos en que exista eliminación de agua con contenido de grasa o aceite.

La ubicación de este tipo de interceptores será lo más cerca posible del lugar de descarga de los muebles sanitarios, para evitar que por enfriamiento la grasa se acumule en las tuberías que unen descarga e interceptor. Deberá diseñarse una ventilación para los interceptores que evite el sifonaje de los mismos.

◆ OTROS INTERCEPTORES.

Las pollerías y pescaderías deberán contar con trampas para retener plumas y escamas, respectivamente.

Los consultorios de traumatología y aquellos comercios que empleen yeso, deberán instalar interceptores o "cajas de yeso" para impedir su ingreso a los albañales; esto porque el yeso se adhiere a las paredes de la tubería petrificándose posteriormente.

Todos los talleres de servicio automotriz, deberán contar con interceptores de aceite.

### 3. BAJADAS DE AGUAS NEGRAS.

Cuando existen dos o más niveles en una edificación, los ramales horizontales de los diferentes servicios sanitarios deben ser conducidos por medio de bajadas de aguas negras hasta el piso inferior, de donde se conduce al sitio destinado para la descarga de este tipo de aguas.

Se ha encontrado que cuando se descarga una unidad de agua en un tubo vertical, el flujo tiende a pegarse a las paredes del tubo, y al aumentar la cantidad de agua descargada en la bajada, el flujo forma un cilindro hueco de espesor uniforme que deja un núcleo de aire en el centro del tubo. Esta condición del flujo prevalece para gastos que, como máximo, generen áreas hidráulicas equivalentes a  $1/3$  o  $1/4$  de la sección transversal total de la tubería de bajada, ya que para gastos mayores, el agua en su caída arrastra el aire del tubo y provoca ruido en la tubería, situación no deseable en las instalaciones.

El flujo de un desagüe horizontal, al entrar a un desagüe vertical, está sujeto a la aceleración de la gravedad. La velocidad aumenta hasta que la resistencia por la fricción entre el agua, la pared del tubo y el núcleo de aire se hace igual a la fuerza de la gravedad, por lo que de ahí en adelante la velocidad permanece constante a medida que el flujo desciende.

La distancia entre la conexión por la que entra el flujo al desagüe vertical y el punto en donde el flujo alcanza la velocidad constante, se ha encontrado que es aproximadamente el tercer nivel, así que los diámetros de las bajadas de aguas negras están en función de las unidades de descarga que reciben y el número de intervalos o pisos en que las reciben, siendo el punto crítico los edificios de tres niveles.

En estas condiciones, la selección de diámetros se hará con apoyo en la tabla 3.5, debiéndose considerar para su uso, que una bajada de aguas negras deberá tener diámetro constante en toda su longitud, y por tanto, la magnitud del mismo se escogerá previa determinación del total de unidades mueble a desalojar, y asimismo, del número total de pisos que abarcará la bajada.

### 4. SISTEMAS DE VENTILACIÓN.

Al trabajar a la cuarta parte y distribuyéndose el líquido en la cara interior de la tubería, puede entenderse que en el centro se forma una cámara de aire, misma que al tratar de ser arrastrada por el agua en su caída, provoca diferencia de presiones en las bajadas, positivas en los niveles inferiores y negativas en los niveles superiores, las cuales pueden producir el "sifonaje" y el vaciado de los sellos de las trampas hidráulicas o de lo contrario, la salida al exterior del líquido de las trampas, incluyendo los gases del albañal.

Con objeto de evitar las presiones negativas o positivas que se presentan sobre los ramales de desagüe de los muebles de los edificios, se deberán ventilar los desagües y conectarse hasta una columna que reciba las ventilaciones particulares hasta llegar al extremo superior de las edificaciones conocida como columna de doble ventilación, la cual va paralela a la bajada de agua negra ( ver figura 3.1 ).

Estas ventilaciones permiten además la entrada de aire al sistema, facilitando la descarga de los muebles, así como permitir la salida de los gases provocados por fermentación de materia orgánica.

- ◆ VENTILACIÓN EN ANILLO. En este sistema, la línea de drenaje y la línea de ventilación forman un anillo ( ver figura 3.2.a ). este tipo de instalación se utiliza básicamente en edificaciones de un solo piso.
- ◆ VENTILACIÓN EN CIRCUITO. Este sistema de ventilación es utilizado en edificaciones de varios pisos, cada circuito proporciona servicio a un conjunto de muebles ( ver figura 3.2.b ).
- ◆ VENTILACIÓN HÚMEDA. En este tipo de ventilación, los líquidos y el aire fluyen a través de la misma tubería; generalmente en grupos de muebles es posible que una tubería de desagüe pueda ser ventilada a través de uno de los muebles. Se usa sólo para muebles como lavabos, tinas, regaderas y fregaderos, teniendo cuidado en que no más de una unidad mueble se descargue en un tubo de 38 mm o no más de cuatro unidades mueble se desagüen en un tubo de 50 mm ( figura 3.3.a ).
- ◆ VENTILACIÓN DE ALIVIO. Cuando las bajadas de aguas negras son de más de diez entrepisos, se deberá proyectar una ventilación de alivio a cada diez entrepisos. Estas ventilaciones, cuya instalación deberá iniciarse en el piso superior, se conectarán a las bajadas de aguas negras y a una columna de ventilación, debiéndose cumplir que su diámetro sea igual a ésta. Asimismo en cuanto a la manera de efectuar las conexiones mencionadas, la correspondiente a la bajada de aguas negras deberá hacerse con una "Y" inmediatamente abajo del ramal horizontal del piso, en tanto que la columna de ventilación se hará también con una "Y" pero a no menos de 90 cm arriba del nivel de piso ( figura 3.3.b ).

### III.3. INSTALACIÓN PLUVIAL.

El principal objetivo es establecer normas para que los proyectos de los sistemas de eliminación de aguas pluviales se desarrollen con un criterio uniforme. Dentro de las edificaciones, un sistema de aguas pluviales tiene por objeto el drenado de todas las superficies recolectoras, tales como azoteas, patios, etc., y conducir las al punto que se determine.

De acuerdo al artículo 91 del Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal, publicado el 25 de enero de 1990 en el Diario Oficial, "Los nuevos desarrollos urbanos deberán concluir la construcción de sistemas separados para el drenaje de aguas residuales y pluviales, y podrán optar por la perforación de pozos de infiltración con capacidades para captar los escurrimientos pluviales sobre las superficies cubiertas, previa aprobación del Departamento".

Todas las calles secundarias, pasillos, andadores, patios y banquetas, deberán ser construidas con adoquines, concreto hidráulico o de algún material que permita la infiltración de las aguas pluviales. Las banquetas deberán contar en toda su extensión con jardines de un ancho mínimo de cuarenta centímetros a partir de la guarnición.

Asimismo, con el fin de recuperar mantos acuíferos, se deberá tomar en cuenta lo estipulado en el artículo 77 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal, que dice "Sin perjuicio de las superficies construidas máximas permitidas en los predios, establecidos en el artículo 76, para lograr la recarga de los mantos acuíferos, se deberá permitir la infiltración de agua de lluvia al subsuelo, por lo que las futuras construcciones proporcionarán un porcentaje de la superficie del predio preferentemente como área verde; en caso de utilizarse pavimento éste será permeable". Los predios con área menor de 500 m<sup>2</sup> deberán dejar sin construir como mínimo el 20 % de su área, y los predios con área mayor de 500 m<sup>2</sup> los porcentajes indicados en el apartado I.4.

Cuando por las características del subsuelo en que se encuentre ubicado el predio, se dificulte la filtración o ésta resulte inconveniente, el Departamento podrá autorizar medios alternativos para la filtración o el aprovechamiento de las aguas residuales.

Quedan exceptuados de la aplicación de este artículo los predios e inmuebles ubicados dentro el perímetro "A" del Centro Histórico.

### III.3.1. GASTO DE DISEÑO.

En el criterio que se propone, se utiliza el método de la fórmula racional, el cual se basa en la hipótesis de que, sobre el área de aportación y hasta un sitio determinado, se presenta una lluvia con intensidad uniforme y durante un tiempo suficiente para que la lluvia caída en el punto más alejado contribuya al escurrimiento ( tiempo de concentración ).

El gasto máximo o de pico en el sitio de captación del escurrimiento pluvial será:

$$Q = 0.278 C i A$$

en donde:

- Q = Gasto pluvial, en m<sup>3</sup>/s.
- 0.278 = Coeficiente que depende de las unidades en que se trabaje.
- C = Coeficiente de escurrimiento, adimensional.
- i = Intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración, en mm/h.
- A = Área de aportación, en km<sup>2</sup>.

Enseguida, se describe el procedimiento de cálculo de los factores que intervienen en la ecuación.

#### ◆ COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO.

El coeficiente de escurrimiento define la proporción de la lluvia que contribuye al escurrimiento superficial.

Si durante una tormenta se miden simultáneamente la lluvia y el escurrimiento, las pérdidas se definen como la diferencia del volumen que llovió menos el que se convirtió en escurrimiento directo; para determinar la forma en que se distribuyen las pérdidas en el tiempo, se recurre al criterio del coeficiente de escurrimiento, en el cual se supone que las pérdidas en cada momento son proporcionales a la intensidad de la lluvia. El coeficiente de escurrimiento se estimará relacionando los valores de la tabla 3.6 ( obtenidos para tormentas con 5 a 10 años de periodo de retorno ) con las características del área en estudio.

◆ INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN.

El cálculo de la intensidad de lluvia para una duración  $d$ , igual al tiempo de concentración, se efectuará mediante el siguiente procedimiento:

1. Conocida la ubicación del predio, se determina la precipitación en mm asociada con una duración de 30 minutos y un período de retorno de 5 años ( figura 3.4 ).
2. Para obtener los valores de las precipitaciones asociadas con otros periodos de retorno y otras duraciones, se utilizan factores de ajuste que son independientes del punto en estudio. De la misma forma, se proponen factores de reducción para pasar de la precipitación máxima en un punto a la precipitación en una superficie.

Por tanto, la obtención de la precipitación media se resume en la expresión siguiente:

$$hp ( tr. d ) = hp ( 5, 30 ) ( Ftr ) ( Fd ) ( Fa )$$

donde:

$hp ( tr. d )$  = Altura de precipitación, en mm, para un periodo de retorno y duración en un área determinados.

$hp ( 5, 30 )$  = Altura de precipitación, en mm, para un período de retorno de 5 años y una duración de 30 minutos, calculada con la figura 3.4.

$Ftr$  = Factor de ajuste del periodo de retorno, adimensional.

$Fd$  = Factor de ajuste que afecta la duración de la tormenta, adimensional.

$Fa$  = Factor de reducción por área, adimensional.

Para la aplicación de la ecuación anterior se han establecido los siguientes criterios.

- a) FACTOR DE AJUSTE POR PERIODO DE RETORNO (  $Ftr$  ). En el diseño de tuberías secundarias ( diámetros menores o iguales que 1.22 m), el periodo de retorno se fijará de acuerdo con el uso de suelo y tipo de vialidad ( tablas 3.7 y 3.8 ). Se utilizará el mayor valor obtenido en ambas tablas: según el periodo de retorno seleccionado, el factor de ajuste (  $Ftr$  ) se obtendrá de la figura 3.5.
- b) FACTOR DE AJUSTE POR DURACIÓN (  $Fd$  ) El factor de ajuste por duración se obtendrá utilizando la gráfica inferior de la figura 3.5.

e) FACTOR DE AJUSTE POR ÁREA ( Fa ). El factor de ajuste por área se obtendrá mediante la aplicación de la siguiente tabla.

ÁREA ( km <sup>2</sup> )	Fa
2	1.00
10	0.96
20	0.87

Finalmente, la intensidad de precipitación asociada con el tiempo de concentración se calcula con:

$$I(tc) = \frac{60hp(tr, tc)}{tc}$$

donde:

I ( tc ) = Intensidad, en mm/h.

hp ( tr, tc ) = Precipitación media para el periodo de retorno tr y la duración tc, en mm.

tc = Tiempo de concentración, en min.

#### ◆ ÁREA DE APORTACIÓN.

En las edificaciones, el gasto pluvial se ve incrementado debido a los escurrimientos ocasionados por la lluvia sobre las fachadas de la construcción, dado que la mayoría de las veces la fuerza del viento hace que la lluvia caiga sobre ellas con un ángulo de hasta 60°, y de no tomarse en cuenta este hecho, se provocarán encharcamientos al ser rebasada la capacidad de conducción de las tuberías encargadas de llevar los escurrimientos pluviales a la red general de drenaje correspondiente.

Así, el efecto del viento que acompaña normalmente a la lluvia, no afecta en el diseño de superficies planas horizontales, pero sí deberá ser considerado en superficies inclinadas y verticales que queden libremente expuestas al viento, tomándose el área de aportación de la siguiente manera:

1. **Superficies planas horizontales.** En el caso de superficies horizontales libremente expuestas a la precipitación pluvial, el área a considerar es el área completa.

2. **Superficies verticales ( fachadas ).** Hasta la fecha, no se cuentan con los elementos que permitan cuantificar exactamente el escurrimiento en este caso, por lo que al calcular el agua que hay que drenar de la fachada, habrá que hacerlo en forma aproximada pero teniendo en cuenta que estas aportaciones dependerán de los materiales de las fachadas.

Así, para una pared vertical, la superficie de aportación se tomará como la mitad del área vertical expuesta, y cuando dos o más paredes formen un ángulo, la dirección del viento deberá suponerse en tal forma que los dos o más muros juntos presenten la mayor superficie a la lluvia. En la figura 3.6 se presenta un ejemplo en el que una azotea recibe aportaciones de dos áreas que forman entre ellas un ángulo  $\theta$ ; el área de aportación adicional a la de la azotea sólo es función del área que incide directamente sobre ella ( áreas sombreadas en la figura ), por lo que la magnitud de la superficie adicional a considerar en la fórmula racional está dada por la ecuación:

$$Se = 1/2\sqrt{Sv_1^2 + Sv_2^2 - 2Sv_1 \cdot Sv_2 \cos\theta}$$

en donde:

Se = Área adicional a considerar.

Sv<sub>1</sub> y Sv<sub>2</sub> = Áreas verticales de aportación.

$\theta$  = Ángulo entre las superficies.

### III.3.2. COLADERAS PLUVIALES.

Se deberán colocar, en las azoteas, terrazas, patios, y en todas las áreas que reciban directa e indirectamente agua pluvial, son coladeras especialmente diseñadas para captar los escurrimientos correspondientes. Estas coladeras pluviales, en azoteas, se recomienda que no estén separadas entre sí más de 20 metros, para evitar rellenos grandes.

Deberá diseñarse su diámetro y número de acuerdo con el área que recibirán y la intensidad de lluvia en la zona. Para su ubicación deberá considerarse que la pendiente mínima en azoteas es del 1,5 %.

### III.3.3. BAJADAS PLUVIALES.

El diseño de una bajada pluvial se hará teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) Gasto máximo a conducir, es decir, el máximo que deberá ser captado por la o las coladeras pluviales que aporten agua a la bajada.
- b) Que en un tubo vertical, el agua desciende adhiriéndose a sus paredes interiores de tal manera que el líquido forma un cilindro hueco de diámetro exterior igual al interior del conducto.
- c) Como fue expuesto, para el caso de bajadas de aguas negras, es deseable que la conducción del gasto de diseño se asocie a una área hidráulica (área de sección de la transversal del cilindro hueco citado en el inciso anterior) igual a  $\frac{1}{4}$  de la superficie que ocuparía la sección transversal total de la tubería de bajada.

En estas condiciones, de la expresión de Manning para la velocidad de flujo, el radio hidráulico  $R_h$  y la pendiente de fricción  $S$  podrá calcularse:

$$R_h = \frac{\pi D^2}{4 \times 4} = \frac{D}{16}$$

donde:

$D$  = Diámetro interior de la tubería de bajada, en metros.

Dado que en una tubería vertical de diámetro constante y altura  $h$ , la pérdida de energía es igual a esa altura, se tendrá:

$$S = 1$$

Así, se obtendrá:

$$Q = 0.0309 \frac{D^{8/3}}{n}$$

expresión que permite calcular el gasto  $Q$ , en  $m^3/s$ , que es posible desalojar mediante una bajada pluvial vertical de la que son conocidos su diámetro  $D$  y el coeficiente de rugosidad  $n$ .

#### ◆ LINEAS HORIZONTALES.

Las bajadas pluviales se conectan a ramales horizontales que pueden ser interiores o exteriores, entendiéndose en este caso como exteriores las instalaciones fuera de las edificaciones pero dentro del predio.

**Lineas horizontales interiores.** Generalmente se encuentran colgadas debajo de las lozas o estructuras, y deberán diseñarse considerando que la pendiente mínima es, para diámetros de 75 mm ó menores, del 2 %; y para tuberías de diámetro mayor de 100 mm del 1 %. Por otra parte, con el fin de poder dar mantenimiento a estas tuberías, se deberán instalar tapones registro a cada 15 metros para tuberías de 200 mm o menores, y a cada 30 metros para tuberías de 250 mm o mayores.

**Lineas horizontales exteriores.** Con objeto de minimizar los volúmenes de excavación, las pendientes de la tubería deberán de ser tan semejantes a la topografía del terreno como sea posible, pero además deberá tenerse en cuenta lo siguiente:

- Pendiente mínima.- Se aceptará aquella que produzca una velocidad de 0.6 m/s.
- Pendiente máxima.- Se aceptará aquella que produzca una velocidad de 3.0 m/s a tubo lleno.
- Diámetro mínimo.- El diámetro mínimo que se especifique no deberá ser menor de:
  - a) 0.15 m entre registros.
  - b) 0.30 m entre pozos de visita.

Esto con objeto de evitar frecuentes obstrucciones en las tuberías, abatiendo por consiguiente los costos de conservación y operación.

#### III.3.4. PROFUNDIDAD DE TUBERÍAS.

En los proyectos de alcantarillado pluvial, deberán señalarse las profundidades mínimas de tubería con objeto de evitar rupturas del conducto ocasionadas por cargas pesadas y el tránsito de vehículos, y asimismo, se indicarán los anchos de las zanjas con la amplitud necesaria para facilitar los trabajos alrededor de los tubos; en ambos casos las dimensiones serán función del diámetro de la tubería. En la tabla 3.9 se indican las dimensiones de las zanjas correspondientes a diversos diámetros de tubería.

### III.3.5. TRANSICIONES Y CAMBIOS DE DIRECCIÓN Y DE PENDIENTE.

1. **Transiciones.** En los proyectos de alcantarillado pluvial, el cambio de una sección a otra, las conexiones y las variaciones de dirección o pendiente en las tuberías, se hará por medio de un pozo de visita, registro o caja especial, debiéndose señalar en cada caso, en el plano de proyecto las elevaciones de sus plantillas, tanto de llegada como de salida.
2. **Cambios de dirección horizontal.** Se harán dentro de un pozo de visita o registro conforme se indica a continuación:
  - a) Cuando el diámetro sea de 61 cm o menor, los cambios de dirección de hasta 90° en la tubería se podrán hacer en un sólo pozo de visita o registro.
  - b) Si el diámetro es mayor de 61 cm, se podrá emplear un pozo, registro o caja de visita para cambiar la dirección de la tubería hasta en 45°, y si se requieren deflexiones más grandes, se emplearán tantos pozos o registros como ángulos de 45° o fracción formen la deflexión.
3. **Cambios de pendiente.** Cualquier cambio de pendiente en los conductos se hará en pozos o registros.

### III.3.6. REGISTROS.

De acuerdo con el artículo 160 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal: "Los albañales deberán tener registros colocados a distancias no mayores de 10 metros entre cada uno y en cada cambio de dirección del albañal. Los registros deberán ser de 40 X 60 cm cuando menos para profundidades de hasta un metro, de 50 X 70 cm cuando menos para profundidades mayores de un metro y hasta dos metros y de 60 X 80 cm cuando menos para profundidades de mas de dos metros. Los registros deberán tener tapas con cierre hermético, a prueba de roedores. Cuando un registro debe colocarse bajo lugares o locales habitables o de trabajo o de reunión, deberá tener doble tapa con cierre hermético".



## CAPÍTULO IV

### PROYECTO DE INSTALACIONES EXTERNAS

#### IV.1. ANTECEDENTES.

Un sistema de alcantarillado está integrado por todos o algunos de los siguientes elementos: atarjeas, colectores, interceptores, emisores, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, descarga final y obras accesorias.

La red de atarjeas tiene por objeto recolectar y transportar las descargas de aguas domésticas, comerciales e industriales, hacia los colectores o emisores. La red se inicia con la descarga domiciliaria o albañal, a partir del paramento exterior de las edificaciones. El diámetro del albañal en la mayoría de los casos es de 15 cm (es el mínimo aceptable), la conexión entre albañal y atarjea debe ser hermética. Las atarjeas normalmente se localizan al centro de las calles, el diámetro mínimo que se emplea es de 30 cm y su diseño debe seguir la pendiente natural del terreno, siempre y cuando cumpla los límites de velocidad y con la condición mínima de tirante.

La estructura típica de liga entre tramos de la red es el pozo de visita, que permite el acceso desde el exterior para su inspección y maniobras de limpieza, las uniones de la red de atarjeas con los pozos deben ser herméticas. Los pozos de visita deben localizarse en todos los cruceros, cambios de dirección, pendiente y diámetro y para dividir los tramos en las longitudes apropiadas para las maniobras de limpieza y ventilación.

En una zona se puede tener solamente alcantarillado pluvial, o sólo sanitario ó combinado. El primero se diseña para evacuar los escurrimientos producto de las lluvias, el segundo para evacuar las aguas negras provenientes del uso del agua potable y el drenaje combinado se proyecta para coleccionar los dos tipos de escurrimiento.

## IV.2. CONFIGURACIÓN DE ATARJEAS.

El trazo de atarjeas generalmente se realiza coincidiendo con el eje horizontal de cada calle, los trazos usuales se pueden agrupar en forma general en los siguientes tipos:

- ◆ **Trazo de bayoneta** Se le denomina al trazo que iniciando en una cabeza de atarjea tiene un desarrollo en zigzag o en escalera ( figura 4.1.a ): las ventajas de realizar este trazo son reducir el número de cabezas de atarjea y permitir un mayor desarrollo de las atarjeas, incrementando el número de descargas y así facilitar que los conductos adquieran un régimen hidráulico establecido, logrando con ello aprovechar adecuadamente la capacidad de cada uno de los conductos. Sin embargo, por otro lado, la desventaja que presenta este tipo de trazo, es que requiere de terrenos con pendientes bajas más o menos estables y definidas.
- ◆ **Trazo en peine** Este trazo se presenta cuando existen varias atarjeas con tendencia al paralelismo, es decir, empieza su desarrollo en una cabeza de atarjea, descargando su contenido en una tubería común de mayor diámetro, perpendicular a ellas ( figura 4.1.b ). Las ventajas que se tienen con este tipo de trazo son que se garantizan aportaciones rápidas y directas de las cabezas de atarjeas a la tubería común de cada peine, y de estas a los colectores, propiciando que se presente rápidamente un régimen hidráulico establecido, además se pueden tener una amplia gama de valores para las pendientes de las cabezas de atarjeas, lo cual resulta muy útil en el diseño cuando la topografía es muy irregular.

Por otra parte algunas de las desventajas que se presentan son debido al corto desarrollo que generalmente tienen las atarjeas iniciales antes de descargar a un conducto mayor, en la mayoría de los casos trabajan por abajo de su capacidad, además en muchas ocasiones, como las atarjeas iniciales van poco profundas, a fin de que puedan descargar al conducto perpendicular común, de diámetro mayor, se requiere de pozos con caída adosada lo cual eleva el costo de la construcción.

- ◆ **Trazo combinado**. Como su nombre lo indica, este trazo es una combinación de los dos anteriores ( figura 4.1.c ) El tipo de trazo dependerá principalmente de las condiciones topográficas de la zona en estudio.

A continuación se presentan los principales aspectos que debe contener un proyecto ejecutivo, aclarando los alcances para los tres tipos de alcantarillado.

### **IV.3. ALCANTARILLADO SANITARIO.**

#### **IV.3.1 APORTACIÓN DE AGUAS NEGRAS.**

Se adopta el criterio de considerar como aportación unitaria de aguas negras, el 100 % de la dotación de agua potable; esto es con el fin de ya no considerar el gasto por infiltración, así como el que se pueda generar debido a la lluvia que escurre en las azoteas y patios de las viviendas.

#### **IV.3.2. PERIODO ECONÓMICO DE PROYECTO.**

Sabemos que el gasto de aguas residuales depende de la dotación de agua potable y ésta a su vez, depende de la población considerada; por tanto, se estima la población a que deberá dar servicio una red de alcantarillado sanitario a partir de la definición del número de años que pasarán entre la fecha en que se realiza el diseño y la fecha en que se presentan las condiciones de saturación de la red. Al número de años así definido, se le denomina periodo económico de proyecto.

La determinación del periodo económico de proyecto más adecuado, es en esencia un problema de tipo económico; el análisis debe considerar aspectos tales como la tasa de interés bancario, el tiempo para la recuperación del crédito, la velocidad de crecimiento de la población y el valor del terreno de la zona. En caso de no existir un estudio económico así, se recomienda utilizar, de acuerdo con la experiencia disponible, un periodo económico de 15 a 20 años para estimar la población a la que deberá servir la red.

#### **IV.3.3. ÁREAS TRIBUTARIAS.**

La asignación de áreas tributarias a cada tramo de la red permitirá, al multiplicarlas por la densidad de población, definir el número de habitantes al que deberá servir cada tramo; la definición de las áreas tributarias correspondientes a la fecha de terminación del periodo económico de proyecto, deberá elaborarse en un plano de la zona en que se localicen las calles y la lotificación proyectadas.

Conocido el trazo de las calles y la lotificación, se realizará el trazo en planta de la red de alcantarillado; en esta forma, cada lote de la zona aportará al tramo de la red más cercano a ese lote, si existen dudas en

cuanto a la lotificación, se recomienda delimitar las áreas de aportación trazando bisectrices a partir de las esquinas.

La localización más conveniente de las atarjeas, para captar las aportaciones de agua residual es el centro de la calle o avenida, o cerca del centro, con el fin de que sirva a las construcciones de ambos lados de la calle. En vialidades excepcionalmente anchas, puede ser más económico instalar atarjeas madrinas a cada lado de la calle, entre el centro y la banqueta.

#### IV.3.4. COEFICIENTES DE VARIACIÓN.

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

##### • COEFICIENTE DE VARIACIÓN MÁXIMA INSTANTÁNEA.

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

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}} \dots\dots\dots(4.1)$$

donde:

M = Coeficiente de variación máxima instantánea de aguas negras.

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

Este coeficiente se aplica tomando en cuenta las consideraciones siguientes:

1. En tramos que presenten una población acumulada menor a los 1 000 habitantes, el coeficiente se considera constante e igual a 3.8.
2. Para una población acumulada mayor de 63 450 habitantes, el coeficiente se considera constante e igual a 2.17, es decir, se acepta que su valor a partir de esa cantidad de habitantes, no sigue ya la ley de

variación establecida por Harmon. Lo anterior resulta de considerar al alcantarillado como un reflejo de la red de distribución de agua potable, ya que el coeficiente de variación de gasto máximo horario necesario en un sistema de agua potable ( cuyo limite inferior es de  $1.4 \times 1.55 = 2.17$  ).

♦ **COEFICIENTE DE SEGURIDAD.**

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

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

IV.3.5. GASTOS DE DISEÑO.

Los gastos a considerar para un proyecto de alcantarillado son: el gasto medio, el gasto mínimo, el gasto máximo instantáneo y el gasto máximo extraordinario. los tres últimos se determinan a partir del primero.

♦ **Gasto Medio (  $Q_{med}$  ).**

El valor del gasto medio de aguas negras en un tramo de la red se hace en función de la población y de la aportación de aguas negras, esta aportación se considera como el 100 % de la dotación de agua potable, que a su vez está en función de los diferentes usos del suelo ( habitacional, comercial e industrial ).

La expresión para calcular el valor del gasto medio es:

$$Q_{med} = \frac{A \cdot P}{86400} \dots\dots\dots(4.2)$$

donde:

- $Q_{med}$  = Gasto medio, en lps.
- A = Aportación de aguas negras, en l/hab/día.
- P = Población de proyecto, en habitantes.
- 86 400 = Segundos por día.

En cuanto al gasto medio ( $Q_{med}$ ) es conveniente señalar que la expresión indicada para calcularlo, sólo es válida para poblaciones mayores de 1 000 habitantes, en caso contrario el caso de diseño se debe evaluar por el método de R. B. Hunter en el cual el gasto máximo instantáneo ( $Q_{MI}$ ) está en función del número de unidades de descarga de cada edificio. Además el gasto mínimo de aguas negras ( $Q_{min}$ ) nunca debe ser menor de 1.5 lps.

• Gasto Mínimo ( $Q_{min}$ ).

El gasto mínimo, generalmente se considera como la mitad del gasto medio, y es el menor de los valores de escurrimiento que normalmente se presenta en un conducto. La expresión que usualmente se emplea para calcular el valor del gasto mínimo es:

$$Q_{min} = 0.5 Q_{med}.....(4.3)$$

donde:

- $Q_{min}$  = Gasto mínimo, en lps.
- $Q_{med}$  = Gasto medio, en lps.

Sin embargo, para los tramos iniciales de la red y cuando se tengan pendientes muy pequeñas o muy grandes, se consideró que para efectos prácticos el límite inferior del gasto mínimo, es el gasto que generan dos descargas simultáneas de tanques de excusado (considerando un excusado tradicional de 16 litros), lo que es igual a 3 lps, esto significa que en aquellos tramos en los que resulten valores de gasto mínimo a 3 lps, se utilice este valor en el diseño. Lo anterior asegura cumplir con la velocidad mínima para pendientes muy pequeñas y con el tirante mínimo para pendientes muy grandes, considerando el menor gasto probable de descarga.

En la tabla 4.1 se muestra el número de descargas simultáneas al alcantarillado de acuerdo con el diámetro del conducto receptor.

♦ **Gasto Máximo Instantáneo ( Q<sub>MI</sub> ).**

El gasto máximo instantáneo es el valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado. Para evaluar este gasto se emplea la siguiente expresión:

$$Q_{MI} = M \cdot Q_{med} \dots\dots(4.4)$$

donde:

Q<sub>MI</sub> = Gasto máximo instantáneo. en lps.

Q<sub>med</sub> = Gasto medio. en lps.

♦ **Gasto Máximo Extraordinario ( Q<sub>ME</sub> ).**

Es el caudal de aguas residuales que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como por ejemplo bajadas de aguas pluviales de azoteas, patios, o las provocadas por un crecimiento demográfico explosivo no considerado.

En función de este gasto se determina el diámetro adecuado de los conductos de la red y su valor se calcula usando la siguiente expresión:

$$Q_{ME} = C \cdot Q_{MI} \dots\dots(4.5)$$

donde:

Q<sub>ME</sub> = Gasto máximo extraordinario. en lps.

C = Coeficiente de seguridad, adimensional.

Q<sub>MI</sub> = Gasto máximo instantáneo. en lps.

una tubería de alcantarillado en escurrimiento sin presión debe ser capaz de conducir  $Q_{ME}$ , es decir debe trabajar como canal.

#### IV.3.6. DISEÑO HIDRÁULICO.

Con los datos topográficos y el plano predial o de uso del suelo, se procede a definir las áreas de la población que requieren proyecto, el primer paso del proyecto consiste en efectuar el trazo de la red de atarjeas, en combinación con los trazos definidos para los colectores y emisores, se deben analizar las alternativas de trazo y combinaciones que sean necesarias, de acuerdo a las condiciones particulares de la zona que se estudie, con objeto de asegurar la selección de la mejor combinación técnica y económica.

El diseño hidráulico de una red de atarjeas se realiza tramo por tramo, iniciando en las cabezas de atarjeas y finalizando en la entrega a los colectores o emisores. Para el diseño de un tramo de la red, se deben ejecutar los siguientes pasos:

1. Delimitar la zona de influencia del tramo que se calcula.
2. Obtener el área total de la zona, dividida en los diferentes usos del suelo que se presenten. En general los usos del suelo se dividen en comercial, industrial y doméstico; éste último también se diferencia en popular, medio y residencial.
3. Se calcula la población con el área y la densidad de población correspondiente.
4. Con la población del tramo que se estudia (sin acumular), se calcula el gasto medio de dicho tramo y se acumula a los gastos medios de los tramos anteriores.
5. Con los gastos medios acumulados se calcula el gasto mínimo, el cual se utiliza en la revisión de velocidad mínima en el tramo.
6. Con la población acumulada se calcula el coeficiente "M" de variación o de Harmon y con los gastos medios acumulados se calculan los gastos máximos instantáneo y extraordinario del tramo.
7. Con el valor del gasto máximo extraordinario de cada tramo y su pendiente, se propone un diámetro

el cual no debe ser menor al del tramo anterior.

Aplicando la fórmula de Manning se obtiene la velocidad a tubo lleno y con ésta, el gasto a tubo lleno; si este gasto es menor al gasto máximo extraordinario se propone un diámetro mayor, si es igual o mayor, se continúa el cálculo.

8. El cálculo de las pendientes y elevaciones de plantilla que se lleva a cabo tramo por tramo, depende del debido aprovechamiento de los desniveles topográficos y, de ser posible, conseguir que las pendientes de la tubería sean semejantes a las del terreno, la elección de la pendiente se hace en tal forma que la tubería satisfaga con el menor diámetro, la capacidad de conducción requerida sin exceder los límites de profundidad mínima y velocidades mínima y máxima.
9. Debe seleccionarse el diámetro de las tuberías de manera que su capacidad sea tal, que a gasto máximo extraordinario, el agua escurra sin presión a tubo lleno y con un tirante para gasto mínimo que permita arrastrar las partículas sólidas en suspensión, debiendo como mínimo alcanzar ese tirante el valor de 1.0 cm en casos de pendientes pronunciadas y en casos normales el de 1.5 cm.
10. Se obtienen los tirantes y las velocidades reales de flujo en el tramo utilizando la gráfica para tubos parcialmente llenos ( figura 4.2 ). La velocidad máxima de flujo corresponde al gasto máximo extraordinario, la mínima de flujo corresponde al gasto mínimo; se comparan estos tirantes y velocidades con los límites permitidos, si cumplen con ellos, el diámetro y la pendiente propuestos son los adecuados y el cálculo se continua con el siguiente tramo.

Se emplea la fórmula de Manning para calcular la velocidad del agua en las tuberías cuando trabajen llenas, utilizando además, las relaciones hidráulicas y geométricas de esos conductos, al operar parcialmente llenos ( figura 4.2 ).

La expresión algebraica de la fórmula de Manning es:

$$V = \frac{1}{n} R h^{2/3} S^{1/2} \dots \dots \dots (4.6)$$

donde:

V = Velocidad media del flujo, en m/s.

$n$  = Coeficiente de rugosidad, adimensional.

$R_h$  = Radio hidráulico, en m.

$S$  = Pendiente hidráulica, en fracción decimal.

El coeficiente de rugosidad varía según la clase del material de las tuberías, el valor de " $n$ " que debe emplearse en la fórmula anterior es de 0.013 para tubos de concreto prefabricados y de 0.016 cuando el tubo sea colado en el lugar, para otra clase de tuberías se pueden tomar los valores indicados en la tabla 4.2.

En ocasiones se requiere conducir las aguas residuales a través de canales, los valores medios de " $n$ " más empleados en estos casos se indican en la tabla 4.3.

#### IV.3.7. PARÁMETROS HIDRÁULICOS.

##### • VELOCIDADES.

**Velocidad máxima.** La velocidad máxima permisible para evitar erosión en las tuberías, está en función del tipo de material que se utilice y sus diferentes valores se presentan en la tabla 4.4.

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

**Velocidad mínima.** La velocidad mínima permisible es de 0.3 m/s a tubo parcialmente lleno y de 0.6 m/s a tubo lleno, considerando el gasto mínimo y su tirante correspondiente. Adicionalmente debe asegurarse que dicho tirante tenga un valor mínimo de 1.0 cm en casos normales. La velocidad mínima es con objeto de que el agua tenga capacidad de arrastre de sólidos y evitar el depósito de sedimentos que provoquen azolves y taponamientos en el tubo.

##### • DIÁMETROS.

Los diámetros mínimo y máximo en un alcantarillado sanitario, son fijados por las siguientes condiciones:

**Diámetro mínimo.-** La experiencia en la operación y conservación de los sistemas de alcantarillado a través de los años, ha demostrado que el diámetro mínimo en las tuberías es de 30 cm, para evitar frecuentes obstrucciones en las tuberías, abatiendo por consiguiente los costos de conservación y operación del sistema.

**Diámetro máximo.-** El diámetro máximo está en función de varios factores, entre los que destacan: las características topográficas y de los suelos de la localidad, el gasto máximo extraordinario de diseño, el tipo de material de la tubería y los diámetros comerciales disponibles en el mercado.

En el caso de grandes diámetros se debe realizar un estudio para definir la conveniencia de utilizar tuberías paralelas (madrinas) de menor diámetro. En cualquier caso la selección del diámetro depende de las velocidades permisibles, aprovechando al máximo la capacidad hidráulica del tubo trabajando a superficie libre (gravedad).

• PENDIENTES.

La pendiente de cada tramo de tubería debe ser tan semejante a la del terreno como sea posible, con objeto de tener excavaciones mínimas, los valores para pendiente máxima y mínima según sea el caso, se obtienen a partir de las restricciones de velocidad ya mencionadas.

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

**Pendiente mínima.-** En casos normales, de contar con suficiente desnivel, la pendiente mínima para un conducto sanitario y combinado es la que resulta cuando funciona con tirante igual al 25 % del diámetro del tubo y con la velocidad mínima de 0.60 m/s, como se muestra en la tabla 4.5 para diferentes valores de n. Excepcionalmente, cuando el desnivel disponible es pequeño, se puede aceptar como pendiente mínima el valor que resulte de conducir el gasto mínimo con velocidad de 0.30 m/s y un tirante igual o mayor de 1.5 cm.

Es evidente que en el caso de un sistema pluvial, no existe valor mínimo de la pendiente, toda vez que el gasto puede ser cero durante lapsos prolongados; por tanto dicho valor queda sujeto a razones constructivas.

**Pendiente máxima.**- Corresponde a la que resulta de considerar la velocidad máxima aceptada en el diseño de un tubo que conduce el gasto máximo a tubo lleno.

#### **IV.4. ALCANTARILLADO PLUVIAL.**

El diseño de alcantarillado pluvial generalmente se realiza cuando el agua de lluvia ocasiona problemas a la población. Para el diseño debemos conocer:

- ❶ Precipitación media anual máxima.
- ❷ Área a drenar.
- ❸ Intensidad de lluvia.

A pesar de que el establecimiento de límites para la aplicabilidad de los procedimientos tendrá siempre cierto grado de arbitrariedad, se considera adecuado fijar las siguientes restricciones:

- Área de aportación total acumulada hasta el tramo en consideración: 20 km<sup>2</sup>.
- Diámetro máximo: 1.22 m.

Además, debe conocerse la geometría en planta de la red analizada y la topografía de la zona.

La principal razón que obliga a establecer límites en la aplicabilidad de los métodos que aquí se proponen, es que en ellos se consideran solamente en forma muy simplificada los efectos de almacenamiento que ocurren en la propia red.

Las atarjeas pluviales generalmente se localizan a poca distancia de la guarnición de la banquetta, con el fin de interceptar con facilidad el flujo proveniente de las bocas de tormenta. El espaciamiento entre las bocas normalmente varía de 80 a 180 metros, pero puede disminuir en caso de terrenos planos o en ejes viales donde el tránsito vehicular alcanza altas velocidades. El agua pluvial entra a las atarjeas por las coladeras o similares, pero en el anteproyecto no es necesario localizarlas. Es suficiente suponer que las áreas tributarias contribuirán en las esquinas por donde vayan pasando, siempre que la separación no exceda los 100 metros; en caso contrario, se utiliza esta distancia.

Consideraciones similares se pueden hacer para los ingresos de agua residual, en sistemas sanitarios. En el caso de sistemas combinados, son más importantes los ingresos de agua de lluvia; los de agua residual pueden omitirse en el anteproyecto.

#### IV.4.1. FÓRMULA RACIONAL.

El método de la fórmula racional se basa en la hipótesis de que, sobre el área de aportación y hasta un sitio determinado, se presenta una lluvia con intensidad uniforme, durante un tiempo suficiente para que la lluvia caída en el punto más alejado contribuya al escurrimiento ( tiempo de concentración ) en el sitio analizado. El gasto máximo o de pico en el sitio de entrega, está dado por la expresión:

$$Q_p = 0.278 C i A \dots\dots\dots ( 4.7 )$$

donde:

$Q_p$  = Gasto pluvial de pico, en m<sup>3</sup>/s.

$C$  = Coeficiente de escurrimiento.

$i$  = Intensidad media de la lluvia para una duración igual al tiempo de concentración, en mm/h.

$A$  = Área de aportación, en km<sup>2</sup>.

La ecuación 4.7 puede obtenerse considerando que la lluvia caída en un tiempo  $t_c$  ( igual al tiempo de concentración ) escurre, formando un hidrograma triangular con tiempos pico y de recesión iguales al tiempo de concentración ( figura 4.3.a ).

En la práctica se ha observado que, debido a la regulación que ocurre en el trayecto del agua hasta llegar al sitio de entrega, el tiempo de recesión es mayor que el tiempo de pico. En particular se ha observado en zonas urbanas, un valor típico igual a  $1.4 t_c$  ( figura 4.3.b ) Viessman 1977.

En seguida se describe el procedimiento de cálculo de los factores que intervienen en la ecuación 4.7.

◆ **ÁREAS DE APORTACIÓN.**

Las áreas de aportación a cada tramo se definirán a partir del diseño en planta de la red, de acuerdo con la topografía de la zona. Las áreas habitacionales quedarán delimitadas por los proyectos de conexión del drenaje domiciliario, si éstos se desconocen, las áreas de aportación habitacionales se definirán trazando líneas divisorias de tal forma que cada punto de la zona aporte al tramo más cercano ( figura 4.4 ).

Para efectos del cálculo del gasto de diseño de un tramo cualquiera, se considerarán todas las áreas situadas aguas arriba, sin incluir la asociada al propio tramo. Al no incluir ésta última en el cálculo del tramo, ni considerar en el tiempo de concentración el tiempo de traslado por el tramo que se diseña, se logra, por un lado, evitar cálculos iterativos y, por otro lado, se balancea el diseño de tal forma que en caso de que las aportaciones sobrepasen la capacidad de la red, los desbordamientos se distribuirán en toda el área y no se concentrarán en las zonas más bajas.

◆ **COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO.**

El coeficiente de escurrimiento define la proporción de lluvia que contribuye al escurrimiento superficial y se estima con la ecuación:

$$C = \frac{C_n A_n}{A_t} + 0.45 \frac{A_u}{A_t} I_u \dots \dots \dots (4.8)$$

donde:

C = Coeficiente de escurrimiento.

C<sub>n</sub> = Coeficiente de escurrimiento del área no urbanizada, que se determina mediante la figura 4.5.

A<sub>n</sub> = Área no urbanizada.

A<sub>t</sub> = Área total.

A<sub>u</sub> = Área urbanizada.

I<sub>u</sub> = Índice de urbanización.

El índice de urbanización se estimó a partir de mediciones en las cuencas de Ciudad Satélite y Ciudad Universitaria ( D.G.C.O.H. 1982 ), y se determina con los siguientes criterios.

- Zonas residenciales, comerciales o industriales con urbanización compacta:  $I_u = 1.0$ .
- Zonas similares, pero con urbanización espaciada (zonas verdes, campos deportivos, etc.):  $I_u = 0.8$ .
- Zonas semiurbanas:  $I_u = 0.6$ .

La ecuación 4.8 se planteó buscando, por una parte, utilizar al máximo las mediciones de lluvias y escurrimientos realizadas en el Valle de México; por otra, se intenta evitar incongruencias en los diseños, propiciados por el uso de tablas que permiten muchas interpretaciones subjetivas. Los valores de  $C_n$  fueron obtenidos a partir de las mediciones disponibles en la actualidad. Para su estimación se efectuó una regionalización del Distrito Federal (figura 4.5), a partir de datos de precipitación y escurrimiento, se obtuvieron los siguientes  $C_n$ :

REGIÓN	$C_n$
A1	0.020
A2	0.120
B	0.025
C	0.080
D	0.100

TABLA 4.6 VALORES DE  $C_n$ .

No existe información de la zona norte del Valle, de la zona plana, ni de la Sierra de Guadalupe (figura 4.5) que permita estimar el coeficiente  $C_n$  directamente de mediciones. En tanto no se disponga de estos coeficientes, se sugiere utilizar los siguientes valores:

- *Norte del Valle*. Se propone utilizar un coeficiente entre los valores recomendados para las zonas A1 y D, el valor que se utilice dependerá de las semejanzas que se encuentren entre las zonas A1 y D y el sitio específico del norte del Valle que se esté analizando.
- *Zona plana* (en cualquier parte del Valle, pero abajo de la cota 2 250 msnm). Los suelos de esta zona están formados en su mayor parte por arcillas, por lo que a pesar de su baja pendiente, se sugiere utilizar el valor de  $C_n = 0.15$ .

- *Sierra de Guadalupe.* Por la alta pendiente de las cuencas y su estado de deforestación, se recomienda también un valor de  $C_n = 0.15$ .

◆ **TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.**

El tiempo de concentración asociado a un tramo cualquiera de la red es el tiempo que tarda una partícula de agua en viajar desde el punto más alejado de la cuenca hasta el extremo aguas arriba del tramo. De acuerdo con esta definición, si se presenta una lluvia de intensidad constante, distribuida uniformemente en el área de aportación, al inicio del proceso solamente aportarán escurrimiento al tramo bajo análisis las zonas más cercanas a él; pero poco a poco, el área de aportación se incrementará hasta que, cuando la duración de la lluvia alcance el tiempo de concentración, contribuya toda el área con un gasto  $Q = C i A$ , si la lluvia se mantiene un tiempo mayor que el de concentración, la descarga se mantendrá hasta que la lluvia cese como se muestra en la figura 4.6.

En la práctica es muy difícil calcular con precisión el tiempo que tarda el agua en escurrir por la superficie hasta llegar a las coladeras, por lo que se recomienda considerar un tiempo de 20 minutos, de esta forma, se evita sobre diseñar los primeros tramos, únicamente se corre el riesgo de que ocurran encharcamientos con una duración de 5 a 10 minutos.

Para la obtención del tiempo de concentración se considerará entonces:

1. En los tramos que son cabezas de atarjeas el tiempo de concentración,  $t_c$  se supondrá de 20 minutos.
2. Para el tramo siguiente aguas abajo, el valor del tiempo de concentración se obtendrá sumando el inicial más el tiempo de recorrido en el primer tramo. Este tiempo puede obtenerse una vez conocida la velocidad media en el primer tramo mediante la ecuación:

$$t = \frac{L}{60V} \dots\dots\dots(4.9)$$

donde:

$t$  = Tiempo de recorrido, en min.

$L$  = Longitud del primer tramo, en m.

$V$  = Velocidad media en el primer tramo, en m/s, de la expresión de Manning.

60 = Factor para transformar a minutos.

3. Para los otros tramos, el tiempo de concentración se calculará de la misma forma; es decir, al tiempo de concentración del tramo anterior se sumará el tiempo de recorrido del tramo en cuestión.
4. En el caso de un tramo al que confluyan dos o más tramos, se considerará como tiempo de concentración del tramo anterior el mayor tiempo de los tramos que confluyen.

◆ **INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN.**

El cálculo de la intensidad de lluvia para una duración  $d$ , igual al tiempo de concentración, se efectuará mediante el siguiente procedimiento.

1. Conocida la ubicación de la cuenca, se determina la precipitación (en mm) asociada con una duración de 30 minutos y un periodo de retorno de 5 años (figura 3.4).
2. Para obtener los valores de las precipitaciones asociadas con otros periodos de retorno y otras duraciones, se utilizan factores de ajuste que son independientes del punto en estudio. De la misma forma, se proponen factores de reducción para pasar de la precipitación máxima en un punto a la precipitación en una superficie.

Por tanto, la obtención de la precipitación media se resume en la expresión siguiente:

$$hp (tr, d) = hp (5, 30) (Ftr) (Fd) (Fa) \dots \dots \dots (4.10)$$

donde:

$hp (tr, d)$  = Altura de precipitación, en mm, para un periodo de retorno, duración y área determinados.

$hp (5, 30)$  = Altura de precipitación, en mm, para un periodo de retorno de 5 años y una duración de 30 min. calculada con la figura 3.4.

Ftr = Factor de ajuste del periodo de retorno, adimensional.

Fd = Factor de ajuste que afecta la duración de la tormenta, adimensional.

Fa = Factor de reducción por área, adimensional.

Para la aplicación de la ecuación anterior, se han establecido los siguientes criterios.

1. **Factor de ajuste por periodo de retorno ( Ftr ).** En el diseño de tuberías secundarias ( diámetros menores o iguales que 1.22 m ), el periodo de retorno se fijará de acuerdo con el uso del suelo y tipo de vialidad ( tablas 3.7 y 3.8 ). Se utilizará el mayor valor obtenido en ambas tablas; según el periodo de retorno seleccionado, el factor de ajuste Ftr se obtendrá de la figura 3.5.
2. **El factor de ajuste por duración ( Fd ).** El factor de ajuste por duración se obtendrá utilizando la gráfica inferior de la figura 3.5.
3. **Factor de ajuste por área ( Fa ).** El factor de ajuste por área se obtendrá mediante la aplicación de la siguiente tabla.

ÁREA ( km <sup>2</sup> )	Fa
2	1.00
10	0.96
20	0.87

TABLA 4.7 FACTOR DE AJUSTE POR ÁREA.

Finalmente, la intensidad de precipitación asociada con el tiempo de concentración se calcula con:

$$I(tc) = \frac{60hp(tr,tc)}{tc} \dots\dots\dots(4.11)$$

donde:

I ( tc ) = Intensidad, en mm/h.

hp ( tr, tc ) = Precipitación media para el periodo de retorno tr y la duración tc, en mm.

tc = tiempo de concentración, en min.

#### IV.4.2. GASTO DE APORTACIÓN PLUVIAL.

De acuerdo con el procedimiento descrito, para calcular el gasto de ingreso a un tramo cualquiera, se requiere haber diseñado todos los tramos situados aguas arriba, y así determinar los tiempos de traslado.

Por esta razón, se recomienda definir desde el principio una secuencia de cálculo como la que se ilustra en la figura 4.7. Para construir esta secuencia, se asigna a los puntos de confluencia una numeración creciente de aguas arriba hacia aguas abajo (puntos I y II). En seguida se numeran de la misma manera los tramos de todos los ramales que llegan a la primera confluencia, después los que llegan a la segunda, y así sucesivamente.

De esta forma, al diseñar cada tramo, siempre se conocerá el tiempo de concentración  $t_c$ ; y por tanto, también se conocerá la intensidad de precipitación, el área de aportación, el coeficiente de escurrimiento y finalmente, con la ecuación 4.7, el gasto de aportación pluvial.

#### IV.4.3. REDES PRIMARIAS DE DRENAJE PLUVIAL.

Las condiciones de las cuencas urbanas se modifican con el tiempo, de manera que las características estadísticas de los escurrimientos no pueden ser determinadas directamente a partir de datos históricos. Por este motivo, se tienen que estimar primero las características estadísticas de las tormentas y posteriormente, con ayuda de un modelo de lluvia-escurrimiento, determinar la avenida suponiendo que su probabilidad de ocurrencia es idéntica a la de la tormenta utilizada para generarla.

Los métodos para determinar la avenida de ingreso al sistema, que a continuación se describen, son simplificados, debido a que casi siempre es difícil utilizar en la práctica métodos complejos basados en las ecuaciones fundamentales de la hidráulica, esto se debe a la escasa información, o a la poca confiabilidad en la misma, o a las limitaciones de tiempo para el cálculo del gasto máximo de diseño y de los diámetros de las conducciones, o también al grado de precisión requerido en los resultados.

Los métodos simplificados permiten estimar aproximadamente las características más importantes del hidrograma provocado por una tormenta (generalmente para efectos de diseño, se trata de una tormenta ideal obtenida estadísticamente). Estos criterios van desde la fórmula racional, que solamente permite estimar el

valor del gasto máximo o de pico, hasta los del tipo Chicago, con los que se estiman las transformaciones que sufre el hidrograma a través de las diferentes fases del fenómeno.

El tipo de modelo lluvia-escorrentía que debe utilizarse en cada caso particular depende básicamente de las características fisiográficas de la cuenca, como son: su área, su longitud y pendiente del cauce principal, tipos de estructuras de alcantarillado o de regulación que en ella existan o que se tenga planeado construir (colectores, presas, canales artificiales, etc.) y de la información disponible.

Los modelos que se describirán en este capítulo son hidrogramas unitarios sintéticos, debido a que por ahora, no se dispone de mediciones adecuadas en zonas urbanas que permitan obtener un hidrograma unitario directamente de las mediciones. En todo caso, si excepcionalmente se dispusiera de mediciones simultáneas y confiables de lluvia y escurrimientos, el hidrograma unitario podría obtenerse utilizando procedimientos estándar, aunque también, en esos casos, debe tomarse en cuenta que la cuenca para la que se diseña, puede sufrir futuros cambios producidos por el proceso de urbanización.

El hidrograma unitario sintético es un método hidrológico que relaciona lluvia efectiva con el escurrimiento directo y por ello es necesario calcular un hidrograma de lluvia efectiva, es decir, el que se obtiene de restar las pérdidas al hidrograma de lluvia total.

Finalmente, cabe mencionar que los modelos simplificados constituyen una herramienta muy importante, probablemente la más útil, para diseñar redes de alcantarillado pluvial, por lo que en la literatura especializada frecuentemente se les clasifica como métodos de diseño. Sin embargo, su uso puede extenderse a problemas de operación o al diseño de estructuras de regulación o protección. Por otra parte, el diseño de redes de alcantarillado implica también calcular el funcionamiento hidráulico de los colectores y estructuras especiales, tomando en cuenta las restricciones para minimizar los costos de construcción y las posibilidades de falla estructural en las tuberías.

#### IV.4.4. CÁLCULO DE PÉRDIDAS.

Si durante una tormenta se miden simultáneamente la lluvia y el escurrimiento, las pérdidas se definen como la diferencia del volumen total que llovió en la cuenca menos el que se convirtió en escurrimiento directo.

Para calcular la forma en que se distribuyen las pérdidas en el tiempo, se puede recurrir básicamente al criterio del coeficiente de escurrimiento.

Con este criterio se supone que las pérdidas en cada momento son proporcionales a la intensidad de la lluvia. La constante de proporcionalidad se considera una característica particular de cada cuenca y se denomina coeficiente de escurrimiento. Se calcula con la siguiente expresión:

$$C_c = \frac{V_{ed}}{V_{II}} \dots \dots \dots (4.12)$$

donde:

$C_c$  = Coeficiente de escurrimiento.

$V_{ed}$  = Volumen de escurrimiento directo.

$V_{II}$  = Volumen total llovido.

El coeficiente de escurrimiento puede estimarse relacionando los valores de la tabla 3.6 (obtenidos para tormentas con 5 a 10 años de periodo de retorno), con las características de la cuenca en estudio.

#### IV.4.5. HIDROGRAMAS UNITARIOS SINTÉTICOS.

Como se dispone de pocas mediciones precisas de lluvias y escurrimientos en zonas urbanas, algunos autores proponen usar hidrogramas unitarios sintéticos, obtenidos mediante relaciones entre la forma de los hidrogramas de escurrimiento medidos, y las características físicas de la cuenca, como su área y la longitud de la pendiente de su cauce principal. Generalmente los estudios realizados se enfocan a calcular el gasto y los tiempos pico y base del hidrograma unitario. La mayor parte de los métodos que se presentan en la literatura se han obtenido para cuencas naturales y sólo algunos para cuencas urbanas; aquí se describen únicamente dos de ellos, uno para cada condición.

**1. Hidrogramas unitarios sintéticos en una cuenca natural.** Aún en el interior de las cuencas urbanas, hay zonas que no tienen ningún grado de urbanización, por lo que se debe conocer el gasto que escurre por ellas. La estimación del gasto máximo y la forma aproximada de los hidrogramas puede realizarse mediante hidrogramas unitarios sintéticos como se describe a continuación.

a) *Hidrograma unitario triangular*. Si es poca la información disponible y no se requiere de mucha precisión en la forma del hidrograma de escurrimiento, se puede utilizar el hidrograma unitario triangular ( HUT ). Para definirlo sólo se necesita conocer las principales características físicas de la cuenca.

De la geometría de la figura 4.8 se obtiene el gasto pico,  $Q_p$ , del HUT a partir de la ecuación:

$$Q_p = 0.208 \frac{A}{T_p} \dots\dots\dots(4.13)$$

donde:

- $Q_p$  = Gasto pico, en  $m^3/s$ .
- $A$  = Área de la cuenca, en  $km^2$ .
- $T_p$  = Tiempo de pico, en h.

El tiempo pico se obtiene de:

$$T_p = 0.5 D + T_r \dots\dots\dots( 4.14 )$$

donde:

- $T_p$  = Tiempo pico, en h.
- $D$  = Duración efectiva de la tormenta, en h.
- $T_r$  = Tiempo de retraso, en h.

El tiempo de retraso es el que transcurre entre el centro de gravedad del hietograma de lluvia efectiva y el tiempo de pico del hidrograma ( figura 4.8.a ), se estima con la siguiente expresión:

$$T_r = 0.6 T_c \dots\dots\dots(4.15)$$

donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración, en horas.

El tiempo de concentración, para un punto dado dentro de la cuenca, se define como el que tardaría una partícula en viajar, desde ese punto, hasta la salida de la cuenca. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$T_c = T_{cs} + T_t \dots (4.16)$$

donde:

$T_c$  = Tiempo de concentración total, en h.

$T_{cs}$  = Tiempo de concentración sobre las superficies, en h.

$T_t$  = Tiempo de traslado a través de los colectores, en h.

La ecuación 4.16 es de tipo general; cuando no existen colectores dentro de la cuenca,  $T_c$  es igual a  $T_{cs}$ .

Para conocer  $T_{cs}$  se puede utilizar la fórmula propuesta por Kirpich.

$$T_{cs} = 0.0003245 \left[ \frac{L}{S^{1/2}} \right]^{0.77} \dots (4.17)$$

donde:

$L$  = Longitud del cauce principal, en m.

$S$  = Pendiente media del cauce principal, adimensional.

Algunos autores proponen otras fórmulas para calcular el tiempo de concentración a través de la superficie; sin embargo, la ecuación 4.17 ha sido utilizada más frecuentemente en México y por ello se recomienda, a menos que existan razones especiales para utilizar otras.

Para calcular la pendiente media del cauce principal existen también varios métodos, la selección del más adecuado depende de la precisión de los datos sobre el perfil del cauce.

Para determinar el tiempo de traslado en los colectores se utilizará la siguiente expresión:

$$T_t = \frac{l}{V} \dots (4.18)$$

ESTA TESIS NO DEBE SAIR DE LA BIBLIOTECA

donde:

$l$  = Longitud del tramo considerado, en m.

$V$  = Velocidad en el conducto, en m/s.

Sustituyendo la ecuación 4.15 en la ecuación 4.16 queda:

$$T_p = 0.5 D + 0.6 T_c \dots\dots\dots(4.19)$$

donde:

$T_p$  = Tiempo pico, en h.

$D$  = Duración efectiva de la tormenta, en h.

$T_c$  = Tiempo de concentración total, en h.

b) *Hidrograma unitario adimensional*. Este modelo puede mejorar la definición de la forma del hidrograma utilizando los resultados obtenidos por el "Soil Conservation Service" de los E.U.A., sintetizados en la figura 4.8.b. Para aplicar el método, sólo se necesita calcular el gasto y el tiempo pico.

El gasto pico se obtiene de la expresión:

$$q_u = \frac{A}{4.78 T_p} \dots\dots\dots(4.20)$$

donde:

$q_u$  = Gasto pico, en  $m^3/s/mm$ .

$A$  = Área de la cuenca, en  $km^2$ .

$T_p$  = Tiempo pico, en h.

El tiempo pico se calcula utilizando la ecuación 4.14 con:

$$D = \left(\frac{2}{3}\right)(T_c)^{1/2} \dots\dots\dots(4.21)$$

donde:

D = Duración efectiva de la tormenta, en h.

Tc = Tiempo de concentración total, en h.

Conocidos  $q_u$  y  $T_p$ , el hidrograma se obtiene de la siguiente manera:

1. Se escoge un valor de  $T/T_p$  y, con la figura 4.8.b se obtiene  $q/q_u$ .
2. De  $q/q_u$  se despeja  $q$ , ya que se conoce  $q_u$ .
3. Del valor  $T/T_p$  seleccionado se despeja  $T$ , ya que se conoce  $T_p$ .
4. Se construye una gráfica con los valores de  $q$  y  $T$  obtenidos en los pasos 2 y 3 respectivamente.
5. Se repiten los pasos 1 al 4 tantas veces como sea necesario, para definir la forma del hidrograma unitario.

Como se conocen el hietograma de lluvia efectiva y el hidrograma unitario; el hidrograma de escurrimiento directo total se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Q = PU + PU + PU + \dots + PU \dots\dots\dots( 4.22 ).$$

$$P = 0 \text{ si } i > NP$$

donde:

$N_p$  = Número de barras del hietograma.

Debe recordarse que para aplicar la ecuación 4.22, se deben utilizar intervalos de igual duración, tanto en el hietograma como en el hidrograma unitario. Si se tiene únicamente el valor de la lluvia efectiva total, y no se tiene la distribución de la lluvia en el tiempo, el hidrograma de escurrimiento directo se obtiene multiplicando cada una de las ordenadas del hidrograma unitario por el valor de la precipitación efectiva, para ello se utiliza la teoría del hidrograma tradicional.

2. **Hidrogramas unitarios sintéticos a la salida de un sistema de colectores ( en una cuenca urbana ).** Para analizar el funcionamiento de la red primaria o de los elementos del sistema general de desagüe es necesario determinar primero los hidrogramas que ingresan a los diferentes puntos de la red. Estos hidrogramas, en realidad son las descargas de la red secundaria y se determinan en la práctica mediante métodos simplificados. Para entender mejor las bases del método de cálculo que se propone, considérese el siguiente problema.

Sobre una superficie impermeable inclinada ( figura 4.9.a ) se presenta una lluvia uniforme ( figura 4.9.b ). Si la velocidad del escurrimiento sobre la superficie fuera  $V = 100$  m/min, resultaría que, al cabo del primer minuto, toda el área 1 estaría contribuyendo a la descarga, por lo que el gasto en ese instante sería:

$$Q_1 = i_0 A_1$$

Si la lluvia continua durante 4 minutos, los gastos sucesivos en los minutos 2, 3 y 4 serían:

$$Q_2 = I_0(A_1 + A_2)$$

$$Q_3 = I_0(A_1 + A_2 + A_3)$$

$$Q_4 = I_0(A_1 + A_2 + A_3 + A_4)$$

Al cesar la lluvia, la parte más baja de la superficie deja de contribuir a la descarga y poco a poco lo van haciendo también las partes más altas, de manera que los gastos sucesivos en los minutos 5, 6, 7 y 8 serían:

$$Q_5 = I_0(A_3 + A_4 + A_5)$$

$$Q_6 = I_0(A_3 + A_4)$$

$$Q_7 = I_0 A_3$$

$$Q_8 = 0$$

El hidrograma que resulta se muestra en la figura 4.9.c.

El ejemplo anterior sería una idealización tosca de lo que sucede en una red secundaria. Mediciones realizadas en sistemas reales muestran, sin embargo, que tal aproximación es bastante útil si se hacen pequeñas modificaciones relacionadas con dos hechos importantes, a saber:

- a) La determinación de la lluvia es en general, menos brusca de lo que se consideró en el ejemplo, por lo que la rama de descenso del hidrograma es un poco más larga que la del ascenso.
- b) Debido a que la red primaria se diseña generalmente para un periodo de retorno mayor que el considerado para la secundaria, es probable que esta última llegue a trabajar llena, en cuyo caso la capacidad de descarga se limita y esto da origen a hidrogramas cuya forma se semeja más a un trapecio que a un triángulo.

Por lo anterior, se recomienda calcular el hidrograma de descarga a la salida de una red secundaria mediante el siguiente procedimiento:

1. Calcular primero el volumen de la avenida, como el producto de la precipitación seleccionada por el coeficiente de escurrimiento y por el área de la cuenca.
2. Estimar el tiempo de concentración  $T_c$  de la cuenca. Para la red primaria, la duración de la lluvia resulta de comparar el resultado de  $D = \left(\frac{2}{3}\right)(T_c)^{1/2}$  y  $D = 3$  h; la duración definitiva será la menor. Para el sistema principal, la duración de la lluvia efectiva será de 6 h. utilizando la fórmula de Manning, se calcula el tiempo de traslado dentro de los colectores ( ecuaciones 4.16 a 4.18 ); finalmente, se estima el tiempo de pico ( ecuación 4.19 ).
3. Suponer el hidrograma triangular con un tiempo pico igual al calculado en 2 y un tiempo base igual a 2.4 veces dicho tiempo ( figura 4.10.a ).
4. Calcular el gasto máximo  $Q_p$  dividiendo el volumen calculado en 1 entre 1.2 veces el tiempo de pico calculado en 2.
5. Comparar el gasto máximo con la capacidad de conducción del sistema secundario, dicha capacidad puede calcularse aproximadamente con la fórmula de Manning, suponiendo que la pendiente hidráulica es tal que no se provocan derrames aguas arriba. Si no se conoce el perfil del terreno a lo largo del cauce principal, se acepta que la capacidad del sistema corresponde a un gasto con periodo de retorno de 3 años. Del resultado del gasto máximo se derivan dos opciones.
  - a) Si es igual o menor que la capacidad del sistema secundario  $Q_s$ , el gasto máximo es correcto y el hidrograma es triangular, como el de la figura 4.10.a.

b) Si la capacidad del sistema es menor que el gasto máximo  $Q_p$  calculado inicialmente, se utiliza el siguiente criterio:

- Se obtiene el coeficiente  $k_1 = Q_p/Q_s$ .
- Con ayuda de la figura 4.10.b se obtiene el factor  $F_1$ .
- Se obtiene una capacidad teórica  $Q_p$  a partir de la cual se determina la forma del hidrograma ( figura 4.10.b ).

#### **IV.5. ALCANTARILLADO COMBINADO.**

Cuando se diseña un sistema de alcantarillado combinado, se recomienda considerar solamente la aportación pluvial en virtud de que los gastos de aguas residuales en general son mucho menores que los pluviales. Sin embargo, en los sistemas cuyo diseño se incluyen obras de regulación, el volumen del gasto residual puede ser importante y por tanto, habrá que considerar ambos tipos de aportaciones.

#### **IV.6 SITIO DE DESCARGA.**

La selección del sitio de vertido es muy importante para el proyecto, primero se selecciona uno o varios sitios de vertido, que variarán según las circunstancias particulares, podrá ser un colector troncal o principal de la red existente, una planta de bombeo o una planta de tratamiento.

En general el sitio de vertido será un punto bajo del área a servir. La elección del sitio permite plantear las diferentes alternativas en el trazo del sistema en cuanto a arreglo y disposición de la red; también permite definir las áreas tributarias, la localización de los colectores troncales y principales y si es el caso, la necesidad de estaciones de bombeo. Para la selección del sitio de vertido, debe pensarse en su ubicación respecto al área por servir, la naturaleza y gasto de la corriente receptora o del emisor y en la estructura del vertido.

## IV.7. ATARJEAS Y COLECTORES.

### IV.7.1. DIMENSIONES TENTATIVAS.

Para determinar el diámetro aproximado de los conductos, se considera que el gasto máximo escurre con flujo uniforme y a tubo lleno, pero sin causar presión interior. Para el cálculo se utiliza la fórmula de Manning, en la que para un gasto, se requiere una combinación de diámetro y pendiente que satisfaga la ecuación:

$$D = (3.21 * n * Q)^{3/8} S^{3/16} \dots \dots \dots (4.23)$$

donde:

- D = Diámetro interior del tubo, en m.
- n = Coeficiente de Manning, adimensional.
- Q = Gasto, en m<sup>3</sup>/s.
- S = Pendiente de la tubería, en fracción decimal.

El valor de n puede considerarse de 0.013 para tuberías de concreto prefabricado y de 0.016 para tuberías de concreto colados en sitio.

El problema principal radica en el número posible de alternativas que pueden analizarse con el fin de elegir el proyecto de menor costo. La forma usual de cálculo manual y comparación posterior de costos consume mucho tiempo y limita el número de alternativas.

### IV.7.2. SELECCIÓN DE TUBERÍAS.

Existen varias opciones de materiales para la fabricación de las tuberías para los sistemas de alcantarillado. Cada tipo de material se debe evaluar cuidadosamente antes de hacer la selección. En la tabla 4.8 se presentan los principales materiales para la fabricación de tuberías de alcantarillado.

Las tuberías de concreto prefabricado, desde un diámetro mínimo de 0.15 m hasta un máximo de 2.44 m, son las más empleadas. En caso de necesitarse un diámetro mayor, el conducto tiene que ser colado en sitio.

Las tuberías de concreto simple que se utilizan con diámetros de 0.30, 0.38, 0.45 y 0.60 m, según el espesor de sus paredes se pueden clasificar en de "pared normal" o de "pared gruesa"; las de pared normal son las más utilizadas, las de pared gruesa sólo se usan en casos excepcionales. Las tuberías de concreto reforzado se utilizan para diámetros de 0.76 hasta 2.44 m.

En la fabricación y construcción de tuberías de concreto se recomienda utilizar cemento tipo V, cemento Portland de alta resistencia a los sulfatos y cemento Portland-puzolana.

La clase de tubería por emplear en las redes de alcantarillado pluvial, y que deberá especificarse en los proyectos respectivos, estará de acuerdo con la profundidad de su instalación, de su diámetro, de los rellenos y cargas vivas que deba soportar, así como del tipo de cama que se emplee.

En los proyectos de descargas domiciliarias se especificará tubería de concreto simple, codos de 45° y slants de 15 cm de diámetro. Cuando la conexión de albañal se haga a tuberías principales, es conveniente que dichas tuberías cuenten con "Yes" de 15 cm de diámetro integradas a ellas y por lo tanto, se utilice en la conexión sólo un codo de 45° y 15 cm de diámetro, lo anterior permitirá que la conexión sea perfecta y no haya obstrucciones que disminuyan la sección hidráulica y dificulte la limpieza del conducto principal.

Una tubería debe conducir el gasto máximo deseado y transportar los sólidos que lleve el agua, de manera que los depósitos sean mínimos cuando el gasto disminuya, para ello es necesario establecer valores de la velocidad del escurrimiento que satisfagan esos requerimientos.

La velocidad mínima aceptable depende de la cantidad y tipo de sedimentos que lleven las aguas, de los periodos prolongados con que se presenten los caudales mínimos y de la topografía del área por servir.

#### IV.7.3. TRANSICIONES.

El cambio de una sección a otra en las conexiones y las variaciones de dirección o pendiente en las tuberías, se hace por medio de una transición dentro de un pozo de visita o caída especial.

❖ CONEXIONES. Las conexiones entre dos conductos, con excepción de las descargas domiciliarias, se efectúan empleando pozos de visita o pozos caja.

❖ **CAMBIOS DE DIRECCIÓN HORIZONTAL.** Se llevan a cabo dentro de un pozo de visita como sigue:

1. Cuando el diámetro sea de 0.61 m o menor, los cambios de dirección de hasta 90° en la tubería pueden hacerse en un sólo pozo de visita. Tuberías de mayor diámetro y ángulo de deflexión de mayor magnitud, producen mayor pérdida de energía y azolvamiento en el pozo.
2. Cuando el diámetro sea mayor de 0.61 m, un pozo o pozo - caja de visita puede emplearse para cambiar la dirección de la tubería hasta en 45°. Si se requieren deflexiones mayores, se emplearán tantos pozos o pozos. caja como ángulo de 45° o fracción sean necesarios.

❖ **CAMBIOS DE PENDIENTE.** Cualquier cambio de pendiente en los conductos se efectúa en pozos o pozos caja de visita.

#### IV.7.4. CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

El flujo en una red de alcantarillado no es permanente ni uniforme, varía con el tiempo y el espacio, sin embargo, considerar estas condiciones reales de escurrimiento es un refinamiento innecesario por las dificultades para conocer el verdadero hidrograma de ingresos a la red y por la deficiencia en la información hidrológica. Es por tanto, costumbre suponer la existencia de flujo uniforme a superficie libre en cada conducto. Desde luego en conductos grandes, si se justifica un análisis más refinado.

A continuación se presentan algunas recomendaciones para el diseño.

**SISTEMA SANITARIO.** Para evitar la producción de sulfatos y para asegurar la ventilación, no es recomendable que los conductos de un sistema funcionen llenos o casi llenos; por esta razón, normalmente se toma en consideración cierta capacidad de reserva al determinar el diámetro.

El gasto máximo instantáneo que escurre en el conducto depende de la población servida y es aproximadamente el doble del gasto medio. Las atarjeas con diámetro hasta de 38 cm se diseñan normalmente para conducir el gasto máximo instantáneo con tirante igual a la mitad del diámetro. Los conductos de mayor diámetro se diseñan para conducir el gasto máximo instantáneo con tirante igual a tres

cuartos del diámetro. El criterio anterior equivale a diseñar el conducto funcionando totalmente lleno, sin presión y conduciendo el llamado gasto máximo extraordinario.

**SISTEMA PLUVIAL.** La práctica de diseño más común es considerar al conducto lleno y sin presión, conduciendo el gasto máximo calculado hasta el sitio en que inicia dicho conducto.

**SISTEMA COMBINADO.** El gasto máximo de diseño equivale a la suma del máximo instantáneo de aguas residuales y del máximo pluvial. Con el gasto total, el diseño corresponde al funcionamiento como tubo totalmente lleno sin presión.

La fórmula de Manning es la más empleada en conducciones a superficie libre donde ocurre flujo uniforme. Su aplicación también se extiende al diseño de los conductos de una red de alcantarillado para el mismo tipo de escurrimiento.

Para un tubo completamente lleno,  $R_h = D/4$  y la fórmula se convierte:

$$V = \frac{0.3969}{n} D^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(4.24)$$

y en términos del gasto:

$$Q = \frac{0.3137}{n} D^{8/3} S^{1/2} \dots\dots\dots(4.25)$$

o bien:

$$D = \frac{(3.2084nQ)^{3/8}}{S^{3/16}} \dots\dots\dots(4.26)$$

En virtud de que en cualquier tipo de sistema las consideraciones de diseño siempre implican tubo lleno, las tres versiones anteriores de la ecuación son auxiliares valiosos para el diseño de los conductos de la red. Existen tablas y nomogramas que resuelven la ecuación y permiten acelerar los cálculos, pero se debe considerar que es necesario utilizar, finalmente los valores comerciales de los diámetros de las tuberías por emplear.

El método de cálculo consiste en las siguientes etapas:

- a) Determinar el gasto máximo y mínimo que conducirá el tubo por diseñar. los valores del gasto que corresponden al de aguas residuales si el sistema es sanitario; o al de aguas de lluvia, si el sistema es combinado.
- b) Elegida la pendiente del conducto, se utiliza la fórmula de Manning para calcular su diámetro comercial, de manera que sea capaz de conducir un gasto igual o mayor que el total. Para ello se pueden utilizar tablas y nomogramas que facilitan los cálculos, o de preferencia calculadoras de escritorio.
- c) Se verificará el funcionamiento hidráulico del control de manera que satisfaga los límites de velocidad permisible.

Una manera de sistematizar los cálculos es mediante tablas para ser llenadas durante el proceso.

#### IV.7.5. ESTRUCTURAS DE ACCESO Y ESPECIALES.

Existen numerosas estructuras de acceso y especiales cuyo objetivo principal es auxiliar el buen funcionamiento de la red de alcantarillado. Estas estructuras incluyen desde un pozo de visita, hasta embalses y muros marginales de protección. En este subinciso se analiza el empleo de las obras pequeñas indispensables para la red. En especial, se trata aquí los pozos y cajas de visita, las descargas domiciliarias, las bocas de tormenta y las obras para resolver interferencias con otras estructuras.

##### • POZOS DE VISITA COMUNES Y POZOS - CAJA DE VISITA.

Con el nombre genérico de "pozo de visita" se denominan las estructuras que permiten el acceso desde la superficie de la calle a los conductos de la red. Estas estructuras facilitan la inspección, la limpieza y la ventilación del interior, con el mínimo de interferencia en el escurrimiento del conducto y la máxima durabilidad. El cuerpo y la base de cimentación del pozo de visita común, permiten también realizar otras funciones específicas que son unir dos o más tuberías, cambiar la dirección, pendiente longitudinal, diámetro

y material de los conductos; y dar acceso a estructuras especiales. El pozo de visita común se construye sobre conductos hasta de 0.91 m de diámetro.

Los pozos de visita proporcionan acceso rápido a los servicios de mantenimiento preventivo; se sitúan en las uniones de atarjeas y colectores y en los cambios de pendiente y dirección. Cuando se van a unir dos o más conductos en una intersección de calles, pero dentro del derecho de vía, con el fin de evitar congestión en la superficie y en la subestructura, además de que se proporciona espacio para el personal de mantenimiento. También es recomendable colocar pozos de visita en las cabezas de atarjeas para facilitar su inspección y limpieza.

El espaciamiento entre pozos varía según los métodos de mantenimiento disponibles. La D.G.C.O.H. especifica separaciones que van desde 15 metros hasta 80 metros, según el diámetro del tubo.

Los pozos-caja de visita son estructuras con funciones específicas semejantes a la de los pozos comunes, pero que se utilizan en conductos de diámetro mayor que 0.90 m. Para tener acceso a ellas, puede requerirse de una o más chimeneas de tabique o concreto.

**Pozos de visita comunes.** Los pozos de visita comunes son cilíndricos en la parte inferior y troncocónicos en la parte superior; tienen las dimensiones superiores suficientes para permitir tanto el fácil acceso a un trabajador, como para maniobrar en su interior. El piso consiste en una plataforma sobre la cual se construyen canales de sección semicircular que simulan la prolongación de los conductos para encauzar los escurrimientos. Una escalera de peldaños de fierro fundido, empotrada en la pared, permite el descenso del personal de conservación y operación. Un brocal de fierro fundido o concreto protege la desembocadura del pozo en la superficie, y una tapa perforada también de fierro fundido o concreto, cubre la boca de entrada. La desembocadura puede sobreelevarse verticalmente para permitir la renivelación del brocal al repavimentar la calle.

A profundidades de 1.50 m o menores, los pozos de visita tienen forma de botella y diámetro variable. A profundidades mayores de 1.50 m, la parte cilíndrica se construye con el diámetro necesario, de acuerdo con el que tienen las tuberías que a él concurren. Las paredes de la parte troncocónica tienen una inclinación de 60° que remata en otra parte cilíndrica de 0.60 m de diámetro inferior y 0.25 m de altura aproximada, la cual recibe el brocal y su tapa.

Las paredes de los pozos de visita se construyen normalmente de tabique de 21 cm de espesor mínimo, cualquiera que sea su profundidad, aunque también se pueden construir de concreto o mampostería de piedra.

Las paredes llevan aplanado interior con mortero cemento-arena 1:3 y espesor mínimo de 1.0 cm; también se aplanan el exterior cuando se quiere evitar la entrada de aguas freáticas o pluviales. La cimentación del pozo puede ser de mampostería o de concreto, que se reforzará con acero en caso de que el terreno de cimentación sea muy suave.

La D.G.C.O.H. ha estandarizado la construcción de pozos de visita, por lo que sus dimensiones y detalles constructivos se describen en diferentes planos tipo, también se consideran brocales de concreto, de fierro fundido, escalones de fierro fundido y tapas de concreto y de fierro fundido.

**Pozos-caja de visita.** La deflexión de un conducto y la intersección de uno o más conductos de diámetro mayor a 0.91 m, se hace mediante una caja de concreto reforzado, los muros de concreto llegan hasta el nivel del lomo del tubo. Encima se coloca una losa para tapar la caja y una chimenea de tabique de 1.20 m de diámetro, hasta llegar a la superficie del terreno. Cuando el costo lo justifique y la operación lo permita, la D.G.C.O.H. utiliza chimeneas de concreto de 0.90 m de diámetro. El acceso a estos pozos es mediante una escalera portátil. Las dimensiones de la estructura varían según el diámetro de los conductos y se amplían a colectores hasta de 2.44 m de diámetro.

**Pozos de visita en colectores colados en sitio.** Generalmente, los colectores de más de 2.44 m de diámetro se cuelan en el sitio; el pozo de visita se construye en forma integrada con el colector. La D.G.C.O.H. tiene los planos tipos estandarizados para este tipo de pozos que contienen la preparación para conectar atarjeas y colectores con diámetro no mayor de 1.22 m, así mismo existe otro plano tipo que es una adaptación del mismo pozo de visita, este modelo utiliza un tubo de 0.91 m de diámetro en la chimenea para acelerar la construcción y disminuir el costo.

**Pozos de visita con caída y pozos-caja con caída.** Frecuentemente, la topografía del área por servir hace necesaria la unión de dos ó más conductos con diferentes elevaciones de plantilla, ya sea de diámetros iguales o distintos. Los pozos de visita con caída y los pozos-caja con caída, son las estructuras que permiten absorber los cambios bruscos de nivel, amortiguan la energía excedente ganada por el agua sin interferir más que mínimamente con la hidráulica del escurrimiento en cada conducto. Los pozos de visita con caída se usan exclusivamente en desniveles hasta de 3.0 m; el pozo-caja con caída es el que se usa en caídas mayores.

**Pozos de visita con caída libre y pozos-caja con caída libre.** Los pozos de visita con caída libre conectan una o varias atarjeas con un conducto de mayor diámetro en el fondo; entre ellos, el desnivel es hasta de 3.0 m. La estructura se convierte entonces en un pozo de visita común al que llegan las atarjeas a un nivel superior con profundidad de 1.20 m, el agua cae de una altura no mayor de 3.0 m, la separación mínima entre estos pozos será de 15 m.

Cuando la caída del agua es mayor de 3.0 m, el proyecto cambia a un pozo-caja.

Los pozos-caja con caída, dependiendo de las dimensiones de sus conductos y de los desniveles por vencer, presentan otras dos variantes que se describen a continuación.

**Pozos-caja con caída y deflector.** En el interior de la caja de este tipo de pozo se construye una pantalla que funciona como deflector del caudal que proviene del tubo más elevado, disipando la energía excedente, existen proyectos tipo (SAHOP 1979) que se adaptan a las necesidades de cada caso. La SEDUE utiliza este tipo de pozos-caja para conectar tuberías con diámetros desde 0.30 m hasta 0.76 m y desniveles hasta 1.50 m.

**Pozos-caja con caída escalonada.** En los pozos-caja con caída escalonada, el desnivel por vencer se reparte en escalones de 0.50 m en 0.50 m hasta llegar al máximo. Los escalones están provistos de dos chimeneas; una coincide con la entrada de la tubería de mayor elevación de plantilla y la otra, con la salida de la tubería con menor elevación de plantilla. Existen proyectos tipo (SAHOP 1979) que se adaptan a las necesidades de cada caso. La SEDUE utiliza este tipo de pozos-caja para conectar tuberías con diámetros de 0.91 m a 2.44 m y desniveles hasta de 2.50 m.

**Descargas domiciliarias.** Generalmente, las Delegaciones políticas del D.F., tienen a su cargo la instalación de los albañales exteriores que conectan al sistema sanitario del usuario con la red de alcantarillado, pero en algunas ocasiones, la D.G.C.O.H. le indica al proyectista que los incluya en sus diseños. Estos albañales son tubos de concreto de 0.15 m, que se instalan fuera del domicilio del usuario, a un metro de profundidad y con pendiente mínima de 2 %. La conexión con atarjea, subcolector o colector se ejecuta instalando un codo de 45° y un slant, deben ser del mismo material que la tubería por conectar y del mismo diámetro que la descarga domiciliaria.

**Captaciones de aguas pluviales.** Las captaciones de aguas pluviales conocidas como bocas de tormenta, son las estructuras utilizadas para captar los escurrimientos superficiales de las calles y conducirlos a la red de

alcantarillado. Constituyen una parte fundamental del sistema de alcantarillado pluvial ya que, por una parte, de su diseño y localización adecuados, depende el desalojo correcto de las aguas superficiales y, por otra parte, su costo es una parte importante del costo total del sistema.

**CLASIFICACIÓN:** Normalmente las bocas de tormenta se construyen con elementos prefabricados de dimensiones estándar y se instalan sobre la banqueta o cerca de ella; en algunos casos especiales, se colocan en el arroyo de la calle. Estas estructuras se clasifican, atendiendo a su ubicación y a su función en:

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| ①. Con coladera de banqueta.        | ④. Longitudinal de banqueta.  |
| ②. Con coladera de piso.            | ⑤. Transversal de calle.  |
| ③. Con coladera de piso y banqueta. | ⑥. Especiales: - con coladera de banqueta y pozo de absorción.<br>- con coladera pluvial en pasos a desnivel. |

En la figura 4.11 se ilustran los primeros cinco tipos de boca de tormenta; como puede observarse, las que llevan coladeras de banqueta, de piso o ambas, pueden construirse al ras del pavimento o sobre una superficie deprimida. La descripción de los diferentes tipos de bocas de tormenta, algunas de sus ventajas, comentarios sobre su utilización, aparecen en la tabla 4.9.

**SELECCIÓN.** La participación del proyectista en la definición de las estructuras para captar aguas pluviales varía dependiendo del caso específico. Por ejemplo, en el caso de proyectos de alcantarillado en colonias populares, es usual que la D.G.C.O.H. se haga cargo de las redes, desde su proyecto hasta su construcción; pero la delegación política correspondiente instala las descargas domiciliarias, y la Dirección General de Obras Públicas del D.D.F., se hace cargo de la pavimentación e instala las captaciones pluviales y los albañales pluviales. En otros casos la D.G.C.O.H. suele indicar al proyectista que incluya en sus planos la ubicación de las captaciones pluviales, además de seguir las indicaciones sobre la utilización de las bocas de tormenta de la tabla 4.9 y las siguientes recomendaciones.

- ① En las bocas de tormenta ilustradas en la figura 4.11 (c, f y h) conviene que el plano de la reja tenga la mayor inclinación posible sin que se afecte la seguridad del tránsito de vehículos ligeros, como las bicicletas.
- ② Las dimensiones de las coladeras y el espaciamiento entre ellas deben ser tales que una parte del gasto que llegue a cada una (del 5 % al 10 %), pase a la siguiente en la dirección del escurrimiento. Esto

último se podría hacer siempre que el excedente de agua no cause molestias a los peatones y dificulte el tránsito de vehículos y siempre que la coladera no se encuentre en una zona baja del terreno.

③ Para el caso de vialidades con tránsito alejado de la banqueta, se recomienda:

- a) Utilizar coladeras de piso deprimido o de piso y banqueta ( figura 4.11 d y f ), con barrotes en el sentido longitudinal de la calle, siempre que no se prevean problemas mayores de taponamiento.
- b) Cuando se prevean problemas de taponamiento, aún para gastos pequeños de diseño, conviene utilizar coladeras de banqueta y piso deprimido ( figura 4.11 b ). Si el gasto de diseño es grande, conviene utilizar coladeras combinadas con el piso deprimido y barrotes en el sentido longitudinal de la calle, las coladeras de piso y banqueta ( figura 4.11 f ) tendrán menor posibilidad de taponamiento y la máxima capacidad, si la abertura en la banqueta se hace aguas arriba de la coladera de piso y los barrotes en el sentido longitudinal.

④ En las vialidades con tránsito próximo a la banqueta, se recomienda utilizar coladeras de banqueta o de piso y banqueta ( figura 4.11 a y f ), con barrotes en el sentido longitudinal.

⑤ En vialidades con poca o ninguna pendiente, se recomienda:

- a) Inclinar el pavimento ligeramente en ambas direcciones hacia una coladera de piso; cuando la calle es plana, utilizar coladeras de banqueta o de piso y banqueta en zonas bajas, con el fin de reducir la inundación que se presentaría en caso de taponamiento.
- b) Utilizar coladeras de piso, o de piso y banqueta de gran capacidad en zonas bajas, al pie de calles inclinadas, para admitir el gasto que rebase a coladeras aguas arriba, inundadas o taponadas.
- c) Considerar capacidades de diseño reducidas en coladeras de piso en zonas bajas, debido a que tienen tendencia a taponarse. Se sugiere que las capacidades de diseño se reduzcan como sigue: 10 % para coladeras de banqueta, 20 % para coladeras de piso y banqueta y 30 % para coladeras de piso.

**Vertedores laterales.** En algunos casos de alcantarillado combinado en las zonas altas del D.F., es necesario separar las aguas residuales de las pluviales, para que las primeras sean conducidas por un alcantarillado

sanitario hasta las partes bajas y las excedentes de aguas pluviales, en épocas de lluvia puedan verterse a las barrancas que los conduce al sistema general del drenaje para ser expulsados fuera del D.F.

**Interferencia con otras estructuras.** En el D.F., los conductos de las redes de alcantarillado tienen múltiples interferencias con: vías de ferrocarril, arroyos, ríos, validades importantes, líneas del metro, ductos, cables de energía eléctrica y teléfono, tuberías de agua potable, oleoductos, etc.

Al obtener la información básica para elaborar el proyecto de alcantarillado, es muy importante recabar todos los datos necesarios para identificar las interferencias mencionadas, su conocimiento es indispensable para el proyectista y aún más para el constructor, con el fin de evitar daños que pueden ser costosos y en ocasiones muy graves y peligrosos.

En muchos de los casos de interferencia de colectores con conductos de diversos tipos, es factible elegir una ruta distinta para el colector o para los otros ductos; cuando no lo es, la D.G.C.O.H. llega a un acuerdo con la dependencia involucrada y si es necesario, cubre los costos de las modificaciones que tuvieran que hacerse en las otras instalaciones.

#### • CRUCES CON VÍAS FÉRREAS.

Es muy común que el trazo del proyecto de un colector atraviese una vía férrea existente. Los proyectos para hacer los cruces deben cumplir con los requerimientos de la D.G.C.O.H., en cuanto a tener un funcionamiento hidráulico correcto, y debe satisfacer las especificaciones de Ferrocarriles Nacionales de México ( FNM ). La D.G.C.O.H. puede realizar las obras correspondientes, siempre que sólo afecten al terraplén; pero si el cruce implica hacer cambios en rieles, durmientes y balasto, la única dependencia autorizada para realizar los trabajos es Ferrocarriles Nacionales de México, esta dependencia hace las obras y carga los costos a la D.G.C.O.H.

Para no interferir con el tránsito sobre la vía férrea, se hace casi imprescindible hincar la tubería que constituye el colector. La estructura de apoyo requerida es complicada; consiste en construir en el subsuelo dos cajas de concreto reforzado y dos pozos de visita, una a cada lado del terraplén del ferrocarril. La primera caja, llamada de "disparo", sirve de apoyo para bajar los tramos de tubo por el pozo hasta el nivel deseado; ahí se hinca con gatos de la capacidad adecuada, con el fin de cruzar la vía en el tramo de "llegada", se construye en el otro extremo para apoyar al colector en su ubicación final.

- ♦ CRUCE CON VIALIDADES IMPORTANTES. ARROYOS Y RIOS.

Hay tres opciones para cruzar estos obstáculos, con una zanja a cielo abierto, hincando la tubería por debajo del obstáculo, o con un sifón invertido. La primera opción es más económica y puede utilizarse cuando el colector es poco profundo. La segunda, en la que se emplea el mismo procedimiento que el descrito para cruces de vías férreas, se utiliza en cruces de colectores con viaductos, avenidas, carreteras, arroyos o ríos, donde resulta prácticamente imposible desviar el tráfico o el escurrimiento a otras vías.

- ♦ INTERFERENCIAS CON EL METRO.

Las interferencias de colectores importantes con el Metro, son comunes, porque ambas estructuras se alojan a profundidades semejantes. Estas interferencias son problemáticas para el sistema de alcantarillado porque el sistema de colectores se basa en un funcionamiento por gravedad, es decir con flujo a superficie libre y cualquier alteración en su trazo (alargamiento, desviación o cambio de pendiente), ocasiona modificaciones en el escurrimiento; por ejemplo, se producen remansos aguas arriba que reducen sensiblemente la capacidad con que se diseñaron los colectores. Por tanto, la D.G.C.O.H., procura cuando se están estudiando las interferencias entre Metro y colectores, que se encuentre una ruta distinta para el Metro. Cuando esto no es posible, generalmente la única solución es construir un sifón invertido cuyo diseño se describe a continuación.

**Sifón invertido.** El sifón es un sistema de drenaje urbano casi siempre se refiere a un sifón invertido y que realmente no funciona como tal, ya que todo el conducto queda por debajo de la línea piezométrica, siempre lleno de agua y a presión, aún cuando conduzca poco gasto. El sifón invertido se utiliza para conducir el gasto de un colector por debajo de una obstrucción, como un arroyo o río, una vialidad deprimida o el cajón del Metro; de manera que no se pierda mucha elevación en la plantilla del colector al pasar de un lado a otro. En general, no se recomienda utilizar sifones invertidos en la red de alcantarillado por los problemas de operación y mantenimiento que ocasionan, pero si esa es la única solución para salvar un obstáculo, deberán diseñarse siguiendo las recomendaciones que se presentan a continuación.

Es práctica común, por lo menos en grandes colectores, construir sifones de barril múltiple con el fin de lograr velocidades de autolimpieza en condiciones amplias de variación del gasto.

Los conductos del sifón se diseñan de manera que alcancen 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 agua residual doméstica, y de 1.20 a 1.50 m/s. en caso de agua de lluvia. Para mantener velocidades razonables todo el tiempo, el arreglo de los tubos debe ser tal que entre en servicio progresivamente en la medida que el gasto aumente.

Esto se consigue mediante agujas colocadas en ranuras que pueden aumentar o disminuir la elevación de la cresta, así se logra mayor o menor vertido superior y se controlan los gastos desde el máximo en épocas de estiaje, al máximo en época de lluvias. Estos vertedores se pueden considerar como obstáculos sumergidos que causan pérdida de carga, de magnitud igual a la carga necesaria para producir velocidad sobre la cresta.

Las elevaciones de la cresta dependen de los tirantes en el colector de aguas arriba, según los incrementos de gasto que se consideren en el diseño.

Algunos autores sostienen que en caso de sistemas sanitarios, normalmente no hay necesidad de conductos múltiples, en virtud de que los sólidos que se asientan son arrastrados cuando se presentan gastos mayores.

Los sifones de conducto simple se construyen de conductos prefabricados con diámetros que varían dentro de los comerciales, casi siempre para sistemas sanitarios. Pocas veces es satisfactorio el conducto simple en un sistema combinado, donde resulta más ventajoso utilizar varios tubos. En ambos casos, debido al peligro de azolvamiento de tubos pequeños, los diámetros mínimos utilizados son los mismos que se utilizan en atarjeas, según el tipo de sistema.

En ocasiones se han construido tanques de sedimentación o cajas con rejillas aguas arriba de los sifones invertidos; sin embargo, dificultan su limpieza de los sifones y el material removido de ellas usualmente tiene un olor ofensivo. Los sifones necesitan limpieza más frecuentemente que los conductos de la red de alcantarillado; para facilitar estas tareas, deben evitarse cambios bruscos de dirección, tanto vertical como horizontal y utilizar curvas graduales de radio adecuado. La rama ascendente del sifón no debe ser tan inclinada que dificulte la entrada de la herramienta de limpieza para remover sólidos pesados. A veces se recomienda limitar dicha inclinación al 15 %, aunque también se han obtenido buenos resultados con pendientes mayores.

Por último, deben evitarse cambios de diámetro del tubo, para eliminar atascamientos en la operación de limpieza.

Los pozos y las cajas de visita deben instalarse en cada extremo del sifón, con el fin de proporcionar acceso para las operaciones de limpieza. Los pozos de visita en puntos intermedios son objetables ya que el agua se eleva en ellos y las grasas y desechos flotantes tienden a acumularse dentro del pozo. Sin embargo, si se utilizan compuertas o dispositivos similares para confinar el agua dentro de los tubos, los pozos intermedios tienen ventajas, pues permiten el acceso y la remoción de los depósitos en los puntos más bajos del sifón.

En virtud de que un sifón está sujeto en toda su longitud a presión interna, las paredes trabajan a tensión, ya que son afectadas por las presiones hidrostáticas y de suelos del exterior. Por tanto, estas estructuras se construyen de acero tratado contra corrosión, concreto reforzado u otro material que resista la presión interna. El sifón construido bajo lecho de un río debe tener peso suficiente para evitar que flote cuando este vacío, esto puede suceder durante el periodo de construcción, o cuando se vacíe para repararlo.

En el diseño del perfil, es necesario determinar la pérdida total de energía sumando las pérdidas de fricción y las locales correspondientes a la velocidad de diseño. En el cálculo de la pérdida de fricción, por lo común se utiliza la fórmula de Manning.

La geometría del sifón la dicta el trazo, las dimensiones de la vialidad y la interferencia, así como el desnivel permitido entre el principio y el final del sifón. Para condiciones de flujo uniforme en el colector, el tirante de aguas arriba y aguas abajo es el mismo. De esta manera, las pérdidas en el sifón no deben exceder el desnivel disponible para evitar remanso hacia aguas arriba.

El procedimiento requiere la revisión del funcionamiento para el gasto máximo de estiaje y para el gasto máximo en época de lluvia, siguiendo los pasos que a continuación se indican:

a) Diámetro requerido para la velocidad mínima.

De la ecuación de continuidad:

$$D = \left[ \frac{4Q}{\pi V} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(4.27)$$

donde:

D = Diámetro, en m, que se ajusta al comercial más próximo.

Q = Gasto, en m<sup>3</sup>/s.

V = Velocidad mínima, en m/s.

b) Pérdidas.

Con la velocidad real calculada como:

$$V = \frac{4Q}{\pi D_c^2} \dots \dots \dots (4.28)$$

donde:

D<sub>c</sub> = Diámetro comercial elegido, en m.

Se calculan las pérdidas por fricción y las pérdidas locales, la suma no debe ser mayor que el desnivel disponible.

c) Detalle.

Luego de determinar el diámetro del tubo o tubos, se procede al detalle de las cámaras de entrada y salida y los dispositivos auxiliares. Si el desnivel disponible para las pérdidas está severamente limitado por condiciones aguas arriba y aguas abajo, puede necesitarse un análisis cuidadoso, dividiendo el gasto entre los tubos, esto puede obligar a un incremento en el diámetro de alguno de ellos.

• TANQUES DE TORMENTA.

En el D.F., existen zonas para las que la capacidad de conducción de su red de alcantarillado, es rebasada en más de una ocasión a lo largo de cada temporada de lluvias, hecho que por una parte se manifiesta a través de inundaciones en calles de esas zonas, y consecuentemente, por otra, genera la imposibilidad de que ese elemento de la infraestructura hidráulica reciba sin previo control, las descargas de redes de drenaje pluvial que deba construirse para dar servicio a nuevos asentamientos.

El control a que se hace referencia, suele realizarse empleando estructuras denominadas tanques de tormenta, las cuales, en términos generales, funcionan como tanques de almacenamiento y regularización, para cuyo análisis y dimensionamiento es fundamental tener en cuenta las características de la avenida de diseño ( tiempo pico, gasto de pico, tiempo base, forma del hidrograma ) de la red que descargará en la estructura, las condiciones con mayor probabilidad de estar presentes en el instante correspondiente al inicio de ese evento tanto en el tanque como en la red municipal, y asimismo, la manera en que las condiciones iniciales de flujo en ésta última evolucionarán mientras dure dicho evento. La definición cuantitativa y cualitativa de las variables a considerar en el análisis y dimensionamiento de un tanque de tormentas, requiere la recabación y proceso de información que no existe en ninguna ciudad del país, razón por la que la D.G.C.O.H., indica proceder como a continuación se indica:

- a) La capacidad del tanque deberá ser suficiente para almacenar el volumen de escurrimiento directo generado por una tormenta que, con duración de una hora, se encuentre asociada a un periodo de retomo igual al de la avenida de diseño de la red cuyas descargas serán recibidas, siendo conveniente aclarar que si existen limitaciones de espacio para construir la estructura que resulte necesaria, su capacidad total podrá ser distribuida en más de un punto, según lo permitan las características topográficas y el proyecto de usos del suelo en el predio a drenar. Así por ejemplo, en inmuebles que cuenten con áreas de estacionamiento, pueden llegar a utilizarse parte de éstas para contribuir a integrar la capacidad de almacenamiento requerida, alternativa que desde un punto de vista cualitativo implica, por una parte, diseñar los cajones correspondientes de manera que las elevaciones más bajas de la superficie que ocupen pertenezcan a los puntos de su eje longitudinal, y por otra, buscar que en esos cajones haya franjas longitudinales que no sea posible inundar, y por ende, permitan a los usuarios caminar sobre ellas con un grado razonable de comodidad.
  
- b) La planeación del proceso de vaciado del tanque, deberá tener en cuenta que según lo indique la D.G.C.O.H., el destino del agua almacenada será cualquiera de los lugares que a continuación se señalan, o bien, una combinación de éstos:
  - Red municipal de drenaje.
  - Estructuras que permiten la recarga de acuíferos subterráneos ( pozos de absorción o captaciones asociadas a grietas geológicas ).
  - Cisternas y/o tanques de sistemas para el rehuso del agua de lluvia en algunas zonas del inmueble de que se trate.

- c) En el proceso al que se refiere el inciso anterior, se llevará a cabo cuando las condiciones de flujo y/o almacenamiento en el punto o los puntos que recibirán el agua del tanque de tormentas lo permitan, requiriéndose entonces, debido a la baja probabilidad de efectuar la predicción precisa del momento en que esas condiciones se presentarían, que el sistema de vaciado se incluyan dispositivos para el control de los gastos de salida.
- d) Para el diseño del sistema de vaciado del tanque, deberán tenerse en cuenta las variables que en seguida se citan:
- Relación que en cuanto a posiciones exista, en planta y elevación, entre el tanque y la o las estructuras receptoras.
  - Tiempo que definido de acuerdo con las necesidades del uso del inmueble, deba durar el proceso de vaciado.
  - Capacidad de captación de cada estructura receptora y número de éstas.
- e) Si es posible que el sistema de vaciado funcione por gravedad, cada alternativa para su formación comprenderá la determinación de las correspondientes curvas  $Q = f ( E )$  y  $V = g ( E )$ , mediante las cuales, para una elevación dada  $E$  del nivel del agua en el tanque, se podrá conocer el gasto  $Q$  que saldría del mismo y el volumen  $V$  almacenado.
- f) Análogamente, para el caso en que el sistema de desagüe deba funcionar por bombeo, se requerirá por una parte determinar el gasto a bombear de acuerdo con los dos últimos puntos del inciso d, y por otra, previa consideración del resultado que se obtenga y del primer punto o variable a que se refiere el mismo inciso, proceder a la selección del equipo de bombeo adecuado.

• POZOS DE ABSORCIÓN.

Un pozo de absorción es la obra que teniendo como objeto contribuir a la recarga de acuíferos, cuenta con elementos que permiten captar agua de lluvia, eliminar de ésta partículas que en suspensión o por arrastre la acompañe en su ingreso a la obra, y conducir, lo más cerca posible del acuífero, al agua ya libre de esas partículas. Así, los componentes que en términos generales integran un pozo de absorción son:

- a) Receptor de las descargas de una o más redes de drenaje pluvial.

- b) Eliminador de basura y partículas de suelos que, si se permite tengan contacto con cualquiera de los estratos que el agua deba atravesar para llegar al acuífero por recargar, pueden alterar la estructura de los mismos y la velocidad del flujo a través de ellos.
  
- c) Conductor del agua de lluvia recibida y físicamente procesada según lo expuesto en el punto anterior, hasta la profundidad de proyecto, que será determinada teniendo en cuenta los factores en que se haya fundamentado la decisión de eliminar el agua de lluvia de un predio mediante pozos de absorción y a la vez, considerando aspectos técnicos y económicos.

## CAPÍTULO V

### ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN PARA INSTALACIONES INTERNAS

#### V.1. ANTECEDENTES.

Con objeto de garantizar que las obras proyectadas, tengan la calidad y características de seguridad que les permitan cumplir con el fin para el que fueron concebidas, en este capítulo se da el conjunto de especificaciones al que deberá referirse y someterse la realización de todas las actividades en que se fundamente su ejecución material.

Las especificaciones que se presentan, tienen por objeto establecer los materiales a usar, así como la correcta instalación de cada uno a fin de poder realizar el desalojo eficiente de las aguas residuales.

En estas normas se presentan los diferentes materiales, la forma de conexión, los casos para los cuales podrán usarse, las características que deberán tener los diferentes accesorios y la forma de instalarse.

Por lo que se refiere a la calidad de los materiales, deberá cumplirse, además de lo indicado por estas especificaciones, con lo establecido en las normas de la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial.

#### V.2. ESPECIFICACIÓN DE LOS MATERIALES.

##### V.2.1. MATERIAL DE COBRE.

a) *Tubería*. La tubería de cobre será de fabricación nacional, que cumpla con la norma NOM W-17-1981.

Será de tipo "M" rígido.

b) *Conexiones*. Las conexiones de cobre del tipo para soldar serán de fabricación nacional.

c) **Materiales de unión.** Se utilizará soldadura de hilo y pasta fundente, según el uso, de la siguiente forma:

◆ Soldadura de estaño No. 50.

Uso: Agua fría.

Desagües.

Doble ventilación.

◆ Soldadura de estaño No. 95.

Uso: Agua caliente.

d) **Usos.** Se podrá usar tubería de cobre tipo "M" en los siguientes casos:

- Agua fría.
- Agua caliente.
- Desagües de hasta 50 mm ( cuando así se especifique ).
- Doble ventilación hasta de 50 mm ( cuando así se especifique ).
- Redes de protección contra incendio ( cuando así se especifique ).

#### V.2.2. MATERIAL DE FIERRO GALVANIZADO.

a) **Tubería.** La tubería de fierro galvanizado será de tipo "A", cédula 40, que cumpla con la norma NOM B - 10 - 1981, de fabricación nacional.

b) **Conexiones.** Las conexiones serán de fierro galvanizado roscadas, que cumplan con la norma NOM H - 22 - 1959.

c) **Material de unión.** En la marca macho, deberá aplicarse compuesto especial marca Hércules o Permatex. Es más recomendable la cinta de teflón, la cual debe usarse siempre que se conecte tubería de fierro galvanizado con conexiones o válvulas de cobre o bronce.

d) **Usos.**

- Agua fría.
- Agua caliente.

- Redes de riego.
- Redes de protección contra incendio.
- Desagües.
- Doble ventilación.

e) **Protección.** Las tuberías enterradas deberán pintarse con pintura anticorrosiva y deberán ir a 30 cm abajo del nivel de jardines, a menos que se especifique otra profundidad.

### V.2.3. MATERIAL DE FIERRO FUNDIDO.

a) **Tubería.** La tubería de hierro fundido será de fabricación nacional, que cumpla con la norma NOM B - 64 - 1978.

Las tuberías horizontales que formen el ramaleo de los desagües con diámetros de 51 mm. y mayores, deberán ser de hierro fundido, a partir de la unión de los desagües de dos muebles para el caso de desagües menores a 100 mm.

b) **Conexiones.** Las conexiones de hierro fundido serán de fabricación nacional que cumplan con la norma NOM B - 64 - 1978.

c) **Materiales de unión.** Dependiendo del tipo de material que se especifique en cualquiera de las marcas nacionales, dado que puede ser con macho y campana o extremos lisos, se usará:

- Estopa.
- Plomo.
- Empaque de neopreno con abrazadera.

✦ **ESTOPA.** Las piezas de hierro fundido con macho y campana se unirán entre sí calafateando el espacio entre éstas, con estopa alquitranada trenzada de primera calidad.

✦ **PLOMO.** Las piezas de hierro fundido con macho y campana ya unidas entre sí con el calafateo con estopa alquitranada, deberán mantener esta última con un anillo de plomo derretido aplicado en obra y asentado a golpe. El plomo que se utilice deberá cumplir con la norma NOM W - 8 - 1961.

✦ **EMPAQUE DE NEOPRENO** Las piezas de hierro fundido con extremos lisos, se unirán por medio de anillos empaque exteriores de neopreno, que ajustan con los diámetros exteriores de las piezas especiales y la tubería. Estas uniones se complementan con láminas de acero inoxidable corrugada, también en forma de anillo y sujetos a fajillas o fleges integradas a modo de abrazaderas, accionados con abrazaderas con tomillo sin fin.

d) *Usos.*

Instalación sanitaria.

V.2.4. MATERIAL DE PVC (CLORURO DE POLIVINILO).

a) **Tubería.** La tubería de PVC será de fabricación nacional, que cumpla con la norma NOM E-12-1978.

De acuerdo con lo que se especifique en el proyecto, podrá ser del tipo ANGER ( NOM E-22 - 2 - 1978) o tipo CEMENTAR ( NOM E - 12 - 1978 ).

b) **Conexiones.** Las conexiones de PVC serán de fabricación nacional, que cumplan con la norma NOM E - 22 - 2 - 1978 y NOM E - 12 - 1978.

c) **Materiales de unión.** Dependiendo del tipo de material que se especifique en cualquiera de las marcas nacionales dado que pueden ser con macho y campana a extremos lisos, se usará:

- Anillos de hule.
- Cemento.

✦ **ANILLOS DE HULE.** Las piezas de PVC, con macho y campana se unirán entre sí sellando el espacio que queda entre la conexión y el tubo, por medio de anillos de hule, los cuales se deslizan en el macho con la ayuda de un material lubricante, por lo que constituyen una conexión del tipo

rápido. Tanto los anillos como el lubricante deberán ser adquiridos al propio fabricante de la tubería ( NOM E - 12 - 1979 ).

Usos: Desagües y ventilaciones.

- ✦ **CEMENTO.** Las piezas de PVC con extremos lisos, se cementarán a las conexiones expresamente fabricadas para cementarse. El cemento a utilizarse deberá ser adquirido al propio fabricante de la tubería ( NOM E - 30 - 1969 ).

Uso: Sistemas de riego, desagües y ventilaciones.

- d) **Protección.** El tubo de PVC ( cloruro de polivinilo ), no debe quedar expuesto a los rayos solares por periodos prolongados, ya que estos afectan ciertas propiedades mecánicas del tubo.

En el caso de instalaciones enterradas, la instalación de tubería en la zanja no deberá ser recta entre conexión y conexión, debiendo dejarse amplias curvas entre ellas. El objeto es que los cambios de temperatura no ocasionen que se separe de las conexiones provocando fuertes fugas. La profundidad de las instalaciones de riego no deberá ser menor de 40 cm, para protegerla de los picos y bieldos.

### V.3. ESPECIFICACIONES DE ACCESORIOS PARA DESAGÜES.

- a) **Casquillos de plomo.** Los casquillos de plomo para la instalación de inodoros, coladeras y registros para limpieza, deberá fabricarse en el lugar de la obra, con tubería de plomo reforzada de 15.2 kg/m, de tubo de 100 mm de diámetro, que cumple con la norma NOM W - 16 - 1961.
- b) **Válvulas de flujo y reflujo.** Las válvulas de retención para evitar el reflujo de aguas residuales o pluviales deberá ser de fabricación nacional.
- c) **Charolas de plomo.** Las charolas de plomo serán fabricadas en el lugar, ajustándose a las especificaciones del proyecto en cuanto a dimensiones. Se utilizará lámina de plomo de 1.6 mm ( 1/16 " ) de espesor, que cumpla con la norma NOM W - 31 - 1956.

Se soldarán a un casquillo de plomo con soldadura de estaño de barra del No. 50.

#### **V.4. LOCALIZACIÓN DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS.**

Todas las tuberías horizontales necesarias para el servicio en los diferentes núcleos, deberá tratarse de instalar bajo el nivel de la losa del piso a que dan servicio.

Las redes principales deberán localizarse entre el plafón y la losa en las zonas de circulación del edificio para facilitar los trabajos de mantenimiento. Deberá evitarse cruzar con tuberías los lugares donde puedan ocasionar molestias al producirse una fuga, tales como habitaciones, lobbys, oficinas o comercios, prefiriéndose para el paso de las tuberías lugares como sanitarios, cuartos de máquinas, etc.

Debe evitarse instalar tuberías sobre equipos eléctricos o sobre lugares que pueden ser peligrosos para los operarios al ejecutar trabajos de mantenimiento.

#### **V.5. ÁNGULO DE CONEXIÓN ENTRE TUBERÍAS.**

Las tuberías horizontales de alimentación, deberán conectarse formando ángulos rectos entre sí, y el desarrollo de las tuberías deberá ser paralelo a los ejes principales de la estructura.

Las tuberías de desagüe deberán instalarse incidiendo con un ángulo de 45° al conectarse los ramales con las troncales y éstas con las principales. La conexión de 45° no requiere que el desarrollo de las tuberías se haga en dicho ángulo desde su origen hasta su conexión con la troncal, deben desarrollarse en forma paralela a los ejes principales de la estructura y únicamente en su conexión deberá incidir en 45°.

## V.6. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS.

### V.6.1. TUBERÍAS DE COBRE.

- a) *Cortes.* Las tuberías podrán cortarse con seguetas de diente fino o con cortador de cuchillas. en ambos casos el corte deberá ser perfectamente perpendicular al eje del tubo y deberán limarse los bordes para evitar que se reduzca la sección del tubo.
- b) *Ajuste de conexiones.* Las tuberías de cobre soldable deben ajustarse correctamente en las conexiones; ambas deberán corregirse con herramientas dimensionales y lijarse hasta obtener un perfecto ajuste. la lija a emplear será del tipo esmeril.
- c) *Soldadura.* La soldadura debe llenar todo el espacio que tiene la conexión para recibir el tubo. Debe aplicarse la cantidad necesaria para cada soldadura, evitando que escurran de las tuberías. cantidades excedentes.
- d) *Sobrecalentamiento.* No deberán quemarse las conexiones ni el tubo durante el calentamiento. Las piezas quemadas deberán reponerse por otras nuevas.
- e) *Dobleces.* En ningún caso se aceptarán dobleces en las tuberías de cobre, debiendo emplearse siempre conexiones soldables.

### V.6.2. TUBERÍAS DE FIERRO GALVANIZADO.

- a) *Roscas.* Las dimensiones de las roscas, deberán ser las que exige la norma ASA - B2 - 1, es decir del tipo estándar.
- b) *Herramienta.* Para tubo de 50 mm se usarán tarrajas a mano, y para mayores, herramientas motorizadas.
- c) *Limpieza de roscas.* Las uniones roscadas deberán hacerse limpiando perfectamente las cuerdas del tubo y de las conexiones para librarlas de rebabas y protegerlas con un preparado anticorrosivo que le sirva de lubricante al hacer el ajuste.

- d) *Ajuste de conexiones.* El ajuste de las uniones se deberá hacer sin marcar profundamente la tubería y las conexiones con los dientes de la herramienta.
- e) *Aplicación de sellante.* El sellante será aplicado sobre las roscas macho y eliminando de las conexiones el excedente una vez que haya sido probada la tubería.

### V.6.3. TUBERÍAS DE FIERRO FUNDIDO.

- a) *Proporciones de los materiales de unión.* Las uniones entre tubería y conexiones deberán hacerse con las cantidades de material indicados en la siguiente tabla.

DIAMETRO ( mm )	ESTOPA ( gr )	LONGITUD DE TRENZA ( cm )	PLOMO ( kg )
50	200	90	0.40
100	300	150	0.80
150	400	225	1.20
200	600	285	1.80

TABLA 5.1 PROPORCIONAMIENTO DE LOS MATERIALES DE UNIÓN PARA TUBERÍA DE FIERRO FUNDIDO.

- b) *Herramientas.* Para la ejecución del trabajo deberá usarse herramientas apropiadas para retacar, fundir, vaciar y asentar. No deben usarse cinceles ni herramientas cortantes para colocar la estopa y el plomo.
- c) *Ángulos.* Todas las conexiones para desagües serán en 45°. Podrán usarse conexiones en ángulo recto en cambios de dirección de horizontal a vertical, o en tuberías de ventilación.
- d) *Pendientes.* Debe darse una pendiente uniforme en todo un ramal y en todo troncal según proyecto.
- e) *Contrapendientes.* No deben existir tramos horizontales o con pendientes contrarias, por corto que sea el tramo.

- f) **Registros de limpieza.** En los lugares indicados en el proyecto deberán colocarse tapones de registro roscados a nivel de piso terminado o bien en ductos o plafones registrables. Los registros de limpieza que haya necesidad de colocar en pisos de pasillos o locales sanitarios, deberán ser cromados.

#### V.6.4. TUBERÍAS DE PVC. (UNIÓN ESPIGA-CAMPANA CON ANILLO DE HULE).

- a) **Cortes.** Las tuberías deberán cortarse en las longitudes estrictamente necesarias para evitar deformaciones en las instalaciones. Se deberá tener la precaución de almacenar estas tuberías a la sombra y a la temperatura ambiente a fin de tener un control lo más exacto posible en sus dimensiones, dado lo alto de su coeficiente de dilatación.
- b) **Holgura.** Al instalar las tuberías y conexiones de PVC, deberá preverse una holgura de aproximadamente 1.0 cm por campana, de manera que la dilatación axial se absorba por estas holguras y no cause deformación en las instalaciones.
- c) **Pendientes.** Debe darse una pendiente uniforme en todo un ramal y en cada troncal.
- d) **Contrapendientes.** No deben existir tramos horizontales o con pendientes contrarias, por corto que sea el tramo.
- e) **Registros de limpieza.** En los lugares indicados en el proyecto deberán colocarse tapones de registro roscados a nivel de piso terminado o bien en ductos o plafones registrables.

#### V.6.5. TUBERÍAS DE PVC PARA CEMENTAR.

- a) **Corte.** Para efectuar esta operación, se utiliza una segueta de serrucho. Los cortes deben hacerse lo más recto posible a escuadra, con el fin de facilitar la inserción de las piezas que se van a cementar.
- b) **Eliminación de rebordes.** Se deben eliminar todos los rebordes que pudieran quedar al realizar el corte. Esto se puede lograr con una cuchilla afilada o una lima. Un corte recto y libre de rebordes, asegura una unión bien hecha, es recomendable hacer un chaflán en el tubo para que los filos no arrastren el pegamento al insertar el tubo.

- c) *Limpieza.* Deben limpiarse perfectamente las dos superficies que se van a cementar, aunque estas estén aparentemente limpias. Se recomienda utilizar Primer para este efecto, o simplemente con un trapo impregnado de acetona.
- d) *Cementado.* Una vez efectuada la limpieza, se aplica el pegamento tanto en la extremidad del tubo, como en el interior de la conexión. La cantidad de pegamento que se aplique debe ser la adecuada, ya que tan perjudicial es el exceso de cemento, como la falta de éste.

Después de la aplicación de pegamento, se introduce el tubo en la conexión hasta que éste tope y se gira un cuarto de vuelta a fin de distribuir mejor el cemento. Se limpia cuidadosamente el exceso de pegamento y se deja secar de acuerdo con los siguientes datos.

DIÁMETRO DE TUBERÍAS ( mm )	13 a 32		38 a 75		100 a 200	
PRESIÓN DE TRABAJO ( kg / cm <sup>2</sup> )	12.5	12.5 - 24.6	12.5	12.5 - 24.6	12.5	12.5 - 24.6
TIEMPO DE SECADO ( hr )	1	6	2	12	6	14

TABLA 5.2. PRESIÓN DE TRABAJO Y TIEMPO DE SECADO PARA TUBERÍAS DE PVC.

Toda la operación desde la aplicación del pegamento hasta la terminación de la unión, debe hacerse lo más rápidamente posible y no durar más de un minuto.

e) *Recomendaciones.*

1. Antes de aplicar el pegamento, pruebe la unión entre tubo y conexión. Este debe penetrar fácilmente entre 1/3 y 2/3 de profundidad de la conexión, después de lo cual ajusta medida con medida.
2. No haga la unión si la tubería o la conexión están húmedas. Evite trabajar bajo la lluvia.
3. El recipiente del pegamento debe mantenerse tapado mientras no se está aplicando.
4. Al terminar la operación del cemento, limpie la brocha con acetona.
5. Efectúe la prueba de presión antes de tapar la tubería, respetando el tiempo de secado.

f) **Cepas.** Las zanjas o cepas deben ser suficientemente amplias que permitan el acomodo de la tubería, recomendándose un ancho mínimo de 40 cm, más el diámetro de la tubería.

En lugares donde no se encuentran cargas excesivas debe tener un colchón mínimo de 40 cm. más el diámetro de la tubería que va a colocarse. Si sobre la tubería van a pasar vehículos pesados, es recomendable como mínimo un colchón de 80 cm.

Si el fondo de la cepa es rocoso o de otro material duro, es necesario formar una cama de 10 cm de arena o tierra. En el relleno de la cepa debe utilizarse material libre de piedras y objetos punzo cortantes.

La tubería no debe colocarse en línea recta, sino formando una amplia curva que toque en los extremos y el centro ambos lados de la cepa.

#### **V.7. SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE FOSA SÉPTICA.**

Las fosas sépticas, en su funcionamiento, deberán cumplir con lo fijado en el reglamento de la Dirección General de Ingeniería Sanitaria de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, y cuando se indique en el proyecto, llevará cámaras de oxidación. La fosa séptica será fabricada y se instalará en la siguiente forma:

1. Se ejecutará una excavación con afine del fondo de la misma, adecuada para alojarla al nivel que se indique.
2. Se tenderá una plantilla de padecería de tabique o grava con mortero de cal, en proporción uno a cinco ( 1 : 5 ).
3. Se colocará la fosa séptica cuidando de que asiente en toda la superficie de su base.
4. Se procederá a rellenar la excavación con los materiales que se autoricen, compactando con pisón de mano por capas de veinte ( 20 ) cm de espesor hasta alcanzar el nivel adecuado para conectar los tubos de carga y descarga, y complementando el relleno hasta cubrir la fosa séptica con un colchón mínimo de treinta ( 30 ) cm de espesor.

## V.8. REGISTROS DE ALBAÑAL.

Los registros de albañal, son pequeñas cajas o estructuras que tienen acceso a los albañales del interior de los predios, permiten la inspección de esos albañales y la introducción de varillas u otros dispositivos semejantes para la limpieza de los mismos. Cuando tales albañales sean muy profundos, las dimensiones de los registros deberán ser tales que permitan el acceso y maniobra de un operario.

La construcción de los registros para albañal se sujetará a lo señalado en el proyecto, y sus dimensiones normales serán del orden de 60 X 60 cm o un mínimo de 60 X 40 cm, variando su profundidad en función de la configuración del terreno y de la pendiente del albañal.

Terminada la excavación, se consolidará el fondo y se construirá sobre el mismo una plantilla de cimentación, procediéndose después a la construcción de una base de concreto simple de las características que señale el proyecto. En el proceso del colado de la base, se formarán las medias cañas del albañal, bien sea empleando cerchas o tubos cortados por su plano medio longitudinal en los tramos rectos, y con cerchas o tabique recocado en los tramos curvos.

Sobre la base de concreto, se desplantarán y construirán los muros de tabique recocado del espesor que fije el proyecto, los que formarán los lados de la caja del registro y que serán llevados hasta un nivel de diez (10) cm abajo del correspondiente al piso o pavimento definitivo.

La superficie interior de los muros laterales de la caja del registro, deberán repullarse y aplanarse por medio de mortero; los registros para albañal serán construidos en las ubicaciones y a las líneas o niveles señalados en el proyecto.

Las tapas para registro serán construidas en la forma y dimensiones que correspondan al registro en que serán colocadas, y en su fabricación se seguirán las normas siguientes:

- a) Por medio de fierro ángulo de 50.8 mm ( 2" ) por 6 mm ( ¼" ) de espesor, se formará un marco rectangular de las dimensiones de la tapa del registro.

Dentro del vano del marco, se colocará una retícula rectangular u ortogonal formada por alambón de 5 mm de diámetro, en cantidad igual a la señalada en el proyecto y nunca menor que la necesaria

para absorber los esfuerzos por temperatura del concreto que se colocará dentro del marco. Los extremos del alambroón deberán quedar soldados al marco metálico.

Terminado el armado o refuerzo, se colará dentro del marco un concreto de la resistencia señalada en el proyecto.

- b) La cara aparente de la tapa del registro, deberá acabarse con los mismos materiales, al parejo de la junta y colores del terminado que de acuerdo con el proyecto, se vaya a dar al piso o pavimento definitivo.
- c) Al terminar el colado de la tapa del registro, se proveerá de un dispositivo especial que facilite introducir en él una llave o varilla que permita levantarla una vez instalada sobre el registro.
- d) Tanto la cara aparente de la tapa del registro como el dispositivo instalado en la misma, deberán quedar al nivel correspondiente al piso o pavimento.

Los muros de la caja del registro serán rematados por medio de un contramarco, formado por fierro ángulo de las mismas dimensiones del empleado para fabricar el marco. En cada esquina del contramarco, se soldará una ancla formada con solera de fierro de siete ( 7 ) cm de largo por 25.4 mm ( 1" ) de espesor.

Los anclajes del contramarco irán fijos a los muros de la caja del registro, y quedarán ahogados en mortero de cemento del mismo empleado en la construcción de la caja.

## **V.9. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BAJADAS DE AGUA.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Instalación de bajada de aguas negras y/o pluviales, es la obra de albañilería que tiene por finalidad la de fijar a los muros los tubos que darán salida a las aguas negras y/o pluviales de los entresijos y azoteas de una edificación.

La presentación, colocación y amacizado de los tubos para bajadas, se harán dentro de las líneas y niveles señalados en el proyecto y/o por órdenes del supervisor, y quedará entendido que en el trabajo de amacizado de bajadas de aguas negras y/o pluviales estarán comprendidas todas las operaciones que ejecute el contratista, tales como revocado, repellido y aplanado que resulten necesarias a juicio del supervisor.

Los tubos empleados en las bajadas de aguas negras y/o pluviales, así como su presentación y colocación, armado, junteo, etc., podrán ser de lámina galvanizada, fierro fundido o PVC.

Independientemente de que las bajadas se formen por medio de tubos de fierro fundido, lámina o productos a base de PVC, éstos serán amacizados a los muros respectivos por medio de grapas y abrazaderas metálicas prefabricadas, del tipo comúnmente expedido en el mercado; las que deberán colocarse con una separación máxima de 3.0 m, salvo indicaciones específicas en el proyecto.

Todos los elementos de tubería, codos, etc., que salgan del paño visible de un muro, deberán revocarse con padecería de tabique y mortero de cal y arena en proporción de 1 : 5.

Sin excepción se probarán todas las tuberías en presencia del supervisor para a tiempo poder hacer los cambios de piezas que resulten defectuosas. Las bajadas se probarán como tales vaciándoles suficiente agua, utilizando para ello un volumen mayor al que vayan a recibir habitualmente cuando queden en uso.

Las tuberías horizontales se probarán a presión hidrostática, con una carga por lo menos igual a la que vayan a estar sometidas por el uso a que se destinen, aunque en general quedará entendido que tales tuberías no trabajarán a presión.

Todas las fugas o imperfecciones que se observaren serán reparadas por el contratista, por su cuenta y cargo, sin derecho a una compensación adicional.

## **CAPÍTULO VI**

### **ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN PARA INSTALACIONES EXTERNAS**

En este capítulo se describen las especificaciones en que deberá fundamentarse el desarrollo de las actividades inherentes a los principales conceptos que integran la ejecución material del proyecto.

#### **VI.1. RUPTURA DE EMPEDRADO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** La ruptura de empedrado se deberá efectuar con especial cuidado, a fin de seleccionar al máximo el material extraído de la ruptura, con el propósito de su posterior aprovechamiento en la reposición.

**OBRA.** Comprende la extracción del empedrado y su remoción.

#### **VI.2. RUPTURA DE PAVIMENTO ADOQUINADO, ASFÁLTICO Y DE CONCRETO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Al llevarse a cabo este tipo de trabajos, se procurará en todos los casos efectuar la ruptura, evitando al máximo perjudicar el pavimento restante y molestias a la población.

**OBRA.** Comprende la ejecución de todos los trabajos necesarios para la ruptura y su remoción a un sitio donde no interfiera ni dificulte la ejecución de los trabajos, ya que no será motivo de ningún pago adicional.

### **VI.3. TRAZO Y CORTE CON CORTADORA DE DISCO EN PAVIMENTO ASFÁLTICO Y PAVIMENTO HIDRÁULICO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Esta actividad se deberá realizar con cortadora de disco o equipo similar que garantice los alineamientos requeridos de acuerdo con el proyecto, debiendo ser vertical y realizando el corte hasta la profundidad necesaria; se incluyen en este concepto todos los cargos directos e indirectos, la mano de obra correspondiente y los materiales tales como el disco, agua, etc., así como la operación del equipo.

### **VI.4. CONSTRUCCIÓN DE BASE DE GRAVA CEMENTADA.**

La *base* es la capa de materiales seleccionados (grava cementada controlada) que se construye sobre la sub-base o sub-rasante (cuando la calidad de ésta es igual a la de la sub-base) y cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las capas inferiores del pavimento, distribuyéndolas de tal forma que no produzcan deformaciones perjudiciales en éstas.

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Previamente a la reposición de un pavimento asfáltico o hidráulico, se construirá una base de grava cementada cuyo espesor será comúnmente de 20 cm, se incluyen en estas actividades el suministro en el lugar de los materiales, su tendido, humedad necesaria y compactación.

### **VI.5. CONSTRUCCIÓN DE EMPEDRADO EN SECO.**

*Empedrado* es el pavimento construido con cantos rodados (piedra bola) asentado sobre una base de tepetate compacto y retacando las juntas con una mezcla de calhidra y arena, otra alternativa retaca con tierra vegetal y pasto W.B. o similar.

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por construcción de empedrado en seco el conjunto de operaciones consistentes en reponer los que hubieran sido removidos para la apertura de la zanja; en esta construcción se deberá utilizar el material producto de la ruptura; de acuerdo con esto, en el concepto se deberá incluir las maniobras y acarreo dentro de la obra, así como la mano de obra correspondiente, dentro de este precio unitario no se incluye el suministro de materiales.

#### **VI.6. EMPEDRADO, JUNTEADO CON MORTERO CEMENTO - ARENA 1 : 5.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por construcción de empedrado junteado el conjunto de operaciones consistentes en reponer los que hubieran sido removidos para la apertura de la zanja; en esta construcción se deberá utilizar el material producto de la ruptura; de acuerdo con esto, en el concepto se deberá incluir las maniobras y acarreo dentro de la obra, así como la mano de obra correspondiente; asimismo se deberán contemplar el suministro en obra del mortero y los materiales necesarios, pero sin considerar el suministro de la piedra.

#### **VI.7. PAVIMENTO ADOQUINADO, JUNTEADO CON MORTERO CEMENTO - ARENA 1 : 3.**

*Pavimento adoquinado* es el material obtenido por el cortado de rocas naturales, cocción de arcillas o barro y vibropresado de mortero de cemento Portland, que se emplea en la construcción de pisos para la circulación de vehículos.

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por construcción de pavimento adoquinado las operaciones consistentes en construir los que hubieran sido removidos para la apertura de zanjas, el pavimento deberá quedar al mismo nivel que el original, evitando la formación de topes o depresiones, debiéndose hacer después que el relleno de las zanjas haya adquirido su máxima consolidación y no experimente asentamientos posteriores. En este concepto se incluyen el suministro de todos los materiales puestos en obra, así como la mano de obra necesaria y las maniobras y acarreo locales.

#### **VI.8. PAVIMENTO ASFÁLTICO.**

*Pavimento asfáltico* es el que forma parte de la estructura de un pavimento, tiene como finalidad proporcionar al tránsito una capa rígida, estable, resistente al desgaste e intemperismo, prácticamente impermeable, de superficie uniforme y textura adecuada a la de rodamiento.

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** La reposición del pavimento asfáltico se hará sobre una base compacta ( que no se incluirá dentro de sus precios ), en la reposición del pavimento se podrán fabricar mezclas

asfálticas de materiales pétreos y productos asfálticos en el lugar mismo de la obra, empleando conformadoras o mezcladoras ambulantes. Las mezclas asfálticas formarán una carpeta compacta para que sea uniforme y resistente a las deformaciones producidas por las cargas y prácticamente impermeable. El material pétreo deberá constar de partículas sanas de material triturado, exentas de materias extrañas, y su granulometría debe cumplir las especificaciones para materiales pétreos en mezclas asfálticas.

No se deberán utilizar agregados cuyos fragmentos sean en forma de lascas, que contengan materia orgánica, grumos arcillosos o más de 20 % de fragmentos suaves. Los materiales asfálticos deben reunir los requisitos establecidos por las especificaciones de Petróleos Mexicanos.

La mezcla deberá prepararse a mano o con máquina mezcladora y colocarse en capas de espesor inferior al definitivo; independientemente de que se use mezcla en frío o caliente, deberá compactarse de inmediato, ya sea con pisón o con plancha o equipo similar pero adecuado al proyecto.

El acabado deberá ser igual al del pavimento existente.

#### **VI.9. PAVIMENTOS O BANQUETAS DE CONCRETO.**

*Las banquetas* son las zonas de la vía pública destinadas al tránsito de peatones, por tal razón su ejecución se hará cuidadosamente para causar las mínimas molestias al público.

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** La construcción o reposición de pavimento o banquetas de concreto, se hará sobre una base compactada, que se paga por separado; y comprende la fabricación, colado, vibrado y curado con curacreto o similar, de concreto con la resistencia que se señale en cada concepto; se incluye el suministro de todos los materiales puestos en obra, así como el retiro de los sobrantes, la mano de obra y el equipo necesario. El acabado será igual al existente (liso o rayado).

## VI.10. DESMONTES.

Es el retiro de la vegetación existente dentro del derecho de vía, las áreas de construcción, zonas de préstamo y bancos de materiales de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por el Departamento.

Comprende la ejecución de cualesquiera de las operaciones siguientes:

- a) *Tala*, que consiste en cortar los árboles y arbustos que señale el Departamento, tomando las providencias necesarias para no dañar los que se conserven.
- b) *Roza*, que consiste en quitar la maleza, hierba o zacate o cualquier otra clase de residuos vegetales al nivel del terreno.
- c) *Desenraice*, que consiste en sacar los troncos o tocones, incluyendo su raíz.
- d) *Limpia y quema*, que consiste en retirar el producto del desmonte al lugar que indique el Departamento, estibarlo y quemar lo no utilizable, a criterio del propio Departamento.

Para fines de desmonte se considerarán los siguientes tipos de vegetación.

- *Región de bosque*. Es la constituida predominantemente por árboles típicos de las zonas altas del clima templado o frío; ejemplos de la misma son: pinos, madroños, oyameles, abedules, piñoneros, encinos y eucaliptos.
- *Región árida o semiárida*. Esta constituida predominantemente por árboles de poca altura y diámetro reducido y por arbustos; ejemplos de la misma son: mezquites, pirules, tejocotes, huizaches y espinos.
- *Región desértica, cultivada o pastizal*. Es la constituida predominantemente por cactáceas, plantas de sembradío y zacatales respectivamente; ejemplos de la misma son: sacharon, órganos, nopales, biznagas, candelillas, guáyales, gobernadoras, ocotillos, mezquitillos, pithaya y magueyes; sembradíos de maíz, trigo, arroz, cebada, caña, zacate y herbáceas.

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Este trabajo consiste en efectuar alguna, algunas o todas las operaciones siguientes: cortar, desenraizar, quemar y retirar de los sitios de construcción, los árboles, arbustos, hierbas o cualquier vegetación comprendida dentro del derecho de vía, las áreas de construcción y los bancos de préstamo indicados en los planos o que ordene desmontar el supervisor.

Estas operaciones pueden ser efectuadas indistintamente a mano o mediante el empleo de equipos mecánicos.

Toda la materia vegetal proveniente del desmonte deberá colocarse fuera de las zonas destinadas a la construcción dentro del derecho de vía, en la zona de libre colocación. Se entenderá por zona de libre colocación la faja de terreno comprendida entre la línea límite de la zona de construcción y una línea paralela a ésta distante sesenta ( 60 ) metros.

El material aprovechable proveniente del desmonte será propiedad del Departamento y deberá ser estibado en los sitios que indique el supervisor, no pudiendo ser utilizados por el contratista sin el previo consentimiento de aquél.

Todo el material no aprovechable deberá ser quemado tomándose las precauciones necesarias para evitar incendios. L.c. daños y perjuicios a propiedad ajena producidos por trabajos de desmonte efectuados indebidamente dentro o fuera del derecho de vía o de las zonas de construcción serán responsabilidad del contratista. Las operaciones de desmonte deberán efectuarse invariablemente en forma previa a los trabajos de construcción con la anticipación necesaria para no entorpecer el desarrollo de éstos.

#### **VI.11. DESPALME.**

*Despalme* son las operaciones necesarias para extraer y retirar la capa o capas superficiales del terreno natural, que por sus características, no son adecuadas para utilizarse o para soportar una construcción, se ejecutarán en las áreas de construcción, en urbanizaciones y en bancos de materiales, como y cuando lo fije el proyecto y/o lo ordene el Departamento.

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por despalme la remoción de las capas superficiales de terreno natural cuyo material no sea aprovechable para la construcción, que se encuentren localizadas sobre los bancos de préstamo. También se entenderá por despalme la remoción de las capas de terreno natural que no

sean adecuadas para la cimentación o desplante de un terraplén; y en general la remoción de capas de terreno inadecuadas para construcciones de todo tipo.

Se denominará banco de préstamo el lugar del cual se obtengan materiales naturales que se utilicen en la construcción de las obras.

Previamente a este trabajo, la superficie de despalme deberá haber sido desmontada.

El material producto del despalme, deberá ser retirado fuera de la superficie del banco de préstamo que se va a explotar y colocado en la zona de libre colocación o en aquella que señale el supervisor.

Se entenderá por zona de libre colocación, la faja de terreno comprendida entre el perímetro del banco de préstamo y una línea paralela a ésta, distante 60 ( sesenta ) m; aunque en el caso en que el material deba ser retirado fuera de la obra, se valorará con un concepto diferente.

#### **VI.12. LIMPIEZA, TRAZO Y NIVELACIÓN EN EL ÁREA DE TRABAJO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por limpieza a las actividades involucradas con la limpieza del terreno de maleza, basura, piedras sueltas, etc., y su retiro a sitios donde no entorpezcan la ejecución de los trabajos.

Se entenderá por trazo y nivelación a los trabajos topográficos necesarios para ubicar la posición de la obra de que se trate, en el terreno donde se realizará. Comprende la localización de los ejes, cotas y referencias necesarias para el desplante de la obra, de acuerdo con lo señalado en el proyecto y/o las indicaciones del Departamento; así mismo en el alcance de este concepto está implícito el trazo y la nivelación instalando bancos de nivel y el estacado necesario en el área por construir.

En ningún caso el Departamento hará más de un pago por limpia, trazo y nivelación ejecutados en la misma superficie.

Cuando se ejecuten conjuntamente con la excavación de la obra y/o el desmonte algunas actividades de desyerbe y limpia, el Departamento no considerará pago alguno.

### VI.13. EXCAVACIONES Y CORTES.

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Excavaciones son las operaciones necesarias para la remoción y extracción de materiales, ejecutados a cielo abierto, para desplantar o alojar cimentaciones, pavimentos de obras viales, muros, contracunetas, drenes y pequeñas estructuras, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por el Departamento.

Las excavaciones se ejecutarán en los materiales que de acuerdo a su dureza y al grado de dificultad que presentan, se clasifican en: material clase I, material clase II, material clase III ó intermedias; así como en la zona "A", "B" ó "C" en que se localizan.

**MATERIAL CLASE I.** Es el poco o nada cementado, que puede ser manejado eficientemente sin ayuda de maquinaria, aunque ésta se utilice para obtener mayores rendimientos. Se consideran como material clase I: los suelos agrícolas, los limos, las arenas y cualquier material blando o suelto con partículas hasta de 7.5 (siete y medio) cm.

**MATERIAL CLASE II.** Es el que pudiendo excavar a mano, por sus características solo puede ser excavado y cargado eficientemente con maquinaria. Se considera como material clase II, las rocas muy alteradas, los conglomerados medianamente cementados, las areniscas blandas, los tepetates y las piedras sueltas mayores de 7.5 (siete y medio) cm.

**MATERIAL CLASE III.** Se conoce como "roca fija", y es el que se encuentra en mantos con dureza y contextura que no pueda ser aflojada o resquebrajada económicamente sino con el uso previo de explosivos, cuñas o dispositivos mecánicos de otra índole. También se consideran dentro de esta clasificación aquellas fracciones de rocas, piedra suelta, o peñascos que cubiquen aisladamente más de 0.75 de m<sup>3</sup>.

Cuando el material común se encuentre entremezclado con la roca fija en una proporción igual o menor al 25 % del volumen de ésta, y en tal forma que no pueda ser excavado por separado, todo el material será considerado como roca fija.

**ZONA A:** Corresponde a la zona que no esta poblada.

**ZONA B:** Corresponde a la zona que no tiene los servicios municipales de agua potable y alcantarillado.

**ZONA C:** Corresponde a la zona poblada con instalaciones o servicios de agua potable, alcantarillado electricidad, teléfono, etc.

En la ejecución de las excavaciones se consideran los siguientes casos:

- a) En seco.
- b) Eliminando el agua de la excavación mediante drenes auxiliares o por bombeo, autorizados por el Departamento, en cuyo caso la excavación se considerará en seco.
- c) En agua, ejecutada con máquina cuando no sea posible eliminarla económicamente por bombeo o mediante drenes auxiliares.
- d) En material saturado o lodoso, es aquel que por su elevado contenido de agua se adhiere o se escurre de la maquinaria o herramientas utilizadas para su extracción, reduciéndose la eficiencia del trabajo.

De acuerdo con el procedimiento de ataque, las excavaciones se dividen en:

- a) Excavaciones a mano.
- b) Excavaciones a máquina.
- c) Excavaciones mixtas.

Para la ejecución de las excavaciones en general, se deberán tomar en cuenta los estudios de mecánica de suelos y las condiciones de la zona en cuanto a instalaciones existentes y construcciones cercanas, con el objeto de no causar daños a estas.

**Cortes**, son excavaciones ejecutadas a cielo abierto en terreno natural para formar la sección de un camino, en ampliación y/o abatimiento de taludes, en rebajes de la corona, en cortes y/o terraplenes existentes, en escalones y en extracción de derrumbes, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y/o lo ordenado por el Departamento.

#### **VI.14. EXCAVACIÓN DE ZANJAS.**

Son las operaciones necesarias para la remoción y extracción de materiales, ejecutadas a cielo abierto, formando zanjás o cepas para alojar ductos e instalaciones de tuberías de alcantarillado y agua potable

básicamente ( sin que por ello no se ejecuten para otros usos ), de acuerdo con los datos de proyecto y/o lo ordenado por el Departamento.

Las excavaciones de cepas se ejecutarán en los materiales de acuerdo a su dureza, métodos de ataque, grado de dificultad que presentan y la profundidad que indique el proyecto.

Para clasificar el material en cuanto a su dureza, se tomará en cuenta la dificultad que haya presentado para su extracción. En caso que el volumen por clasificar este compuesto por volúmenes parciales de material común y roca fija se determinará en forma estimativa el porcentaje en que cada uno de estos materiales interviene en la composición del volumen total.

Las excavaciones en cepas son las que se realicen de acuerdo con los datos de proyecto y/o el Departamento, tales como dimensiones, niveles, holguras, tolerancias y la inclinación de los taludes.

Las excavaciones para alcantarillado y colectores dependen del tipo del suelo y del diámetro de la tubería.

Los anchos de las zanjas en cualquier tipo de suelo serán los indicados en la tabla 3.9.

La longitud máxima de zanja abierta, con el fin de evitar accidentes, derrumbes, o abandono de la obra, para tubería de diámetro mayor de 1.22 ( uno punto veintidós ) m. será de 70 ( setenta ) m por tramo, manteniéndolo en el estado siguiente:

Los primeros 10.00 m excavados de 0 a 2 m de profundidad.

Los siguientes 10.00 m excavados de 2 a 4 m de profundidad.

Los siguientes 10.00 m excavados de 4 a 6 m de profundidad.

Los siguientes 10.00 m excavados de 6 a 8 m de profundidad.

Los siguientes 10.00 m de tubo colocado.

Los siguientes 10.00 m de relleno y acostillado hasta el lomo del tubo.

Los siguientes 10.00 m de relleno consolidado hasta la rasante del terreno.

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por excavación de zanjas, la que realice según el proyecto o lo que ordene el supervisor para alojar la tubería de las redes de agua potable y alcantarillado incluyendo las operaciones necesarias para amacizar o limpiar la plantilla y taludes de las mismas, la remoción del material producto de la excavación, su colocación a uno o ambos lados de la zanja disponiéndolo en tal forma que

no interfiera con el desarrollo normal de los trabajos y la conservación de dichas excavaciones por el tiempo que se requiera para la instalación satisfactoria de la tubería. Incluye igualmente las operaciones que deberán efectuarse para aflojar el material manualmente o con equipo mecánico previamente a su excavación cuando se requiera.

El producto de la excavación se depositará a uno o ambos lados de la zanja, dejando libre en el lado que fije el supervisor, un pasillo de 60 ( sesenta ) centímetros entre el límite de la zanja y el pie del talud del bordo formado por dicho material, debiéndose conservar este pasillo libre de obstáculos.

Las excavaciones deberán ser afinadas en tal forma que cualquier punto de las paredes de las mismas no diste en ningún caso más de 5 ( cinco ) centímetros de la sección de proyecto, cuidándose que esta desviación no se repita en forma sistemática. El fondo de la excavación deberá ser afinado minuciosamente a fin de que la tubería que posteriormente se instale en la misma quede a la profundidad señalada y con la pendiente de proyecto.

Las dimensiones de las excavaciones que forman las zanjas variarán en función del diámetro de la tubería que será alojada en ellas.

La profundidad de la zanja será medida hacia abajo a contar del nivel natural del terreno, hasta el fondo de la excavación.

El ancho de la zanja será medido entre las dos paredes verticales paralelas que la delimitan.

El afine de los últimos 10 ( diez ) centímetros del fondo de la excavación se deberá efectuar con la menor anticipación posible a la colocación de la tubería. Si por exceso en el tiempo transcurrido entre el afine de la zanja y el tendido de la tubería se requiere un nuevo afine antes de tender la tubería, éste será por cuenta del Contratista.

Cuando la excavación de zanjas se realice en material común, para alojar tuberías de concreto que no tengan la consistencia adecuada a juicio del supervisor, la parte central del fondo de la zanja se excavará en forma redondeada de manera que la tubería apoye sobre el terreno en todo el desarrollo de su cuadrante inferior y en toda su longitud. A este mismo efecto de bajar la tubería de la zanja o durante su instalación deberá excavar en los lugares en que quedarán las juntas, cavidades o "conchas" que alojen las campanas o cajas que formarán las juntas. Esta conformación deberá efectuarse inmediatamente antes de tender la tubería.

El supervisor deberá vigilar que desde el momento en que se inicie la excavación hasta aquel en que se termine el relleno de la misma, incluyendo el tiempo necesario para la colocación y prueba de la tubería, no transcurra un lapso mayor de 7 ( siete ) días calendario.

Cuando la excavación de zanjas se realice en roca fija, se permitirá el uso de explosivos, siempre que no altere el terreno adyacente a las excavaciones y previa autorización por escrito del supervisor. El uso de explosivos se restringirá en aquellas zonas en que su utilización pueda causar perjuicios a las obras, o bien cuando por usarse explosivos dentro de una población se caucen daños o molestias a sus habitantes.

Cuando la resistencia del terreno o las dimensiones de la excavación sean tales que pongan en peligro la estabilidad de las paredes de la excavación, a juicio del supervisor, éste ordenará la colocación de los ademes y puntales que juzgue necesarios para la seguridad de las obras, la de los trabajadores o que exijan las leyes o reglamentos en vigor.

Las características y forma de los ademes y puntales serán fijados por el supervisor sin que esto releve al contratista de ser el único responsable de los daños y perjuicios que directa o indirectamente se deriven por falla de los mismos.

El supervisor esta facultado para suspender total o parcialmente las obras cuando considere que el estado de las excavaciones no garantiza la seguridad necesaria para las obras y/o los trabajadores, hasta en tanto no se efectúen los trabajos de ademe o apuntalamiento.

El criterio constructivo del contratista será de su única responsabilidad, y cualquier modificación, no será motivo de cambio en el precio unitario, deberá tomar en cuenta que sus rendimientos propuestos sean congruentes con el programa y con las restricciones que pudiesen existir.

En la definición de cada concepto queda implícito el objetivo del Departamento, el contratista debe proponer la manera de ejecución y su variación, aún a petición del Departamento ( por improductivo ) no será motivo de variación en el precio unitario; las excavaciones para estructuras que sean realizadas en las zanjas ( pozos, cajas de operación, etc. ), serán liquidadas con los mismos conceptos de excavaciones para zanjas.

## VI.15. EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS.

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por excavación para estructuras las que se realicen para cimentación, para alojarlas o que formen parte de ellas, incluyendo las operaciones necesarias para amacizar o limpiar la plantilla o taludes de la misma, la remoción del material producto de las excavaciones a la zona de libre colocación disponiéndolo en forma que no interfiera con el desarrollo normal de los trabajos y la conservación de dichas excavaciones por el tiempo que se requiera para la construcción satisfactoria de las estructuras correspondientes. Incluyen igualmente las operaciones que deberá efectuar el contratista para aflojar el material previamente a su excavación.

Las excavaciones deberán efectuarse de acuerdo con los datos del proyecto y/o las ordenes del supervisor, afinándose en tal forma que ninguna saliente del terreno penetre más de 1.0 ( uno ) centímetro dentro de las secciones de construcción de las estructuras.

Se entenderá por zona de colocación libre la comprendida entre alguna, algunas o todas las líneas de intersección de los planos de las excavaciones con la superficie del terreno, y las líneas paralelas a ellas distantes 20 ( veinte ) metros.

Cuando los taludes o plantilla de las excavaciones vayan a recibir mamposterías o vaciado directo de concreto, deberán ser afinadas hasta las líneas o niveles del proyecto y/o las ordenadas por el supervisor, en tal forma que ningún punto de la sección excavada diste más de 10 ( diez ) centímetros del correspondiente de la sección del proyecto; salvo cuando las excavaciones se efectúen en roca fija en cuyo caso dicha tolerancia se determinará de acuerdo con la naturaleza del material excavado, sin que esto implique obligación alguna para el Departamento de pagar al contratista las excavaciones en exceso, fuera de las líneas o niveles del proyecto.

El afine de las excavaciones para recibir mampostería o el vaciado directo de concreto en ellas, deberá hacerse con la menor anticipación posible al momento de construcción de las mamposterías o al vaciado del concreto, a fin de evitar que el terreno se debilite o altere por el intemperismo.

Cuando las excavaciones no vayan a cubrirse con concreto o mampostería, se harán con las dimensiones mínimas requeridas para alojar o construir las estructuras; con un acabado esmerado hasta las líneas o niveles previstos en el proyecto y/o los ordenados por el supervisor, con una tolerancia en exceso de 25

( veinticinco ) centímetros, al pie de los taludes que permita la colocación de formas para concreto, cuando esto sea necesario.

La pendiente que deberán tener los taludes de estas excavaciones será determinado en la obra por el supervisor, según la naturaleza o estabilidad del material excavado considerándose la sección resultante como sección de proyecto.

Cuando las excavaciones se realicen en roca fija se permitirá el uso de explosivos, siempre que no altere el terreno adyacente a las excavaciones y previa autorización por escrito del supervisor.

El material producto de las excavaciones podrá ser utilizado según el proyecto y/o las ordenes del supervisor en rellenos u otros conceptos de trabajo de cualquier lugar de las obras, sin compensación adicional al contratista cuando este trabajo se efectúe dentro de la zona de libre colocación, en forma simultánea al trabajo de excavación y sin ninguna compensación adicional a las que corresponden a la colocación del material en un banco de desperdicio.

#### **VI.16. PLANTILLAS APISONADAS.**

*Plantilla* es la capa formada con materiales tales como: concreto, padecería de tabique o grava cementada, compactados de acuerdo con lo señalado en el proyecto, construida sobre el terreno natural, para desplantar la cimentación y presentar una superficie uniforme y adecuada para el trazo de ejes y demás líneas auxiliares necesarias.

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Cuando a juicio del supervisor el fondo de las excavaciones donde se instalarán tuberías no ofrezca la consistencia necesaria para sustentarlas y mantenerlas en su posición en forma estable o cuando la excavación haya sido hecha en roca que por su naturaleza no haya podido afinarse en grado tal que la tubería tenga el asiento correcto, se construirá una plantilla apisonada de 10 ( diez ) centímetros de espesor mínimo, hecha con material adecuado para dejar una superficie nivelada para una correcta colocación de la tubería. En la tabla 3.9 se indican los espesores de plantilla para los diferentes diámetros de tubo.

La plantilla se apisonará hasta que el rebote del pisón señale que se ha logrado la mayor compactación posible, para lo cual al tiempo del apisonado se humedecerán los materiales que forman la plantilla para facilitar su compactación. Asimismo la plantilla se podrá apisonar con pisón metálico o equipo, hasta lograr el grado de compactación estipulado.

La parte central de las plantillas que se construyan para apoyo de tuberías de concreto, será construida en forma de canal semicircular para permitir que el cuadrante inferior de la tubería descansa en todo su desarrollo y longitud sobre la plantilla.

Las plantillas se construirán inmediatamente antes de tender la tubería, y previamente a dicho tendido, el contratista deberá recabar el visto bueno del supervisor para la plantilla construida, ya que en el caso contrario éste podrá ordenar, si lo considera conveniente, que se levante la tubería colocada y los tramos de plantilla que considere defectuosos, y que se construyan nuevamente en forma correcta sin que el contratista tenga derecho a ninguna compensación adicional por este concepto.

#### **VI.17. RELLENO DE EXCAVACIONES DE ZANJAS.**

Todo el material de relleno y el lugar que se va a rellenar estará libre de carbón, cenizas, basura, material orgánico, vegetales, terrones, rocas, piedras y otros que en opinión del Departamento sean inapropiados.

Se entenderá por "relleno sin compactar" el que se haga por el simple depósito de material para relleno, con su humedad natural, sin compactación alguna, salvo la natural que produce su propio peso.

Se entenderá por "relleno compactado" aquel que se forme colocando el material en capas sensiblemente horizontales, del espesor que señale el supervisor, pero en ningún caso mayor de 15 ( quince ) centímetros, con la humedad que requiera el material de acuerdo con la prueba Próctor, para su máxima compactación.

Cada capa será compactada uniformemente en toda su superficie mediante el empleo de pisones de mano o neumático hasta obtener la compactación requerida.

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Por relleno de excavaciones de zanjas se entenderá el conjunto de operaciones que deberá ejecutar el contratista para rellenar hasta el nivel original del terreno natural o hasta los niveles

señalados por el proyecto y/o las ordenes del supervisor, las excavaciones que se hayan realizado para alojar las tuberías de redes de agua potable y alcantarillado, así como las correspondientes a estructuras auxiliares y a trabajos de jardinería.

No se deberá proceder a efectuar ningún relleno de excavación sin antes obtener la aprobación por escrito del supervisor, pues en caso contrario, éste podrá ordenar la total extracción del material utilizado en rellenos no aprobados por él, sin que el contratista tenga derecho a ninguna retribución por ello.

La primera parte del relleno se hará invariablemente empleando en ella tierra libre de piedras y deberá ser cuidadosamente colocada y compactada a los lados de los cimientos de estructuras y abajo y a ambos lados de las tuberías. En el caso de cimientos y estructuras, este relleno tendrá un espesor mínimo de 60 (sesenta) centímetros, en el caso de rellenos para trabajos de jardinería, el relleno se hará en su totalidad con tierra libre de piedras, y cuando se trate de tuberías, este primer relleno se continuará hasta un nivel de 30 (treinta) centímetros arriba del lomo superior del tubo o según proyecto. Después se continuará el relleno empleando el producto de la propia excavación, colocándolo en capas de 20 (veinte) centímetros de espesor como máximo, que serán humedecidas y apisonadas.

Cuando por la naturaleza de los trabajos no se requiera un grado de compactación especial, el material se colocará en las excavaciones apisonándolo ligeramente, con capas sucesivas de hasta 20 (veinte) centímetros, hasta colmar la excavación dejando sobre ella un montículo de material con altura de 15 (quince) centímetros sobre el nivel natural del terreno, o de la altura que ordene el supervisor.

Cuando el proyecto y/o las ordenes del supervisor así lo señalen, el relleno de excavaciones deberá ser efectuado en forma tal que cumpla con las especificaciones de la técnica "Próctor" de compactación, para lo cual el supervisor ordenará el espesor de las capas, el contenido de humedad del material, el grado de compactación, procedimiento, etc., para lograr la compactación óptima.

La consolidación empleando agua no se permitirá en rellenos en que se empleen materiales arcillosos o arcillo arenosos, y a juicio del supervisor podrá emplearse cuando se trate de material rico en terrones o muy arenoso. En estos casos se procederá a llenar la zanja hasta un nivel de 20 (veinte) centímetros abajo del nivel natural del terreno vertiendo agua sobre el relleno ya colocado hasta lograr en el mismo un encharcamiento superficial; al día siguiente, con una pala se pulverizará y alisará toda la costra superficial del relleno anterior y se rellenará totalmente la zanja, consolidando el segundo relleno en capas de 15 (quince) centímetros de espesor, quedando este proceso sujeto a la aprobación del supervisor, quien dictará modificaciones o modalidades.

La tierra, rocas y cualquier material sobrante después de rellenar las excavaciones de zanjas, serán acarreados por el contratista hasta el lugar de desperdicios que señale el supervisor.

Los rellenos que se hagan en zanjas ubicadas en terrenos de fuerte pendiente, se terminarán en la capa superficial empleando material que contenga piedras suficientemente grandes para evitar el deslave del relleno motivado por el escurrimiento de las aguas pluviales, durante el periodo comprendido entre la terminación del relleno de la zanja y la reposición del pavimento correspondiente.

#### **VI.18. EXTENDIDO Y BANDEADO DE MATERIAL SOBRANTE DE EXCAVACIÓN.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por extendido y bandeado de material sobrante de excavación, al conjunto de actividades necesarias para formar un terraplén de la altura que resulte a partir del terreno natural, con una pendiente del 2 % hacia uno o ambos lados, con el material sobrante de la excavación de zanja y sin ninguna compactación especial.

#### **VI.19. RELLENO DE SUELO CEMENTO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por suelo cemento a la mezcla que resulte de combinar cemento en una cantidad de 150 kg/cm<sup>2</sup> ( salvo que el proyecto especifique una cantidad diferente ) con material inerte seleccionado; cuyo objetivo será el de rellenar en los sitios en que indique el proyecto o que de manera específica señale el supervisor.

#### **VI.20. BOMBEO DE ACHIQUE CON BOMBA AUTOCEBANTE.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Por bombeo de achique se entenderá al conjunto de operaciones que se hagan necesarias para extraer el agua que se localice en las zanjas para tendido de tuberías, así como en excavaciones para obras complementarias que se requieran en el sistema.

Al ordenar la utilización del equipo, el Supervisor deberá prestar especial atención a que dicho equipo sea adecuado para la ejecución del trabajo, tanto por lo que se refiere al equipo empleado, como a su capacidad y rendimiento; y ya durante su operación, cuidar que ésta se haga eficientemente y se obtenga de ella el rendimiento correcto.

#### **VI.21. ADEMES DE MADERA.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por ademe de madera abierto o cerrado, el conjunto de operaciones que deberá ejecutar el contratista cuando la resistencia del terreno o las dimensiones de la excavación sean tales que pongan en peligro la estabilidad de las paredes.

Todos los trabajos que ejecute el contratista en la construcción de ademes de madera deberán sujetarse a lo señalado en las normas y planos del proyecto y/o las ordenes del supervisor.

Las dimensiones, características y sistemas de construcción de los ademes, así como las líneas, niveles, elevaciones y profundidades, serán las justamente ordenadas por el proyecto y/o por el supervisor.

#### **VI.22. PROTECCIÓN EN EL EXTERIOR DE TUBERÍA DE CONCRETO PRESFORZADO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Por este concepto la empresa contratista encargada de la aplicación de la pintura deberá pintar la tubería de concreto presforzado a pie de zanja con pintura de alquitrán de hulla epóxica en el exterior de la tubería y piezas especiales que vayan a instalar y que a juicio del supervisor y/o los datos del proyecto, así lo indiquen. Este concepto incluirá todas las maniobras y los cargos por herramienta y equipo necesario para la aplicación de la pintura y que al término de ésta el conector quede en el lomo del tubo (conector hacia arriba), previo a su instalación, tomando, en consideración que el fabricante de la tubería dejará el conector en cualquier posición.

Las pinturas que se emplearán en estos trabajos serán elaboradas por los fabricantes que a continuación se indican, así como el nombre del producto por aplicar.

FABRICANTE	PRODUCTO
FESTER DE MEXICO	EPOXITRÁN
POLDI	POLDI - EPÓXICO 55 - 954
PROTEXA	ANTICOR AE - 630

O cualquier similar que a juicio del Departamento resulte satisfactoria y lo apruebe.

Para el suministro del producto por aplicar, el contratista deberá comunicar al Departamento con un mínimo de 15 ( quince ) días hábiles de anticipación, del producto que empleará, con el objeto de que el Departamento vigile y certifique la calidad de todos y cada uno de los lotes que se adquirieran para estos trabajos.

Para aplicar el recubrimiento sobre la superficie de la tubería de concreto presforzado, se deberá seguir el proceso siguiente:

- a) Se limpiará la superficie por recubrir, con cepillo de alambre a fin de quitar toda partícula adherida al concreto ( tierra, materia orgánica, costras, lechada de cemento, etc. ) para que toda la superficie de concreto quede totalmente limpia.
- b) En caso de existir grasa u otros elementos que no se desprendan de la superficie del concreto con cepillado se deberá efectuar la limpieza con chorro de arena a ráfaga, debiéndose tomar las precauciones necesarias para no dañar el concreto ( en caso de que esto suceda se deberá reparar ).

Se aplicarán dos capas de alquitrán de hulla epóxica catalizado con poliamidas, a un espesor de película seca de 6 ( seis ) a 8 ( ocho ) milésimas de pulgada; la aplicación de la segunda mano de alquitrán deberá hacerse ocho horas después de la aplicación de la primera, pero no deberá transcurrir un tiempo mayor de veinticuatro horas. Se utilizará un cepillo de cerda para colocar una capa de película de pintura cuando este cubierta la superficie de concreto totalmente, sin dejar descubiertos poros o áreas.

La capa de pintura deberá ser continua y de un solo espesor, el brillo no debe perderse, asimismo no debe cambiar de tono. Se podrá usar también equipo de aspersión: en este método se deberá cuidar que no exista exceso de solvente en el momento de la aplicación para que no haya desprendimiento de sólidos por precipitación.

El contratista deberá contar con los dispositivos en obra para medir espesores de película aplicada, utilizando placa para pintura fresca NORDSON, además de un medidor de espesores de película seca.

Estos recubrimientos deberán cumplir como mínimo las siguientes pruebas de laboratorio ( Norma ASTM ).

- ☞ Adherencia.
- ☞ Espesor de película seca ( especificado ).
- ☞ Coeficiente de abrasión.
- ☞ Salpicado ( Método Gardner ).
- ☞ Doblado ( resistencia a la deflexión ).
- ☞ Inmersión en solución de sulfato de sodio.

Las pruebas de adherencia y de espesor de película seca, se deberá comprobar directamente en las piezas recubiertas, por personal de control de calidad de la D.G.C.O.H.

Los recubrimientos y pintura aplicada, deberán resistir las maniobras de transporte e instalación, en caso de deterioros imputables al proveedor, éstos deberán ser resanados, con la limpieza y aplicación indicada.

El recubrimiento se deberá aplicar inmediatamente después de haber efectuado la limpieza de la superficie por el método indicado.

El tiempo entre la terminación de la limpieza y el inicio de la aplicación de recubrimiento, deberá ser el mínimo, ya que en caso de alterarse las características requeridas, tendrá que repetirse el procedimiento de limpieza, por lo que se recomienda no limpiar más área de aquella que se va a recubrir de inmediato.

#### **VI.23. CALAFATEO INTERIOR EN JUNTA DE CONCRETO PRESFORZADO CON CUERDA DE NYLON, COLMASOL Y SIKAFLEX.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Por calafateo interior en junta de tubería de concreto presforzado, se entenderán las actividades para sellar con materiales aquí indicados, las juntas en tuberías de concreto presforzado para lo cual deberá suministrar cuerda de nylon de ½" a 1" de diámetro, dependiendo de la abertura y la colocación de la misma a presión dentro de las juntas a calafatear, por medio de un cincel y marro, tratando de no dañar a la cuerda, buscando el mejor acomodo posible de ésta, esto se hará dando vueltas en el interior de la junta con objeto de rellenar el espacio entre tubo y tubo hasta dejar un espacio a partir del paño interior del tubo hacia adentro de la junta igual al espacio de separación (abertura) cuando ésta sea del orden de 2 (dos) centímetros, se darán entre 7 (siete) o 9 (nueve) vueltas con la cuerda de nylon; y de manera proporcional, cuando varíe el espesor de la abertura. Posteriormente en el espacio restante se suministrará y se colocará de acuerdo a especificación del fabricante, un sellador flexible marca Colmasol. En seguida se suministrará y colocará de acuerdo a especificaciones del fabricante un sellador marca Sikaflex - 41.

#### **VI.24. JUNTAS TIPO CALCETÍN EN TUBERÍAS DE CONCRETO PRESFORZADO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Las juntas de calcetín en las tuberías, se harán emboquillando exteriormente, para lo cual se colocará una banda de tela sobre el hueco de la junta, la cual será fijada con alambres o grapas de acero. Una vez hecha esta operación se verterá mortero cemento-arena en proporción 1 : 2 con una consistencia suficientemente líquida que permita que fluya con facilidad dentro de la banda de tela. Para ayudar al escurrimiento del mortero y asegurar el llenado completo del hueco de la junta alrededor del tubo, se usará un alambre duro corvado con el cual se aplicará la mezcla.

El interior del hueco de la junta de tubos se emboquillará con mortero cemento - arena 1:1, debiendo aplanarse con la llana hasta igualar la superficie interior, removiendo y retirando todo el excedente de mezcla.

## **VI.25. INSTALACIÓN Y JUNTEO DE TUBERÍA DE CONCRETO PRESFORZADO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por instalación de tuberías, al conjunto de operaciones que deberá ejecutar el contratista, para la correcta colocación de la tubería en los lugares que señale el proyecto y/o las ordenes del supervisor; son aplicables también las recomendaciones del fabricante, asimismo con la finalidad de dar claridad a los trabajos; así como precisión al alcance del concepto, se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

Antes de instalar la tubería, se preparará el fondo de la zanja quitando los obstáculos, piedras o irregularidades que signifiquen puntos de concentración de carga que puedan dañarla durante las maniobras de bajada, alineamiento, etc.

Se deberá afinar el fondo de la zanja de tal manera que se puedan efectuar las maniobras necesarias para su instalación, sin que esto obstruya el tendido.

La colocación de la tubería deberá efectuarse a manera de evitar arrastres, raspones y rodarlas, así como cualquier operación que pueda dañar cualquier parte de la pieza. Deberá utilizar grúas de capacidad adecuada y suficiente para colocar cada pieza sobre la zanja.

El contratista deberá colocarla de manera que en ningún caso se tenga una desviación mayor de 10 (diez) milímetros en la alineación o nivel del proyecto. La pieza deberá tener un apoyo completo en toda su longitud. No se permitirá colocar los tubos sobre piedras, calzas de madera o soporte de cualquier otra índole.

Una vez que la tubería de concreto presforzado haya sido bajada a la cepa, se limpiará cuidadosamente la espiga o el extremo macho del tubo que se vaya a colocar y la campana o caja del último tubo que se haya instalado, a continuación se lubricará con jabón vegetal o algún otro producto que no deje residuos tóxicos.

Un tratamiento semejante de limpiezas y lubricación se dará al empaque que se coloque en la junta, el cual será ajustado alrededor de la espiga o extremo macho y fijada en la ranura circunferencial de manera que se mantenga hasta donde sea posible una atención uniforme en todo el empaque.

Las juntas de las tuberías se revisarán desde el interior del tubo. La penetración de la espiga o extremos macho se controlará con dos topes colocados en el asiento de la campana a 180° (ciento ochenta grados)

uno del otro. Cuando se haya comprobado que este extremo está correctamente colocado se retirarán los topes y se introduce un escantillón dentro del hueco de la junta hasta tocar el empaque y poder así detectar cualquier irregularidad en su posición a lo largo de toda la circunferencia.

En caso de que el empaque esté fuera de su lugar, deberá removerse el tubo y examinar que no tengan cortaduras, cuando no presente daños podrá usarse otra vez lubricándolo nuevamente al igual que la junta.

Cuando en la instalación se use un "muerto" o un malacate, para ajustar el tubo que se está colocando, estos dispositivos deberán fijarse dentro de la tubería instalada por lo menos tres juntas atrás.

Durante el descenso, acoplamiento y tendido de las tuberías deberán observarse siempre las condiciones siguientes:

- a) Evitar la instalación de tubos que se encuentren dañados, revisándolos antes en forma cuidadosa.
- b) Lubricar perfectamente las espigas de los tubos y verificar la colocación adecuada de los anillos en las ranuras correspondientes.
- c) Evitar golpes que dañen a las tuberías durante su manejo.
- d) Revisar la posición final de las gomas, mediante el procedimiento que se describe a continuación.
  - Obtener un escantillón con fleje de acero del ancho que requiera según el diámetro, doblándose en forma de "Z" con ángulos de 90° (noventa grados). De las dos ramas extremas, una tendrá una longitud L1 y la otra una longitud L2 y la rama intermedia será L3, según el diámetro de la tubería.
  - El escantillón se introduce entre el tubo y el cople recorriéndolo en todo el perímetro. Con la rama extrema larga L1, deberá tocarse la goma en todos sus puntos, mientras que al introducir la rama extrema corta L2 no deberá tocarse la goma.
  - Si se verifica que las gomas no están en posición correcta, se desmontará y se procederá a enchufar de nuevo, examinando que los empaques ni el tubo estén dañados, en caso de que estén en buenas condiciones se podrán usar otra vez después de lubricarlos de nuevo.

- En caso de que las gomas se encuentren dañadas, se deberán sustituir.

Al recibir las tuberías y durante su descarga, el contratista deberá inspeccionarlas para cerciorarse de que el material se recibe en buenas condiciones. En caso contrario, deberá solicitarse que se anote en la guía del embarque el daño ocasionado a las piezas rotas o faltantes.

Una vez que el contratista haya recibido los materiales proporcionados, será responsable de ellos.

El contratista deberá proveer bodegas adecuadas y otros medios convenientes de protección para todos aquellos materiales que la requieran, o almacenaje para librarse de daños causados por la intemperie.

El contratista será el único responsable del manejo y utilización de los materiales que le hayan sido entregados, así como de las mermas que éstos sufran durante el tiempo que estén en su poder. Deberá pagar o reponer cualquier material perdido o dañado después de que lo haya recibido.

Al terminarse los trabajos el contratista devolverá a la D.G.C.O.H. los materiales y equipos proporcionados por ella que no hubiesen tenido aplicación en las obras materia del contrato.

El importe de los materiales y equipo no empleados en la obra, no devueltos a la D.G.C.O.H. por el contratista, se cargarán a la cuenta del propio contratista a los precios vigentes de dichos materiales y equipo en la fecha de la última estimación en que se agotó la asignación aprobada del año y su importe se deducirá de los saldos del contratista por liquidación o retenciones, o se hará efectivo de sus garantías.

Si así lo resuelve la D.G.C.O.H. podrá ordenar al contratista que los reponga en especie.

Los materiales salvo que específicamente se ordene otra cosa por el supervisor, deberán ser nuevos y su calidad especificada a sus respectivas clases y manufacturas, y serán sometidos a su aprobación los datos respecto al fabricante de aquellos que vayan a formar parte integrante de las obras, junto con sus especificaciones e información pertinentes, así como muestras de los mismos cuando esto sea ordenado.

Los materiales y artículos usados o instalados por el contratista sin la aprobación mencionada, lo serán a riesgo de ser rechazados.

Si la D.G.C.O.H. no pudiera proporcionar oportunamente cualesquiera de los materiales y equipo necesarios para los trabajos, queda facultada para ordenar al contratista que los adquiera.

En tal caso el contratista se obliga a efectuar las adquisiciones respectivas por cuenta de la D.G.C.O.H. y serán considerados como precios unitarios nuevos.

El contratista deberá tomar las precauciones necesarias para que la tubería no resienta daños durante su traslado del lugar en que la reciba al sitio de su utilización, y para bajar la tubería al fondo de la zanja deberá usar malacates, grúas, bandas o cualquier otro dispositivo aprobado, que impida que las tuberías se golpéen o se dejen caer durante la operación, cumpliendo con las normas de la D.G.C.O.H. y/o del manual de manejo e instalación de la AWWA Británicas de los propios fabricantes.

Previamente a su instalación, la tubería deberá estar limpia de tierra, exceso de pintura, aceite, polvo o cualquier otro material extraño que se encuentre en su interior o en las caras exteriores de los extremos del tubo.

En la colocación preparatoria para junteo de las tuberías de concreto presforzado, se observarán las normas siguientes:

- a) Una vez bajada al fondo de las zanjas deberán ser alineadas y colocadas de acuerdo con los datos del proyecto y/o las ordenes del supervisor, procediéndose a realizar el junteo o el acoplamiento.
- b) Evitar que la tubería sea dañada por las piezas de los dispositivos mecánicos, o de cualquier otra índole usados para moverlas.
- c) La tubería se manejará e instalará de tal modo que no resienta esfuerzos causados por deflexión.
- d) Al proceder a su instalación se evitará que penetre en su interior agua o cualquier otra sustancia y que se ensucien las partes de las juntas.
- e) El supervisor comprobará durante el tendido de hilos o cualquier otro procedimiento que juzgue conveniente, que tanto en planta como en perfil la tubería quede instalada con el alineamiento señalado por el proyecto.

- f) Cuando se presenten interrupciones en los trabajos o al final de cada jornada de labores, deberán taparse los extremos abiertos de las tuberías, cuya instalación no esté terminada, de manera que no puedan penetrar en sus interior materias extrañas, tierra, basura, etc.

Una vez instalada la tubería con alineamiento y la pendiente de proyecto y/o lo ordenado por el supervisor, deberá ser anclada en forma definitiva con atraques de concreto de forma, dimensiones y calidad que señale en los planos y/o lo que ordene el supervisor. Los atraques se construirán en los codos, cambios de dirección o de pendiente, para evitar en forma definitiva movimientos de la tubería producidos por la presión hidrostática normal en su interior o por los golpes de ariete cuando los hubiese.

El supervisor deberá vigilar en todo momento que no se instalen tuberías cuando exista agua en el interior de las zanjas.

#### **VI.26. PRUEBA HIDROSTÁTICA DE TUBERÍA DE CONCRETO PRESFORZADO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** La realización de esta prueba será ordenada por la D.G.C.O.H. para la longitud total de la línea de conducción, para un tramo parcial o en varios parciales, continuos o separados.

Las longitudes de los tramos por probar y el seccionamiento a utilizar deberán ser aprobados por el supervisor. El seccionamiento de la línea de conducción, en el que se efectuará la prueba hidrostática, se hará por medio de piezas especiales, acopladuras tipo espiga, campana o doble campana, que se instalarán en cada uno de los extremos. El empuje que sufran dichas pantallas será contrarrestado por los tramos adyacentes de la propia tubería, para lo cual el contratista tomará las medidas necesarias para que no sufran desplazamiento durante el tiempo de duración de la prueba, debiendo retacar por lo menos 5 ( cinco ) juntas hacia cada lado. Las pantallas se quitarán una vez terminado y aprobado el tramo.

**Procedimiento de prueba.** Esta prueba se realiza llenando lentamente la tubería, expulsando todo el aire contenido en la misma y manteniéndola llena, a una presión aproximada de una atmósfera, hasta lograr que se sature la tubería, el tiempo necesario para saturarla se estima en siete días, debiendo reponer durante este tiempo el agua que se vaya consumiendo.

Cuando se considere que la tubería está totalmente saturada, se procederá a elevar la presión, hasta alcanzar la presión máxima de servicio, incluyendo las sobrepresiones debidas a los fenómenos transitorios, debiendo mantenerse ésta durante el tiempo necesario para realizar el recorrido del tramo en prueba y comprobar el buen funcionamiento de éste. Una vez terminada la fase anterior la presión se reducirá a un valor cercano a la presión máxima, para este tramo, en régimen de escurrimiento permanente, debiendo mantener esta presión durante un lapso de 24 (veinticuatro) horas. El objeto de esta fase de la prueba es medir los volúmenes de agua que es necesario inyectar al tramo de la línea en prueba para mantener la presión constante.

Cuando las pérdidas de agua sean mayores a las indicadas, o vayan aumentando en vez de ir decreciendo con el transcurso del tiempo durante el llenado o la prueba final, se deberá proceder a la revisión de la tubería para localizar las fugas y proceder a su reparación.

Una vez aprobado el tramo de tubería, quedará a cargo del contratista el transporte del agua al siguiente tramo en el cual se efectuará la prueba, con las pérdidas mínimas posibles.

Cuando se utilicen pantallas o membranas de seccionamiento, instaladas en los extremos de la tubería, donde no sea posible resistir el empuje con la ayuda de la tubería adyacente, el contratista podrá usar métodos convenientes de atraques, muertos de concreto o apoyos contra el terreno cuando este lo permita y en cuyos casos el contratista estará obligado, una vez que se haya efectuado la prueba, a demoler dichos atraques, muertos u otras de apoyo, retirando los materiales resultantes de dichas demoliciones al lugar indicado por el supervisor. El supervisor deberá dar constancia por escrito al contratista de su aceptación a entera satisfacción de cada tramo de tubería que haya sido probado. En esta constancia deberá detallarse en forma pormenorizada el proceso y resultado de las pruebas efectuadas.

En las juntas que lleguen a presentar fugas de agua o fallas, deberán encontrarse las causas de éstas y proceder a corregirlas, volviendo a efectuar la prueba, tantas veces como sea necesario hasta comprobar que las fugas o fallas han desaparecido.

## **VI.27. INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE CONCRETO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por "Instalación de tubería de concreto para alcantarillado", el conjunto de operaciones que debe ejecutar el contratista para colocar en forma definitiva según el proyecto

y/o las ordenes del supervisor, la tubería de concreto simple o reforzado, ya sea de macho y campana o de espiga, que se requiera para la construcción de redes de alcantarillado.

La colocación de la tubería de concreto se hará de tal manera que en ningún caso se tenga una desviación mayor de 5 (cinco) milímetros en la alineación nivel de proyecto, cuando se trate de tubería hasta de 60 (sesenta) centímetros (24") de diámetro, o de 10 (diez) milímetros cuando se trate de diámetros mayores. Cada pieza deberá tener un apoyo completo y firme en toda su longitud para lo cual se colocará de modo que el cuadrante inferior de su circunferencia descansa en toda su superficie sobre la plantilla o fondo de la zanja. No se permitirá colocar los tubos sobre piedras, calzas de madera y soportes de cualquier otra índole.

La tubería de concreto se colocará con la campana o la caja de la espiga hacia aguas arriba y se empezará su colocación de aguas abajo hacia aguas arriba. Los tubos serán junteados entre sí con mortero de cemento - arena en proporción 1 : 3.

Para la colocación de tubería de concreto, se procederá a limpiar cuidadosamente su junta libre quitándole la tierra o materiales extraños con cepillo de alambre y en igual forma la junta de tubo por colocar. Una vez hecha esta limpieza se humedecerán los extremos de los tubos que formarán la junta y se llenarán las semicircunferencias inferiores de la campana o caja para espiga del tubo ya colocado, y la semicircunferencia superior exterior del macho o espiga del tubo forzándolos para que el mortero sobrante en la junta escurra fuera de ella. Se limpiará el mortero excedente y se llenarán los huecos que hubiese en las juntas, con mortero en cantidad suficiente para formar un bordo que la cubra exteriormente. Las superficies interiores de los tubos en contacto deberán quedar exactamente rasantes.

La impermeabilidad de los tubos de concreto y sus juntas, será probado por el contratista en presencia del supervisor y según lo determine este último, en una de las dos formas siguientes:

- a) **Prueba hidrostática accidental.** Esta prueba consistirá en dar, a la parte más baja de la tubería, una carga de agua que no excederá de un tirante de dos metros. Se hará anclado con relleno del producto de la excavación, la parte central de los tubos y dejando totalmente libre las juntas de los mismos. Si el junteo está defectuoso y las juntas acusaran fugas, el contratista procederá a descargar la tubería y rehacer las juntas defectuosas. Se repetirá esta prueba hidrostática cuando haya fugas, hasta que no se presenten las mismas a satisfacción del supervisor. Esta prueba hidrostática accidental únicamente se hará en los casos siguientes:

- Cuando el supervisor tenga sospechas fundadas de que existen defectos en el junteo de los tubos de alcantarillado.
- Cuando el supervisor, por cualquier circunstancia, recibió provisionalmente parte de la tubería de un tramo existente entre pozo y pozo de visita.
- Cuando las condiciones del trabajo requieran que el contratista rellene zanjas en las que, por cualquier circunstancia se puedan ocasionar movimientos en las juntas, en este último caso el relleno de las zanjas servirá de anclaje a la tubería.

**b) Prueba hidrostática sistemática.** Esta prueba se hará en todos los casos en que no se haga la prueba accidental. Consiste en vaciar, en el pozo de visita aguas arriba del tramo por probar, el contenido de agua de una pipa, que desagüe al citado pozo de visita con una manguera de diámetro adecuado, por ejemplo 4" o 6" de diámetro, dejando correr el agua libremente a través del tramo de alcantarillado por probar.

En el pozo aguas abajo el contratista instalará una bomba a fin de evitar que se forme un tirante de agua que pueda deslavar las últimas juntas de mortero de cemento que aún estén frescas. Esta prueba hidrostática tiene por objeto determinar si es que la parte inferior de las juntas se retacó debidamente con mortero de cemento, en caso contrario, presentarán fugas por la parte inferior de las juntas de los tubos de concreto.

Si el junteo acusa defectos en esta prueba, el contratista procederá a la reparación inmediata de las juntas defectuosas y se repetirá esta prueba hidrostática hasta que la misma acuse un junteo correcto.

El supervisor solamente recibirá del contratista tramos de tubería totalmente terminadas entre pozo y pozo de visita o entre dos estructuras sucesivas que formen parte del alcantarillado; habiéndose verificado previamente la prueba de impermeabilidad y comprobado que toda la tubería se encuentra limpia, sin escombros ni obstrucciones en toda su longitud.

## **VI.28. CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE VISITA Y CAJAS DE CAÍDA.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderán por pozos de visita las estructuras diseñadas y destinadas para permitir el acceso al interior de las tuberías de alcantarillado, especialmente para las operaciones de su limpieza.

Estas estructuras serán construidas en los lugares que señale el proyecto y/o que ordene el supervisor durante el curso de la instalación de las tuberías. No se permitirá que existan más de 125 ( ciento veinticinco ) metros instalados de tubería de alcantarillado sin que estén terminados los respectivos pozos de visita.

La construcción de la cimentación de los pozos de visita deberá hacerse previamente a la colocación de las tuberías para evitar que se tenga que excavar bajo los extremos de las tuberías y que estos sufran desalojamientos.

Los pozos de visita se construirán según el plano aprobado por la D.G.C.O.H. y serán de mampostería común de tabique juntada con mortero de cemento y arena en proporción de 1 : 3. Los tabiques deberán ser mojados previamente a su colocación, con juntas de espesor no mayor que 1.5 ( uno y medio ) centímetros. Cada hilada deberá quedar desplazada con respecto a la anterior en tal forma que no exista coincidencia entre las juntas verticales de los tabiques que las forman ( cuatrapeado ).

El paramento interior se recubrirá con un aplanado de mortero de cemento de proporción 1 : 3 y con un espesor mínimo de 1.0 ( uno ) centímetro que será terminado con llana o regla y pulido fino de cemento.

El aplanado se curará. se emplearán cerchas para construir los pozos y posteriormente comprobar su sección. Las inserciones de las tuberías con estas estructuras se emboquillarán en la forma indicada en los planos o en la que prescriba el supervisor.

Al construir la base de concreto de los pozos de visita, se harán en ellas los canales de "media caña" correspondientes, por alguno de los procedimientos siguientes:

- a) Al hacerse el colado del concreto de la base se formarán directamente las "medias cañas", mediante el empleo de cerchas.

- b) Se construirán de mampostería de tabique y mortero de cemento dándoles su forma adecuada, mediante cerchas.
- c) Se ahogarán tuberías cortadas a "media caña" al colarse el concreto, para lo cual se continuarán dentro del pozo los conductos del alcantarillado, colando después el concreto de la base hasta la mitad de la altura de los conductos del alcantarillado dentro del pozo, cortándose a cinco la mitad superior de los conductos después de que endurezca suficientemente el concreto de la base, a juicio del supervisor.
- d) Se pulirán cuidadosamente, en su caso, los canales de "media caña" y serán acabados de acuerdo con los planos del proyecto.

Cuando así lo señale el proyecto, se construirán pozos de visita de "tipo especial", según los planos que proporcionará oportunamente la D.G.C.O.H. al contratista, los que fundamentalmente estarán formados de tres partes. En su parte inferior una caja rectangular de mampostería de piedra de tercera, junteada con mortero de cemento 1:3, en la cual se emboquillarán las diferentes tuberías que concurren al pozo y cuyo fondo interior tendrá la forma indicada en el plano tipo correspondiente; una segunda parte formada por la chimenea del pozo, con su brocal y tapa; ambas partes se ligan por una pieza de transición, de concreto armado, indicada en los planos tipo.

Cuando existan cajas de caída que formen parte del alcantarillado, éstas podrán ser de dos tipos:

- a) Caidas de altura inferior a 0.50 m. Se construirán dentro del pozo de visita sin modificación alguna a los planos tipo de las mismas.
- b) Caidas de altura entre 0.50 m y 2.0 m. Se construirán las cajas de caída adosadas a los pozos de visita de acuerdo con el plano tipo respectivo de ellas.

La mampostería de tercera y el concreto que se requiera para la construcción de los pozos de visita de "tipo especial" y las cajas de caída, deberán llenar los requisitos señalados en las especificaciones relativas a esos conceptos de trabajo.

#### **VI.29. BROCALES Y TAPAS PARA POZOS DE VISITA.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por colocación de brocales, tapas y coladeras a las actividades que ejecute el contratista en los pozos de visita y coladeras pluviales de acuerdo con el proyecto y o las ordenes del supervisor.

Cuando el proyecto y/o las ordenes del supervisor lo señalen, los brocales, tapas y coladeras deberán ser de fierro fundido.

La colocación de brocales, tapas y coladeras de fierro fundido serán estimadas y liquidadas de acuerdo con este concepto en su definición implícita.

Cuando de acuerdo con el proyecto y/o las ordenes del supervisor, los brocales, tapas y rejillas deban ser de concreto, serán fabricados y colocados por el contratista.

El concreto que se emplee en la fabricación de brocales, tapas y rejillas deberá tener una resistencia  $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$  y ser fabricado de acuerdo con las especificaciones respectivas.

#### **VI.30. CONEXIONES DOMICILIARIAS ( SLANT Y CODO ).**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** El trabajo consiste en perforar tuberías de concreto simple o reforzado de la red de alcantarillado, para la inserción de la acometida de SLANT, debiendo ejecutarse sin que el tubo se agriete, así como cuidar el manejo de los accesorios de la toma domiciliaria.

El contratista instalará las conexiones domiciliarias, a partir del paramento exterior de los edificios en el sitio que señalen los planos o prescriba el supervisor y las terminará conectándolas en la inserción correspondiente en el alcantarillado; el otro extremo de la conexión, según lo determine el supervisor, lo tapará el contratista con tapa de ladrillo y mortero pobre de cemento, si éste existiere.

Las conexiones formarán con el alcantarillado un ángulo aproximado de  $90^\circ$  en planta.

Excepcionalmente se admitirán inflexiones con ángulos distintos al citado. Los codos, se anclarán a satisfacción del supervisor. Para las conexiones se usará tubo de 15 ( quince ) centímetros, y 20 ( veinte ) centímetros o más de diámetro a juicio del supervisor.

La pendiente mínima que en general se admitirá para la tubería de la conexión será del 1 %, y el colchón sobre el lomo del tubo en cualquier lugar de su longitud, tendrá como mínimo 90 ( noventa ) centímetros; previa autorización escrita del supervisor, la pendiente podrá reducirse a un medio por ciento, pero únicamente cuando ello sea necesario, a fin de dejar el colchón mínimo de 90 ( noventa ) centímetros.

Antes de construir las conexiones, el contratista se cerciorará de la profundidad de la salida del albañal del predio, si existiera y de las condiciones de pendiente existentes dentro del interior del mismo, a fin de evitar que cuando se construyan los albañales en el interior del predio, ellos queden faltos de colchón, o faltos de la pendiente debida. Si no fuera posible satisfacer ambos requisitos de colchón y pendiente mínimos: el contratista no hará la conexión y deberá comunicarlo por escrito al supervisor para que este resuelva lo procedente.

Para hacer las conexiones domiciliarias se construirán primero las de un solo lado de determinado tramo del alcantarillado, después de terminadas totalmente éstas, se construirán las del otro lado.

### **VI.31. MAMPOSTERÍA Y ZAMPEADO PARA ESTRUCTURAS.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por "mampostería de piedra" la obra formada por fragmentos de roca, unidas por mortero de cemento; cuando la mampostería se construya sin el uso de mortero para el junteado de las piedras únicamente por acomodo de las mismas, se denominará "mampostería seca o zampeado". Cuando el zampeado ya construido en seco según la especificación anterior se recubra y se llenen sus juntas con una capa de mortero de cemento, se conocerá como "zampeado con mortero de cemento".

Comprende el suministro de todos los materiales que intervienen en la construcción; la piedra deberá ser de buena calidad, homogénea, fuerte, durable y resistente a la acción de los agentes atmosféricos, sin grietas ni partes alteradas; sus dimensiones serán fijadas por el supervisor, tomando en cuenta las dimensiones de la estructura correspondiente, y solo excepcionalmente se admitirán piedras en forma redonda. Cada piedra se

limpiará cuidadosamente y se mojará antes de colocarla, debiendo quedar sólidamente asentada sobre las adyacentes, separadas únicamente por una capa adecuada de mortero. El mortero de cemento que se emplee para juntear la mampostería, deberá tener la proporción que señale el proyecto. El mortero podrá hacerse a mano o a máquina, según convenga de acuerdo con el volumen que se necesite.

### **VI.32. MUROS DE TABIQUE RECOCIDO O BLOCK DE CEMENTO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Muro de mampostería de tabique es la obra de albañilería formada por tabiques unidos entre sí por medio de mortero cemento - arena en proporción 1 : 5, para formar lienzos, mochetas, repisones, escalones forjados, etc. Los tabiques podrán ser colorado común, prensado, o cualquier otro tipo ordenado por el proyecto y/o por el supervisor.

El material empleado en los muros de tabique común deberá ser nuevo, con bordes rectos y paralelos, con esquinas rectangulares, y afectando la forma de un prisma rectangular. Su estructura será compactada y homogénea, no presentará en su acabado imperfecciones que disminuyan su resistencia, duración o aspecto: a la percusión producirá un sonido metálico.

Será de buena calidad, resistente, homogéneo, durable, capaz de resistir a la acción del intemperismo, y de grano fino. Todos los tabiques deberán ser aproximadamente del mismo color, sin chipotes, reventaduras, grietas y otros defectos. En general, el tabique colorado común tendrá un ancho igual al doble de su peralte y un largo igual al cuádruplo de dicho peralte. Todos los tabiques serán senciblemente de las mismas dimensiones, en el momento de ser colocados los tabiques deberán estar libres de polvo, aceite, grasa y cualquier otra sustancia extraña que impida una adherencia efectiva del mortero que se emplee en el junteo.

*Mampostería o muro de tabique prensado* es la obra ejecutada con tabique prensado de mortero de cemento, cuyos agregados están constituidos por arena, tepetate, tezontle o piedra pómez. Los tabiques prensados se usan tanto en muros aislados, de carga, de relleno, así como en los aparentes.

El tabique prensado tendrá color homogéneo y estará libre de imperfecciones en su acabado, debiéndose desechar las piezas que tengan las aristas deterioradas o que presenten alguna mancha en la cara que va a quedar visible.

El mortero de cemento o cal con que se juntarán y asentarán los tabiques se compondrá de cemento y arena fina, de acuerdo con lo estipulado en el proyecto y/o las ordenes del supervisor, agregándose el agua que sea necesaria para obtener la consistencia y plasticidad debidas.

Todos los tabiques se asentarán y juntarán con mortero fresco una vez limpiados perfectamente y saturados con agua, y se acomodarán sin dar tiempo a que el mortero endurezca.

El mortero que se vaya requiriendo para la fabricación de las mamposterías de tabique, deberá ser fabricado de tal forma que sea utilizado de inmediato dentro de los treinta minutos posteriores a su fabricación, desechándose el material que sobrepasa el lapso estipulado.

El espesor del mortero de cemento entre los tabiques deberá ser de medio a uno y medio centímetros, según lo indicado en el proyecto y/o las ordenes del supervisor. Las juntas de asiento de los tabiques deberán formar hiladas horizontales y las juntas verticales quedarán cuatrapeadas y a plomo. Las juntas se llenarán y entallarán correctamente con mortero en toda su longitud conforme progresa la construcción. Las juntas visibles en los parámetros se conformarán y entallarán con juntas de intemperie, a menos que el proyecto ordene otra cosa. Cuando las juntas sean visibles y se empleen como motivo de ornato, se entallarán con una entrante o una saliente de mortero de cal o cemento, las que tendrán forma achaflanada o semicircular y su ancho estará comprendido entre 1.0 (uno) y 1 ½ (uno y medio) centímetros, con las modificaciones señaladas en el proyecto.

Las juntas que por cualquier motivo no se hubieran entallado al asentar el tabique, se mojarán perfectamente con agua limpia y se llenarán con mortero hasta el reborde de las mismas. Mientras se realiza el entallado de estas juntas, la parte de muro, mocheta o mampostería en general se conservará mojada.

No se permitirá que el peralte de una hilada sea mayor que el de la inferior, excepción hecha de cuando se trate de hiladas que se ligan al "lecho bajo" de una trabe o estructura, o bien que ello sea requerido por el aparejo empleado en la mampostería de acuerdo con el proyecto y/o las ordenes del supervisor. Se evitará el uso de lajas, calzas o cualquier otro material de relleno, salvo cuando éste sea indispensable para llenar huecos irregulares o cuando forzosamente se requiera una pieza especial para completar la hilada.

En general el espesor de las obras de mampostería de tabique colorado común cocido será de 7 (siete), 14 (catorce), 28 (veintiocho) o 42 (cuarenta y dos) centímetros, de acuerdo con lo señalado en el proyecto y/o las ordenes del supervisor.

En general el espesor de los muros y mampostería de tabique prensado será de 5 (cinco), 10 (diez), 20 (veinte) o 30 (treinta) centímetros, según lo señalado en el proyecto y/o las ordenes del supervisor.

En la construcción de muros se deberán humedecer bien los tabiques antes de colocarse, se nivelará la superficie del desplante, se trazarán los ejes o paños de los muros utilizando hilos y crucetas de madera; es conveniente al iniciar el muro levantar primero las esquinas, pues éstas sirven de amarre a los hilos de guía, rectificándose las hiladas con el plomo y el nivel conforme se va avanzando el muro o muros.

### **VI.33. FABRICACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONCRETO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por concreto el producto endurecido resultante de la combinación y mezcla de cemento Portland, agua y agregados pétreos en proporciones adecuadas, pudiendo o no tener aditivos para su mejoramiento.

La construcción de estructuras y el revestimiento de canales con concreto, deberá hacerse de acuerdo con las líneas, elevaciones y dimensiones que señale el proyecto y/o que ordene el supervisor.

Las dimensiones de las estructuras que señale el proyecto quedarán sujetas a las modificaciones que ordene el supervisor cuando así lo crea conveniente. El concreto empleado en la construcción, en general, deberá tener una resistencia a la compresión por lo menos igual al valor indicado para cada una de las partes de la obra, conforme a los planos y estipulaciones del proyecto. El contratista deberá proporcionar las facilidades necesarias para la obtención y manejo de muestras representativas para pruebas de concreto en las plantas mezcladoras.

La localización de las juntas de construcción deberá ser aprobada por el supervisor.

Se entenderá por cemento Portland el material proveniente de la pulverización del producto obtenido (clinker) por fusión incipiente de materiales arcillosos y calizas que contengan los óxidos de calcio, silicio,

aluminio y fierro, en cantidades convenientemente calculadas y sin más adición posterior que yeso sin calcinar y agua, así como otros materiales que no excedan del 1 % ( uno por ciento ) del peso total y que no sean nocivos para el comportamiento posterior del cemento.

Dentro de los materiales que de acuerdo con la definición deben considerarse como nocivos, quedan incluidas todas aquellas sustancias inorgánicas de las que se conoce un efecto retardante en el endurecimiento. Los diferentes tipos de mortero Portland se usarán como sigue:

TIPO I. Será de uso general cuando no se requiera que el cemento tenga las propiedades especiales señaladas para los tipos II, III, IV, V.

TIPO II. Se usará en construcciones de concreto expuestas a la acción moderada de sulfato o cuando se quiera un calor de hidratación moderado.

TIPO III. Se usará cuando se requiera una alta resistencia rápida.

TIPO IV. Se usará cuando se requiera un calor de hidratación bajo.

TIPO V. Se usará cuando se requiera una alta resistencia a la acción de sulfatos.

El cemento Portland de cada uno de los cinco puntos antes señalados deberá cumplir con las especificaciones físicas y químicas de acuerdo a Normas Oficiales.

Se entenderá por cemento Portland Puzolánico el material que se obtiene por la molienda simultánea de clinker Portland, puzolanas naturales o artificiales y yeso. En dicha molienda es permitida la adición de otros materiales que no excedan del 1 % ( uno por ciento ) y que no sean nocivos para el comportamiento posterior del cemento.

Dentro de los materiales que de acuerdo con la definición deben considerarse como nocivos, quedan incluidas todas aquellas sustancias inorgánicas de las que se conoce un efecto retardante en el endurecimiento.

Se entienden por puzolanas aquellos materiales compuestos principalmente por óxidos de silicio o por sales cálcicas de los ácidos silícicos que en presencia del agua y a la temperatura ambiente sean capaces de reaccionar con el hidróxido de calcio para formar compuestos cementantes.

La arena que se emplee para la fabricación de mortero y concreto, y que en su caso deba proporcionar el contratista, deberá consistir en fragmentos de roca duros de un diámetro no mayor de 5 ( cinco ) milímetros, densos y durables, libres de cantidades objetables de polvo, tierra, partículas de tamaño mayor, pizarras, álcalis, materia orgánica, tierra vegetal, mica y otras sustancias perjudiciales y deberán satisfacer los requisitos siguientes:

- a) Las partículas no deberán tener forma lajada o alargada, sino aproximadamente esféricas o cúbicas.
- b) El contenido del material orgánico deberá ser tal, que en la prueba de color ( ASTM designación C-40 ), se obtenga un color más claro que el estándar, para que sea satisfactorio.
- c) El contenido de polvo, partículas menores de 74 ( setenta y cuatro ) micras: cedazo número 200 ( doscientos ) ( ASTM designación C-117 ) no deberá exceder del 3 % ( tres por ciento ) en peso.
- d) El contenido de partículas suaves, tepetates, pizarras, etc. sumado con el contenido de arcillas y limo no deberá exceder del 6 % ( seis por ciento ) en peso.
- e) Cuando la arena se obtenga de bancos naturales de este material, se procurará que su granulometría esté comprendida entre los límites máximos y mínimos, especificación ASTM E.11.3a.

Cuando se presenten serias dificultades para conservar la graduación de la arena dentro de los límites citados, el supervisor podrá autorizar algunas ligeras variaciones al respecto. Salvo en los casos en que el supervisor otorgue autorización expresa por escrito, la arena se deberá lavar siempre.

La arena entregada a la planta mezcladora deberá tener un contenido de humedad uniforme y estable, no mayor de 6 % ( seis por ciento ).

El agregado grueso que se utilice para la fabricación de concreto y que en su caso deba proporcionar el contratista, consistirá en fragmentos de roca duros, de un diámetro mayor de 5 ( cinco ) milímetros, densos y

durables, libres de cantidades objetables de polvo, tierra y otras sustancias perjudiciales y deberá satisfacer los siguientes requisitos.

- a) Las partículas no deberán tener forma lajada o alargada, sino aproximadamente esféricas o cúbicas.
- b) La densidad absoluta no deberá ser menor de 2,4.
- c) El contenido de polvo, partículas menores de 74 ( setenta y cuatro ) micras: cedazo número 200 ( doscientos ) ( ASTM designación C - 117 ) no deberá exceder del 5 % ( cinco por ciento ) en peso.
- d) El contenido de partículas suaves determinado por la prueba respectiva " Método Standard de U.S. Bureau of Reclamation " ( designación 1.8 ), no deberá exceder del 5 % ( cinco por ciento ) en peso.
- e) No deberá contener materia orgánica, sales o cualquier otra sustancia extraña en proporción perjudicial para el concreto.

Cuando se empleen tolvas para el almacenamiento y el proporcionamiento de los agregados para el concreto, éstas deberán ser construidas de manera que se limpien por sí mismas y se descarguen hasta estar prácticamente vacías por lo menos cada 48 ( cuarenta y ocho ) horas.

La carga de las tolvas deberá hacerse en tal forma que el material se coloque directamente sobre las descargas, centrado con respecto a las tolvas. El equipo para el transporte de los materiales ya dosificados hasta la mezcladora, deberá estar construido y ser mantenido y operado de manera que no haya pérdidas de materiales durante el transporte ni se mezclen distintas cargas.

Los ingredientes del concreto se mezclarán perfectamente en mezcladoras de tamaño y tipo aprobado, y diseñadas para asegurar positivamente la distribución uniforme de todos los materiales componentes al final del periodo de mezclado.

El tiempo se medirá después de que estén en la mezcladora todos los materiales, con excepción de la cantidad total de agua. Los tiempos mínimos de mezclado han sido especificados basándose en un control apropiado de la velocidad de rotación de la mezcladora y de la introducción de los materiales, quedando a juicio del supervisor el aumentar el tiempo de mezclado cuando lo juzgue conveniente.

El concreto deberá ser uniforme en composición y consistencia de carga en carga, excepto cuando se requieran cambios en composición o consistencia. El agua se introducirá en la mezcladora, antes, durante y después de la carga de la mezcladora. No se permitirá el sobremezclado excesivo que requiera la adición de agua para preservar la consistencia requerida del concreto. Cualquier mezcladora que en cualquier tiempo no dé resultados satisfactorios se deberá reparar rápida y efectivamente o deberá ser sustituida.

La cantidad de agua que entre en la mezcladora para formar el concreto, será justamente la suficiente para que en el tiempo normal de mezclado, produzca un concreto que a juicio del supervisor pueda trabajarse convenientemente en su lugar sin que haya segregación y que con los métodos de acomodamiento estipulados por el supervisor produzcan la densidad, impermeabilidad y superficies lisas deseadas.

No se permitirá el mezclado por mayor tiempo del normal para conservar la consistencia requerida del concreto. La cantidad de agua deberá cambiarse de acuerdo con las variaciones de humedad contenida en los agregados, a manera de producir un concreto de la consistencia uniforme requerida.

No se vaciará concreto para revestimientos, cimentación de estructuras, dentellones, etc., hasta que toda el agua que se encuentre en la superficie que vaya a ser cubierta con concreto haya sido desalojada. No se vaciará concreto en agua sino con la aprobación escrita del supervisor, y el método de depósito del concreto estará sujeto a su aprobación. No se permitirá vaciar concreto en agua corriente y ningún colado deberá estar expuesto a una corriente de agua sin que haya alcanzado su fraguado inicial.

El concreto que se haya endurecido al grado de no poder colocarse, será desechado. El concreto se vaciará siempre en su posición final y no se dejará que escurra, permitiendo o causando segregación.

No se permitirá la separación excesiva del agregado grueso a causa de dejarlo caer desde gran altura o muy desviado de la vertical o porque choque contra las formas o contra las varillas de refuerzo; donde tal separación pudiera ocurrir se colocarán canaletas y deflectores adecuados para confinar y controlar la caída del concreto, se colocará en capas continuas aproximadamente horizontales cuyo espesor generalmente no excederá de 50 ( cincuenta ) centímetros.

La cantidad del concreto depositado en cada sitio estará sujeta a la aprobación del supervisor. Las juntas de construcción serán aproximadamente horizontales a no ser que se muestren de otro modo en los planos o que lo ordene el supervisor y se les dará la forma prescrita usando moldes donde sea necesario o se asegurará

una unión adecuada con la colada subsecuentemente, retirando la "nata superficial" a base de una operación de "picado" satisfactoria.

Todas las intersecciones de las juntas de construcción con superficies de concreto quedarán a la vista, se harán rectas y a nivel o a plomo según el caso.

Cada capa de concreto se consolidará mediante vibrado hasta la densidad máxima practicable, de manera que quede libre de bolsas de agregado grueso y se acomode perfectamente contra todas las superficies de los moldes y materiales ahogados. Al compactar cada capa de concreto, el vibrado se pondrá en posición vertical y se dejará que la cabeza vibradora penetre en la parte superior de la capa subyacente para vibrarla de nuevo.

La temperatura del concreto al colar no deberá ser mayor de 27 (veintisiete) grados centígrados y no deberá ser menor de 4 (cuatro) grados centígrados. En los colados de concreto durante los meses de verano se emplearán medios efectivos tales como regado del agregado, enfriado del agua de mezclado, colados de noche y otros medios aprobados para mantener la temperatura máxima especificada.

En caso de tener temperaturas menores de 4 (cuatro) grados centígrados no se harán colados de concreto.

El concreto se compactará por medio de vibradores eléctricos o neumáticos del tipo de inmersión. Los vibradores de concreto que tengan cabezas vibradoras de 10 (diez) centímetros o más de diámetro se operan a frecuencias por lo menos de 6 000 (seis mil) vibraciones por minuto cuando sean metidos en el concreto.

Los vibradores de concreto que tengan cabezas vibradoras de menos de 10 (diez) centímetros de diámetro se operarán cuando menos a 7 000 (siete mil) vibraciones por minuto cuando estén metidos en el concreto. Las nuevas capas de concreto no se colocarán sino hasta que las capas coladas previamente hayan sido debidamente vibradas. Se tendrá cuidado en evitar que la cabeza vibradora haga contacto con las superficies de las formas de madera.

Todo el concreto se "curará" con membranas o con agua. Las superficies superiores de muros serán humedecidas con yute mojado u otros medios efectivos tan pronto como el concreto se haya endurecido lo suficiente para evitar que sea dañado por el agua y las superficies se mantendrán húmedas hasta que se

aplique la composición para sellar. Las superficies moldeadas se mantendrán húmedas antes de remover las formas y durante la remoción.

El concreto curado con agua se mantendrá mojado por lo menos por 21 ( veintiún ) días inmediatamente después del colado del concreto o hasta que sea cubierto con concreto fresco, por medio de material saturado de agua o por un sistema de tuberías perforadas, regaderas mecánicas o mangueras porosas, o por cualquier otro método aprobado por el supervisor, que conserven las superficies que se van a curar continuamente ( no periódicamente ) mojadas. El agua usada por el curado llenará los requisitos del agua usada en la mezcla del concreto.

El curado con membrana se hará con la aplicación de una composición para sellar con pigmento blanco que forme una membrana que retenga el agua en las superficies de concreto.

Para usar la composición para sellar, se agitará previamente a fin de que el pigmento se distribuya uniformemente en el vehículo. Se revolverá por medio de un agitador mecánico efectivo operado por motor, por agitación por aire comprimido introducido en el fondo del tambor, por medio de un tramo de tubo o por otros medios efectivos. Las líneas de aire comprimido estarán provistas de trampas efectivas para evitar que el aceite o la humedad entren en la composición.

#### **VI.34. PLANTILLAS COMPACTADAS.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Cuando a juicio del supervisor el fondo de las excavaciones donde se desplantarán las cimentaciones no ofrezca la consistencia necesaria para sustentarlas y mantenerlas en posición estable; cuando las excavaciones hayan sido hechas en roca que por su naturaleza no haya podido afinarse en grado tal que la estructura de la cimentación tenga el asiento correcto y/o cuando el proyecto y/o el supervisor así lo ordenen, se construirá una plantilla apisonada de 10 ( diez ) centímetros de espesor mínimo, hecha con pedacera de tabique, tezontle, piedra triturada o cualquier otro material adecuado para dejar una superficie nivelada para un correcto desplante de las estructuras de la cimentación.

La plantilla se construirá en toda o en parte de la superficie que cubrirá la estructura de la cimentación, según lo indicado en el proyecto y/o por las ordenes del supervisor.

La compactación de la plantilla se efectuará en forma manual o con equipo mecánico, buscándose la uniformidad en toda la superficie de la excavación, hasta obtener el espesor estipulado en el proyecto y/o las ordenes del supervisor. En la compactación de las plantillas se utilizará un pisón con placa de fierro y previamente se aplicará al material la humedad necesaria para facilitar la compactación.

La plantilla se apisonará hasta que el rebote del pisón señale que se ha logrado la mayor compactación posible, para lo cual al tiempo del apisonado se humedecerá el material en forma adecuada.

Las plantillas deberán de construirse antes de iniciar el desplante de las estructuras de la cimentación que soportarán y previamente a la iniciación de la construcción de las estructuras el contratista deberá recabar el visto bueno del supervisor para la plantilla construida, ya que en caso contrario éste podrá ordenar, si así considera conveniente, que se levanten las partes de cimentación ya construidas y las superficies de plantillas que considere defectuosas y que se construyan nuevamente en forma correcta, sin que el contratista tenga derecho a una compensación adicional por este concepto.

Cuando de acuerdo con lo estipulado en el proyecto y/o por las ordenes del supervisor se requiera la construcción de una plantilla cementada, ésta se formará agregando a los materiales base, un mortero lo suficientemente fluido para que con el apisonado se logre la máxima homogeneidad y reducción de vacíos. La graduación de los materiales empleados para la fabricación del mortero será de 1 : 5.

### **VI.35. SUMINISTRO DE TUBERÍAS DE CONCRETO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por suministro de tubería de concreto el que haga el contratista de aquellas que se requieran para construcción de redes de alcantarillado de acuerdo con lo estipulado en el contrato.

Todos los tubos de concreto serán de un solo grado de calidad y tipo. Se entiende por tubos de concreto sin reforzar para alcantarillado, aquellos conductos construidos de concreto y provistos de un sistema de junteo adecuado para formar en condiciones satisfactorias una tubería continua.

Se entenderá por tubos de concreto reforzado para alcantarillado y para alcantarillas, aquellos conductos contruidos de concreto reforzado y provistos de un sistema de junteo adecuado para formar en condiciones satisfactorias una tubería continua.

**Dimensiones.** Las dimensiones de los tubos serán las indicadas en la Normatividad Oficial Vigente, respetando sus tolerancias. Para tubos de concreto reforzado, el espesor, el diámetro interior, el área total del acero de refuerzo y la resistencia del concreto, serán los estipulados en tablas.

El refuerzo circunferencial podrá hacerse con anillos o bien con varilla de acero enrollada helicoidalmente.

**Espaciamiento máximo de los anillos de centro a centro.** En tubos de 122 ( ciento veintidós ) centímetros o menores, 10 ( diez ) centímetros.

En tubos mayores de 122 ( ciento veintidós ) centímetros, no excederá el espesor del tubo, pero en ningún caso será mayor de 15 ( quince ) centímetros.

En todos los tubos de 91 ( noventa y uno ) centímetros de diámetro o mayores, la junta tendrá un refuerzo circunferencial igual al correspondiente a un anillo.

El recubrimiento mínimo de concreto que deberá llevar el refuerzo circunferencial será de 25.4 ( veinticinco punto cuatro ) milímetros.

Cuando se use una sola línea de refuerzo circular, se colocará a distancias iguales de las superficies exterior e interior del tubo y cuando se usan dos líneas, una sola se colocará cerca de la superficie interior y la otra de la superficie exterior del tubo.

La línea sencilla de refuerzo elíptico usada en tubos circulares, se colocará cerca de la superficie interior del lomo y del lecho bajo del tubo y cerca de la superficie exterior en los lados del diámetro horizontal del tubo.

El refuerzo longitudinal debe cumplir con espaciamiento máximo de las barras de 30 ( treinta ) centímetros.

**Área de refuerzo mínima.** 1.0 ( uno ) centímetro cuadrado por metro.

**Número mínimo de barras longitudinales.** En tubos de 240 ( doscientos cuarenta ) centímetros de largo y menores, 6 ( seis ) de 1/4" de diámetro.

En tubos de 240 ( doscientos cuarenta ) centímetros de 360 ( trescientos sesenta ) centímetros de largo, 6 ( seis ) de 5/16" de diámetro.

En tubos de 360 ( trescientos sesenta ) centímetros de 480 ( cuatrocientos ochenta ) centímetros de largo, 6 ( seis ) de 3/8" de diámetro.

Los traslapes serán como mínimo de 30 ( treinta ) diámetros cuando se usen varillas de grado estructural y 40 ( cuarenta ) diámetros cuando se usen alambres estirados en frío. Si los miembros están soldados, las partes soldadas deberán tener una resistencia a la tensión de por lo menos 3 675 kg/cm<sup>2</sup>.

**Proporcionamiento.** Los agregados, el cemento y el agua se medirán en forma adecuada para fabricar los tubos de la calidad y diseño requeridos, pudiendo emplearse los aditivos y colorantes que convenga al fabricante. Sin embargo, en ningún caso, la proporción de cemento Portland contenido en la mezcla será menor de 350 ( trescientos cincuenta ) kilogramos por metro cúbico de concreto.

**Resistencia al aplastamiento.** La resistencia al aplastamiento determinada por los métodos de apoyo en tres aristas y de apoyos de arena no será menor de la indicada en tablas.

**Absorción de agua.** La cantidad de agua absorbida en las condiciones estipuladas para la prueba de absorción no deberá pasar del 8 ( ocho ) por ciento del peso inicial de los pedazos de tubo en seco. Los tubos deberán estar substancialmente libres de roturas y grietas grandes o profundas.

Los planos de los extremos de los tubos deberán ser perpendiculares a su eje longitudinal, salvo especificaciones expresas en contra.

Los tubos estarán completamente libres de burbujas, laminaciones o superficies rugosas, que presenten salientes o hendiduras de más de 3 ( tres ) milímetros. Los tubos deberán ser interiormente impermeabilizados con un producto asfáltico, presentando una superficie libre de escurrimientos, vetas, combas, gotas, partes sin cubrir u otros defectos.

La tubería no deberá presentar ninguna fuga durante la prueba hidrostática. No se considerará como falla la aparición de humedad en la superficie o de pequeñas gotas que permanezcan adheridas a la superficie del tubo.

#### **VI.36. SUMINISTRO DE SLANT Y CODO DE CONCRETO.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por suministro de slant y codo de concreto el que haga el contratista de aquellos que se requieran para la instalación de descargas domiciliarias.

Los slants y codos de concreto que suministre el contratista serán de la forma, dimensiones y demás características que señalen los planos del proyecto y respetando los lineamientos establecidos en la Normatividad Oficial.

#### **VI.37. ACARREO DE MATERIALES.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por acarreo de materiales, la transportación de los mismos desde el sitio en que la D.G.C.O.H. se los entregue al contratista; o lugar de compra, cuando sea suministrado por éste último, hasta el sitio de su utilización en las obras objeto del contrato.

#### **VI.38. ACARREO EN CARRETILLA.**

**DEFINICIÓN Y EJECUCIÓN.** Se entenderá por acarreo de materiales en carretilla, la transportación de los mismos desde el sitio que indique el supervisor al lugar de aprovisionamiento o almacenamiento.

## CAPÍTULO VII

### SISTEMAS DE BOMBEO

#### VII.1. ANTECEDENTES.

El sistema de drenaje de la Ciudad de México, está formado por las redes de alcantarillado, colectores, interceptores, emisores y obras de regulación de gastos, las cuales no trabajan totalmente por gravedad; ello se debe, por una parte, a la falta de pendiente natural del terreno y por otra, a los asentamientos generales no uniformes de la zona del lago.

Esto implica la necesidad de escalonar el sistema de ductos e instalar plantas de bombeo para vencer el escalonamiento o desnivel entre alcantarillas y colectores, o entre colectores y emisores o interceptores; además, existen numerosas plantas de bombeo en vialidades, principalmente para desalojar el agua en pasos a desnivel.

#### VII.2. PARTES CONSTITUTIVAS DE UNA PLANTA DE BOMBEO.

Estas pueden variar de acuerdo a las necesidades específicas de cada proyecto. A continuación se enumeran aquéllas que se deben considerar en el proyecto de una planta, aunque algunas partes puedan eliminarse cuando no sean necesarias.

- |                                 |                                    |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. Entrada.                     | 5. Motores.                        |
| 2. Cárcamos de bombeo y bombas. | 6. Subestación y transformadores.  |
| 3. Tuberías de descarga.        | 7. Centro de control de motores.   |
| 4. Descarga.                    | 8. Equipos y edificios auxiliares. |

##### *1. Entrada.*

Las obras por entrada pueden ser:

- a) Colectores, canales, entubamientos o ríos.

- b) Transiciones. En las plantas del D.D.F., las transiciones por lo general, no son graduales, lo que en ocasiones puede llevar a un funcionamiento hidráulico deficiente, en especial de las rejillas. Se recomienda estudiar, en cada caso, la conveniencia de transiciones graduales, ya que en general, son más costosas que las bruscas.
- c) Desarenadores. Pocas son las plantas en operación que cuentan con estos elementos y cuando los tienen, sólo son para retirar gravas. Pueden existir proyectos específicos en que los desarenadores se justifiquen económicamente, si se reducen los gastos de desazolve y reparación o cambio de impulsores.
- d) Rejillas. Por lo general, las plantas en operación sólo cuentan con rejillas gruesas, con separación de 15 a 20 cm; el empleo de rejillas finas puede justificarse en ciertos proyectos, ya que reducen la posibilidad de atascamiento de los impulsores. El manejo de rejillas se realiza, por lo general, con polipastos eléctricos, y la limpieza en forma manual, aunque en ocasiones se puede justificar económicamente el limpia - rejas mecánico y automático, cuando estos equipos se fabriquen en el país.
- e) Compuertas de seccionamiento. Pueden ser deslizantes ( planas ) o radiales, según las necesidades; se utilizan poco en obras de entrada, aunque en ocasiones son necesarias para operaciones de seccionamiento. Debe señalarse que debido a la tendencia a utilizar cárcamos únicos, el seccionamiento es poco factible.

## **2. Cárcamos de Bombeo.**

Por lo general, los cárcamos construidos por el D.D.F., son rectangulares en planta, con el equipo de bombeo colocado en línea, según el eje del cárcamo. En varios casos, la línea de los equipos va al centro del cárcamo y en otros, cerca de los muros longitudinales. Dichos arreglos no respetan en muchos casos las recomendaciones que existen en cuanto a la colocación de bombas, velocidades permisibles en el cárcamo y requerimientos adicionales, como mamparas y transiciones. Las plantas son de un cárcamo y no es factible seccionarlo.

Lo anterior ha dado como consecuencia los siguientes problemas.

- a) Niveles de sumergencia menores a los requeridos en las bombas más alejadas de la entrada, ello trae consigo cavitación y disminución de eficiencia en los equipos de bombeo que trabajan fuera de sus condiciones normales.

- b) Formación de vórtices y turbulencias y, por tanto, disminución de eficiencia.
- c) Azolvamiento de cárcamos y dificultad en su limpieza.
- d) Imposibilidad de reparar cárcamos y bombas sin parar las plantas o extraer los equipos de bombeo.
- e) Asentamientos diferenciales importantes en cimentaciones sobre suelos blandos y desalineamiento en flechas de bombas y tuberías.

### **3. Bombas.**

Generalmente son verticales, de cárcamo húmedo, tipo intemperie. Hay poca uniformidad en el tipo de bombas instaladas y en operación y por tanto, dificultad de intercambio de partes. En lo posible, debe buscarse lograr una estandarización de equipo.

Por otra parte, en ocasiones no se dispone de bombas para el manejo exclusivo de aguas residuales, y las instaladas, tienen capacidad excesiva para este servicio y condiciones antieconómicas de operación por los frecuentes paros y arranques. Ello tiende a disminuir si se utilizan bombas que no operen con un caudal inferior al 35 por ciento del diseño.

La necesidad de dar pasos de esfera grandes (10 a 20 cm) por falta de rejillas finas, origina vibraciones del equipo cuando trabaja a caudal reducido, con el consecuente desgaste del mismo, debiendo seleccionarse de acuerdo con los diferentes gastos de entrada a la planta. Resulta económico considerar dos bombas para servicio de aguas residuales, cada una para la mitad del gasto residual.

También, por lo menos, dos para manejar aguas pluviales, de manera que el total de bombas maneje de 1.2 a 1.5 veces el gasto máximo de agua de lluvia.

### **4. Tuberías de descarga.**

En general son cortas, de menos de 50 m de longitud y comúnmente no tienen problemas de transitorios, a menos que la relación de longitud entre carga dinámica máxima no exceda de 20. Están provistas de junta Dresser en la descarga de la bomba, y generalmente cuello de ganso en la descarga de la tubería, por arriba de la estructura de descarga. En cuanto a válvulas, se requiere poco equipamiento, en caso necesario, el control del gasto se puede hacer mediante válvula de mariposa o válvula de compuerta.

Cuando la descarga es sumergida, se recomienda una válvula rompedora de sifón para no operar la mariposa, en caso que la hubiera. Las tuberías son generalmente de acero al carbón, por ejemplo A - 36.

#### **5. Descarga.**

Esta es directamente a colectores, entubamientos, canales o ríos o a través de un cárcamo de descarga. Desde el punto de vista hidráulico y de mantenimiento, se recomienda emplear en lo posible el cárcamo de descarga.

#### **6. Motores.**

Es recomendable utilizar motores eléctricos de inducción, alimentados por la línea externa y por una planta generadora diesel o de gasolina. Por razones económicas, también se emplea, cada vez con más frecuencia, el respaldo con motores de combustión interna, acoplados directamente a la bomba. En cualquier caso, el respaldo es necesario cuando se manejan aguas de tormenta.

#### **7. Subestación y transformadores.**

Son de varios tipos, voltajes y capacidades, pero se recomiendan las subestaciones cerradas o compactas y el empleo de dos transformadores, uno para servicio y otro de reserva, y subestaciones abiertas cuando el espacio lo permita.

#### **8. Centro de control de motores, tableros e interruptores.**

Son elementos que originan frecuentes paros de las plantas y los hay de muchos tipos. Se recomienda su estandarización a operación semiautomática y elementos que permitan el manejo de la planta a un solo operador; éstos pueden ser indicadores de nivel, presión, gasto, bombas en operación, etc.

#### **9. Equipos y edificios auxiliares.**

El proyecto debe considerar la necesidad de instalar:

- Tanques y sistemas de alimentación de combustible.
- Alumbrado y tierras.
- Plantas de emergencia para alumbrado.
- Taller de reparaciones menores.
- Area para maniobras y reparaciones.
- Oficinas, baños y vestidores.
- Casa para velador.
- Cercas, accesos y vialidad interna.

### VII.3. PROBLEMAS PRESENTADOS EN PLANTAS EN OPERACIÓN.

Para que sean tomados en cuenta en los nuevos proyectos en plantas de bombeo, a continuación se comentan los problemas más frecuentes que se presentan en las plantas existentes.

- a) El agua descargada es con frecuencia residual, y el gasto inferior al máximo de diseño de la planta; es necesario rotar el equipo que se utilice para manejar estas aguas, para lo cual se debe llevar un registro de tiempos de operación de cada bomba y sus condiciones de operatividad, mismas que dependen directamente del operador de la planta.
- b) En época de lluvias es necesario llevar un control de niveles en el cárcamo y recibir información de las probabilidades de lluvia y avenidas que afecten a la planta. Con ello y de acuerdo al manual de operación de cada planta, se realizan las acciones necesarias. Sólo en el caso de imprevistos, el operador recurre a instrucciones externas.
- c) La operación de los equipos es manual y no se cuenta, por lo general, con información de otras plantas de bombeo del sistema.
- d) Al ocurrir una tormenta, la planta de bombeo opera generalmente con la planta eléctrica de respaldo, o con motor de combustión interna acoplado directamente a la bomba.
- e) El manual de operación de cada planta, fija instrucciones claras y sencillas de cuando preparar, arrancar o parar equipos, sean plantas de emergencia, motores de emergencia o bombas.

- f) La comunicación externa es por radio o por teléfono y en caso de tormentas, normalmente sólo se recibe información sobre precipitación y gastos probables a manejar.
- g) Las plantas de bombeo cuentan con personal de operación a todas horas, y en tiempo de lluvia, se cuenta con la asistencia de los subpresidentes durante las 24 horas.

#### **VII.4. ALCANCES DE UN PROYECTO.**

##### **VII.4.1. PROYECTO CIVIL.**

Las actividades que deben contemplarse para llevar a cabo el proyecto civil son:

1. Trabajos preliminares.
2. Trabajos definitivos.
3. Memoria del proyecto.
4. Contenido de los planos.
5. Especificaciones y programas de trabajo.

##### ***1. Trabajos preliminares.***

Serán los que se requieran de acuerdo a la magnitud de la planta y podrán ser los que se indican a continuación.

- a) Estudio de mecánica de suelos para determinar las condiciones del terreno donde se vaya a localizar la planta de bombeo.
- b) Fuente y forma de alimentación a los cárcamos.
- c) Localización de la descarga de las aguas negras a bombear.
- d) Cálculo de gastos mínimos y máximos a bombear ( aguas negras y de lluvia ), así como las elevaciones para cada caso.
- e) Estudios de alternativas del tipo de cárcamo a utilizar.

- f) Selección del tipo de cárcamo a utilizar.
- g) Determinación de las dimensiones del cárcamo.
- h) Anteproyectos. El contratista deberá elaborar anteproyectos de la planta de bombeo, cuando el tamaño o importancia de la planta lo amerite deberán ser sometidos a la consideración de la D.G.C.O.H.

## 2. Trabajos definitivos.

El proyectista realizará los siguientes trabajos:

- Elaboración de especificaciones técnicas particulares de obra civil y programas de trabajo.
- Catálogo de conceptos.

## 3. Memoria del proyecto.

El proyectista elaborará una memoria del proyecto, organizada como se indica a continuación:

- a) *Memoria técnica descriptiva.* Consistirá en la descripción general de la obra civil e incluirá los puntos siguientes.
  - Antecedentes.
  - Cárcamo de bombeo.
  - Atraques de las tuberías.
  - Cuarto de control.
  - Subestación eléctrica.
  - Edificios auxiliares.
  - Obras complementarias.
- b) *Memoria de cálculos técnicos y estructurales.* Incluirá como mínimo, los siguientes conceptos.
  - Cárcamo de bombeo. Cimentación y estructura.
  - Atraques de tuberías. Estructura.
  - Cuarto de control. Cimentación y estructura.

- Subestación eléctrica. Cimentación y estructura.
- Edificios auxiliares. Cimentación y estructura.
- Obras complementarias. Cimentación y estructura.

#### **4. Contenido de los planos.**

El proyectista elaborará como mínimo, los planos de la obra civil que a continuación se indican.

- Arreglo general. Planta y localización.
- Arreglo general. Cortes.
- Arquitectónico. De caseta de vigilancia, barda, acceso y estacionamiento.
- Arquitectónico. Casa de velador, oficinas y casa de control.
- Arquitectónico. De almacén y talleres.
- Excavación y rellenos.
- Piso de bombas. Plano general.
- Cárcamo. Geometría.
- Losa de fondo o cimentación. Estructural.
- Mamparas, muros del cárcamo de bombeo y transiciones. Estructural.
- Rejillas. Instalación.
- Apoyos de equipos de bombeo. Estructural.
- Piso de operación. Estructural.

El proyectista entregará los dibujos completamente elaborados con todas las indicaciones correspondientes, acotaciones, detalles, notas, simbología, referencia de planos complementarios, escala empleada y cantidades estimadas de obra.

#### **5. Especificaciones y programas de trabajo.**

El proyectista elaborará un cuaderno de especificaciones técnicas particulares para la construcción de la obra civil, que contendrá una introducción y una descripción detallada de las condiciones de trabajo en las cuales se desarrollará la construcción de cada una de las partes de la planta. Dichas partes son:

- a) Terracerías para estructuras (desmante, desenraice y limpia).
- b) Excavaciones para alojar estructuras.
- c) Relleno de estructuras con material proveniente de excavaciones previas.

- d) Relleno de estructuras con material proveniente de banco de préstamo.
- e) Fabricación y colocación del concreto en los sitios siguientes.
  - Plantilla para desplante de estructuras.
  - Losa de zona de transición, incluyendo los dentellones.
  - Muros de zona de transición.
  - Losa de fondo de cárcamo de bombeo.
  - Muros perimetrales y divisorios del cárcamo de bombeo.
  - Traveses y losas del piso de operación de la casa de máquinas.
  - Firmes y pisos, con los acabados señalados en los planos.
  - Las cimentaciones del equipo de subestación eléctrica.
  - Revestimientos y tapas de trincheras para cableado eléctrico.
- f) Suministro, habilitado y colocación de acero de refuerzo para el concreto.
- g) Suministro y colocación de cimbras y formas para concreto.
- h) Suministro e instalación de compuertas y obturadores.
- i) Suministro e instalación de junta asfáltica.
- j) Suministro e instalación de barandales.
- k) Suministro e instalación de escalones de varilla corrugada de 1.9 cm (3/4") de diámetro.
- l) Formación de terraplenes compactados para caminos o plataformas de trabajo.
- ll) Sobrecarreo de materiales, producto de excavaciones o de banco de préstamo, para la construcción y revestimiento del acceso y estacionamiento.
- m) Formación y barrido de bases para acceso y estacionamiento.
- n) Fabricación y colocación de carpetas asfálticas.
- ñ) Suministro y colocación de malla ciclónica.
- o) Suministro e instalación de pisos de rejilla antiderrapante.
- p) Construcción de muros de tabique rojo recocido de 7 X 14 X 21 cm.
- q) Construcción de trincheras para drenaje pluvial y subterráneo.
- r) Suministro e instalación de puertas y ventanas.
- s) Construcción de registros, tapas de registro, coladeras y albañales.

El proyectista elaborará un programa maestro de barras para la realización de los trabajos de fabricación, suministro e instalación de cada una de las partes de la obra civil y electromecánica, en este programa se indicará el tiempo aproximado necesario para la realización de las etapas de construcción, equipamiento, pruebas y puestas en marcha de la planta de bombeo.

#### VII.4.2. PROYECTO MECÁNICO.

El proyecto mecánico contempla las siguientes actividades.

1. Trabajos preliminares.
2. Trabajos definitivos.
3. Memoria del proyecto.
4. Contenido de los planos.
5. Especificaciones y programas de trabajo de fabricantes.

##### *1. Trabajos preliminares.*

Los trabajos preliminares se enfocarán principalmente a la definición de datos de proyecto y realización de anteproyectos, como se indica a continuación:

- a) Gastos mínimos y máximos a bombear (aguas negras y de lluvia).
- b) Volumen del cárcamo.
- c) Niveles máximos y mínimos de agua en la succión y descarga.
- d) Fuente y forma de alimentación de los cárcamos.
- e) Consideraciones particulares de obra civil.
- f) Anteproyectos. El proyectista deberá elaborar anteproyectos de la planta de bombeo, con estudios de alternativas y selección preliminar del equipo mecánico, dependiendo del tamaño de la planta, los cuales deberán ser sometidos a la consideración de la D.G.C.O.H.

##### *2. Trabajos definitivos.*

Para el proyecto mecánico ejecutivo se realizarán los trabajos siguientes:

- Elaboración de la memoria del proyecto.
- Elaboración de planos mecánicos.
- Elaboración de especificaciones técnicas particulares del equipo de bombeo.
- Elaboración de especificaciones técnicas particulares de tuberías de descarga y accesorios.
- Catálogo de conceptos.
- Hoja de datos técnicos para cada una de las especificaciones mencionadas.

- Programa de barras para la realización de los trabajos de suministro e instalación y prueba de bombas, tuberías de descarga y accesorios.

### **3. Memoria del proyecto.**

El proyectista elaborará una memoria del proyecto, organizada de la manera siguiente.

- a) *Memoria técnica descriptiva.* Consiste en una descripción general de la instalación mecánica.
- b) *Memoria de cálculos técnicos.* Incluye como mínimo los siguientes conceptos:
  - Consignación de datos de proyecto.
  - Descripción del número de unidades.
  - Cálculo de la carga estática (máxima y mínima).
  - Cálculo de las pérdidas de carga (máxima y mínima).
  - Cálculo de la carga dinámica total (máxima y mínima).
  - Selección de bombas con información de cuatro marcas diferentes, indicando sus características principales y el catálogo de los fabricantes.
  - Cálculo de la potencia requerida por la bomba.
  - Cálculo de las cargas netas de succión positiva, requerida y disponible.
  - Cálculo de las cargas verticales y horizontales del equipo, según marcas.
  - Diseño hidráulico del cárcamo.
  - Cálculo del sistema de apoyo del conjunto bomba - motor, considerando las condiciones de operación del conjunto y las cargas horizontales y verticales.
  - Selección de accesorios con la información sobre una marca, como mínimo, indicando sus características. Anexar catálogos del fabricante.

### **4. Contenido de los planos.**

El proyectista elaborará planos del proyecto de instalación de bombas y de tuberías de descarga con accesorios, y contendrán como mínimo lo siguiente:

- Plano general y de localización.
- Instalación de bombas. Incluyendo soportes.
- Arreglos de tuberías de descarga y accesorios.
- Detalles de tuberías de descarga y accesorios.

El proyectista entregará los dibujos completamente elaborados con todas las indicaciones correspondientes, acotaciones, detalles, notas, simbología, peso del equipo y referencia de planos complementarios. En todos los casos se dibujará una planta general, mostrando el acomodo del equipo. En el plano general y de localización se dibujará un perfil de conjunto, desde la toma hasta la descarga.

En la planta general se harán los cortes necesarios y vistas, los cuales serán cuando menos, uno longitudinal y otro transversal, mostrando detalles y vistas adecuadas del equipo e instalación.

Se dibujarán también los detalles relativos a:

- Construcción del marco de apoyo de bomba - motor.
- Tramos de tubería de descarga.
- Conexiones de tubos (soldadas o bridadas).
- Preparaciones (biselados, maquinados, cortes, etc.).
- Anclajes de las partes correspondientes a equipos mecánicos.

La información que debe contener cada plano, como mínimo, es la que sigue:

- Características generales del equipo.
- Lista de materiales.
- Notas.
- Simbología.
- Peso del equipo.
- Planos de referencia.
- Acotaciones.
- Escala empleada.

##### ***5. Especificaciones y programas de trabajo de fabricantes.***

a) *Especificaciones.* El proyectista elaborará un cuaderno de especificaciones técnicas generales para la fabricación, transporte, instalación y pruebas de los equipos de bombeo ( bomba y motor ), tuberías de descarga con accesorios. Las especificaciones contendrán una introducción, la descripción detallada de las condiciones de trabajo, una descripción detallada de todas y cada una de las partes principales y accesorios que formarán el equipo de bombeo, la descripción de la fabricación y los requisitos generales para el concurso y contrato. Para la bomba y tuberías de descarga con accesorios,

contendrán información general, condiciones técnicas generales, características de las partes principales que forman cada equipo de bombeo, fabricación y pintura de los equipos, de las tuberías de descarga y accesorios y los requisitos generales para concurso y contrato.

Para efectuar un concurso por separado de tuberías y válvulas, se desarrollarán las especificaciones de las mismas en la forma antes indicada.

En el caso de utilizar motor de combustión interna, las especificaciones contendrán información general, condiciones técnicas generales, características generales de las partes principales que forman el motor, fabricación y pintura del motor y requisitos generales para concurso y contrato.

- b) *Programa de trabajo.* El fabricante elaborará un programa de barras para la realización de los trabajos de fabricación o suministro, transporte, instalación y prueba de bombas, motor, tuberías de descarga y accesorios. En este programa se indicará el tiempo aproximado necesario para la realización de cada una de las etapas antes mencionadas, debiendo ser elaborado un programa para bomba - motor, y otro para tubería de descarga con accesorios.

#### VII.4.3. PROYECTO ELÉCTRICO.

##### *1. Trabajos preliminares.*

Estos se indican como sigue.

- a) Potencia y especificaciones preliminares de motores y cargas de fuerza eléctrica.
- b) Línea de alimentación en la zona.
- c) Características de energía de CFE en la zona.
- d) Visita al sitio de la obra.
- e) Consideraciones particulares y preliminares de la obra civil.
- f) El contratista deberá elaborar anteproyectos del sistema eléctrico, con estudio de alternativas y selección preliminar de equipos, para someterlos a consideración de la D.G.C.O.H.

##### *2 Trabajos definitivos.*

El proyectista realizará los siguientes trabajos.

- Elaboración de memorias del proyecto.
- Elaboración de planos eléctricos.
- Elaboración de especificaciones generales del equipo eléctrico y programa de trabajo.
- Catálogo de conceptos.

### **3. Memorias del proyecto.**

El proyectista elaborará una memoria del proyecto organizada en la forma que a continuación se indica.

- a) *Memoria técnica descriptiva.* Descripción general del arreglo de la instalación.
- b) *Memoria de cálculos técnicos.* Selección del equipo proponiendo alternativas en cada caso y justificando técnicamente la selección definitiva, de acuerdo con normas de aceptación general, y con las necesidades de la instalación. Incluirá, como mínimo, el cálculo de los siguientes conceptos:
  - Capacidades de transformadores de potencia, medición.
  - Capacidades de interruptores de potencia, en alta y baja tensión, fusibles y elementos de protección.
  - Calibres y diámetros de conductores, tuberías conduit, su acomodo y distribución.
  - Alumbrado y contactos en todos los casos donde se instalen equipos de alumbrado.
  - Corto circuito de toda la instalación.
  - Sistema de tierras.
  - Cálculo mecánico y eléctrico de la estructura de la subestación eléctrica, cuando ésta sea de fierro galvanizado.
  - Cálculo de la potencia, tensión y velocidad del motor.

### **4. Contenido de los planos.**

El proyectista elaborará planos del proyecto eléctrico en número y características de acuerdo a su importancia. Como mínimo se presentarán los planos que en seguida se indican.

- Subestación eléctrica.
- Diagramas elemental y del tablero.
- Distribución de conduits.
- Alumbrado.
- Sistema de tierras.

- ♦ Planta de emergencia ( si se requiere ).

Se dibujarán en todos los casos, con excepción del diagrama elemental, una planta general que muestre el acomodo del equipo. De la planta general se harán los cortes necesarios y vistas, los cuales serán cuando menos, uno transversal y otro lateral. También contendrán las vistas adecuadas del equipo y la instalación.

Se dibujarán además detalles de los conceptos que siguen:

- Alimentación y motores.
- Transformadores.
- Postes de alumbrado.
- Control de motores.
- Conexión a lámparas.
- Cimentación de postes de alumbrado.
- Salidas y acometida de conductos a tableros.
- Acomodo de conductos y charolas en registros y trincheras.
- Conexiones a varillas de tierra.
- Conexiones a tierra de tableros, motores, transformadores y demás equipos.

Todos los planos deberán tener como información adicional lo que sigue:

- Notas.
- Planos de referencia.
- Simbología.
- Lista de materiales.
- Acotaciones.
- Escala empleada.

Cada plano deberá contener, además, los conceptos que a continuación se indican.

- Planos de subestación eléctrica:

- Vista de planta.
- Vista lateral.
- Corte lateral.
- Localización.
- Diagrama unifilar.

- Diagrama elemental y del tablero.

- Arreglo general y localización.
- Detalle de cimentación del tablero.

**Distribución de conduits.** Se incluirá una lista de conduits con columnas, identificando su número, longitud aproximada, diámetro, sale de, llega a, número de hilos que lleva, color, calibre e identificación.

Se incluirán, además, los lineamientos generales de dibujo. Se utilizarán conductores color negro para fuerza, rojo para control y verde para el neutro.

**Alumbrado.** Se incluirá una lista de conduits, similar a la de distribución de conduits. Se incluirán los lineamientos generales de dibujo. El alumbrado exterior se conectará a la instalación a través de un conmutador manual-fuera-automático, con fotocelda.

**Sistema de tierras.** Se incluirá una lista de buses con las siguientes columnas: bus No., calibre, sale de, llega a, conector tipo. Se incluirán los lineamientos generales de dibujo.

**Planta de emergencia.** Se dibujará una planta general, mostrando todos los equipos instalados. De las plantas se harán los cortes y vistas necesarias, en un mínimo de tres, mostrando con detalle el acomodo e instalación del equipo.

##### **5. Especificaciones y programas de trabajo de fabricantes.**

El contratista elaborará un cuaderno de especificaciones generales de la instalación, organizado convenientemente, para la adquisición de los equipos eléctricos, y que contendrá una descripción detallada de todos y cada uno de los equipos y accesorios que formarán la instalación, como se describe a continuación.

**Subestación eléctrica.** Estructura, transformadores, equipos de conexión y desconexión, equipos de protección y señalización, equipos de medición, equipos auxiliares y materiales de cimentación.

**Motores eléctricos de los equipos de bombeo.** Tipos, potencias, tensiones, velocidades, aislamientos, exposición, rodamientos, arranque, par y tiempo de aceleración, protección térmica, protección contra transitorios y servicio intermitente.

**Sistema de alumbrado.** Gabinetes, equipos de alumbrado y contactos, equipos de conexión y desconexión, equipos de alumbrado y canalización y equipos de soporte de cables y conductores.

**Sistema de fuerza y control.** Equipos de alumbrado, canalización y conduits y equipos de soporte de cables y conduits.

**Sistema de tierras.** Equipos de registros de varillas, equipos de buses y conectores entre buses y sistemas de aterrizaje de equipos.

**Planta de emergencia.** Equipos del sistema de motor, equipos del sistema de generador, equipos de protección, medición, arranque y paro, equipos del sistema de combustible y materiales de cimentación y anclaje.

## **VII.5. CÁRCAMOS.**

### **VII.5.1. TIPOS Y ARREGLOS MÁS COMUNES.**

Los cárcamos son las estructuras que alimentan a los equipos de bombeo instalados sobre ellos. Un buen diseño hidráulico del cárcamo permite que los equipos de bombeo trabajen entre los límites de operación aceptables. Se pueden distinguir dos tipos de cárcamo, de acuerdo con la posición de los equipos de bombeo respecto del nivel del agua por bombear.

- \* Cárcamo seco.
- \* Cárcamo húmedo.

#### **CÁRCAMO SECO.**

Los equipos de bombeo se instalan fuera del agua utilizando una tubería de succión o conductos de succión, los equipos pueden quedar abajo del nivel del agua del cárcamo, o bien arriba de dicho nivel, en cuyo caso se requiere de dispositivos adicionales para el funcionamiento de los equipos, como puede ser un sistema de cebado.

#### **VENTAJAS Y DESVENTAJAS.**

- Mayor facilidad de reparación, mantenimiento e inspección de carcazas e impulsores.

- Instalación rígida con menores problemas de vibración y facilidad de atraque de bombas y tubos.
- Las filtraciones de la humedad en el cárcamo seco pueden representar un problema ambiental y requerir de equipo de achique o de tratamiento de fisuras y pasos de agua.
- Generalmente requieren de una superficie horizontal mayor que el cárcamo húmedo y el costo de la obra civil resulta mayor.
- Normalmente requieren de techumbre y grúas viajeras.

#### ***CÁRCAMO HÚMEDO.***

Los equipos de bombeo se instalan dentro del agua, utilizando generalmente equipos de bombeo verticales y motores por arriba, generalmente sobre el piso de operación de la planta de bombeo. Los cárcamos húmedos son los más utilizados en las plantas de bombeo de aguas negras y residuales de la D.G.C.O.H.

#### **VENTAJAS Y DESVENTAJAS.**

- En México se cuenta con equipos adecuados a este cárcamo que operan con mayor amplitud de gastos y cargas.
- Es posible utilizar equipos a intemperie y eliminar grúas viajeras, techumbres y equipo de achique.
- La obra civil es relativamente económica, sobre todo si se recurre a cárcamos circulares, éstos especialmente recomendables en cárcamos profundos y terrenos suaves como los de la zona del lago.
- Generalmente ocupan menor área y el costo total es menor que en el caso de cárcamos secos.

#### **VII.5.2. RECOMENDACIONES GENERALES DE DISEÑO.**

Los equipos de bombeo trabajan frecuentemente de manera alterna, por lo que el conjunto cárcamo - sistema de alcantarillado deberá contar con un volumen almacenado de agua a fin de que los equipos trabajen con frecuencia menor a la recomendada por los fabricantes.

Las formas en planta más comunes en los cárcamos son la rectangular, la circular o una combinación de éstas. Para ello es necesario considerar el aspecto constructivo, que depende en gran parte de las construcciones aledañas y del tipo de suelo.

La forma y dimensiones en planta del cárcamo depende de la forma y tamaño del terreno donde se ubicará, el número de equipos de bombeo a instalar y de su capacidad, por lo que antes de dimensionarlo, se deberá hacer una selección preliminar del equipo de bombeo a utilizar.

La geometría del cárcamo debe ser tal que el flujo de agua a través de la estructura sea uniforme y distribuido hasta las campanas de succión de los equipos. Deben evitarse distribuciones desiguales del flujo, corrientes locales fuertes, y formación de vórtices y remolinos, ya que originan un funcionamiento deficiente de los equipos.

La velocidad de flujo de agua en el cárcamo debe limitarse a valores de 0.6 m/s, y cuando no se cumplan las condiciones geométricas recomendadas, la velocidad habrá de reducirse aún más como después se indica.

#### VII.5.3. DISPOSICIÓN RECOMENDABLE DE LOS EQUIPOS.

La disposición de los equipos de bombeo generalmente se realiza en función de la dirección del flujo de agua, siendo recomendable que el eje común de los equipos sea perpendicular a la dirección del flujo, distribuyéndolos en forma uniforme, de modo que el escurrimiento no tenga cambios de dirección.

Otra disposición consiste en colocar el eje común de los equipos paralelo a la dirección del flujo de agua en el cárcamo. Con ello se definen dos áreas: la primera, donde se localizan los equipos, y la segunda, donde pasa el flujo. Este segundo arreglo tiene como limitante que la longitud necesaria para que el flujo cambie de dirección sea suficiente para evitar vórtices y depresiones excesivas al llegar el agua a la campana de succión.

Es muy importante definir los niveles de operación, ya que éstos pueden variar substancialmente en este tipo de plantas. Cuando el manejo es exclusivamente de aguas negras, se trabaja con niveles mínimos o cercanos a ellos y durante la época de lluvias, el gasto podrá incrementarse instantáneamente con sobre elevaciones rápidas de los niveles del agua, el equipo de bombeo debe aceptar estas variaciones y trabajar dentro de sus rangos normales de operación.

La disposición de los equipos de bombeo más común en el D.F., consiste en localizarlos en un cárcamo de un ancho mínimo y longitud suficiente para instalar el número de unidades que constituyen la planta, siguiendo las recomendaciones del Instituto de Hidráulica de los Estados Unidos de Norteamérica, en este tipo de arreglo se debe cumplir con restricciones como el de una velocidad máxima de 0.1 m/s, ancho mínimo de cinco veces el diámetro de la campana, la primera bomba colocada a una distancia de tres

veces el diámetro de la campana a partir de la última rejilla y separación entre unidades de cuatro veces el diámetro de la campana.

La campana de succión debe quedar bastante cerca del fondo del cárcamo, a una altura del orden de 0.5 del diámetro de la campana de succión.

La profundidad del fondo del cárcamo se deberá fijar restando al nivel mínimo de succión, la suma de la sumergencia de la bomba y la distancia de la campana de succión al fondo del cárcamo (niveles de época de gastos mínimos o de estiaje). Con esta elevación del fondo, los niveles del agua durante la época de lluvias quedarán relativamente altos. Si la diferencia de niveles y gastos no la pueden aceptar un sólo modelo de bomba, habrá que instalar unidades de diferentes características de gasto y carga.

#### VII.5.4. DIMENSIONAMIENTO.

El dimensionamiento de un cárcamo deberá hacerse tomando en cuenta las recomendaciones de los fabricantes de equipos de bombeo. La forma ideal del cárcamo es la de un canal recto, dirigido hacia la bomba; los cambios de dirección del agua y los obstáculos son perjudiciales, ya que pueden producir concentraciones de líneas de corriente, remolinos y tendencia a la formación de vórtices superficiales.

El piso del cárcamo deberá ser horizontal, por lo menos hasta una distancia y aguas arriba, medida a partir del eje de los equipos de bombeo. El ancho de las cribas o de la entrada del cárcamo no deberá ser menor de  $S$  y las alturas, no menores de  $H$ . Si la velocidad media es mayor de 0.6 m/s, será necesario colocar encauzadores en el canal de acercamiento, incrementar la dimensión  $A$  o una combinación de ambos (Figura 7.1).

En casos extremos se tendrá que realizar un estudio en modelo hidráulico reducido.

Debe también considerarse las siguientes recomendaciones adicionales.

- a) Cuando sea posible, es mejor una velocidad del orden de 0.3 m/s. En algunos cárcamos, una velocidad de 0.6 m/s o mayor ha dado buen resultado, pero esto podrá permitirse siempre que el diseño se obtenga de un estudio en modelo hidráulico.
- b) Los cárcamos para la instalación múltiple de equipos de bombeo trabajan mejor sin mamparas separadoras. Cuando todas las bombas operen de manera intermitente, las mamparas separadoras

resultan benéficas. Si las mamparas se utilizan para fines estructurales y los equipos de bombeo trabajan de manera intermitente, se dejará un hueco entre mamparas y muro posterior, desde el fondo hasta el nivel mínimo de operación, para que exista comunicación entre ellas.

- c) El flujo de llegada al tubo de entrada o alimentación debe ser recto y uniforme, un cambio brusco de la tubería de entrada al cárcamo, o de entrada lateral del tubo de alimentación, ocasiona remolinos.

Un conducto de poco ancho debe conectarse a un cárcamo ancho mediante una transición gradual. El ángulo que forme la transición deberá ser tan pequeño como sea posible, de preferencia no mayor de  $15^\circ$ . Si la transición no es factible, se recomienda reducir la velocidad del flujo a 0.3 m/s, la conexión de un conducto de alimentación pequeño a un cárcamo grande debe evitarse cerca de equipos de bombeo, ya que el flujo tendrá cambios bruscos de dirección para llegar a un mayor número de bombas. Centrar las bombas en el cárcamo deja áreas grandes, propicias a la formación de vórtices detrás de las tuberías de succión, lo que ocasiona problemas de operación.

- d) Si la velocidad del flujo en el cárcamo se puede mantener suficientemente pequeña (0.3 m/s), puede aceptarse un cambio brusco entre el ancho del conducto de alimentación y el cárcamo, siempre que la longitud del cárcamo sea igual o mayor que la recomendable.
- e) La velocidad en el conducto de alimentación puede ser hasta de 2.5 m/s cuando el ancho del cárcamo sea diez veces el ancho del conducto. No se recomienda equipos de bombeo en línea, a menos que se incremente la relación ancho de cárcamo al diámetro de la campana y que la separación de los equipos de bombeo sea de cuatro a seis veces dicho diámetro.

#### VII.5.5. ARREGLOS RECOMENDABLES.

Los puntos más importantes en la determinación de las dimensiones generales de una estación de bombeo son:

- a) Determinación de las elevaciones de las diferentes partes constructivas de la estación.
- b) Dimensionamiento del cárcamo en planta.

Para determinar los niveles en el cárcamo, se selecciona el equipo de bombeo, se determina la sumergencia necesaria y con ella, el tirante de agua mínimo que requieren los equipos para su buen funcionamiento, será necesario calcular el perfil hidráulico a todo lo largo del cárcamo, tomando en consideración las

pérdidas de carga por los diferentes conceptos que tenga el conjunto: zona de transición, zona de rejillas y descarga del conducto ( o conductos ) de alimentación. Con esto se determina el nivel del fondo del cárcamo.

En plantas de bombeo para aguas negras y pluviales es necesario considerar los niveles máximos y mínimos del agua en la entrada del conducto, en época de estiaje y de lluvias.

El Instituto de Hidráulica, recomienda un arreglo ideal para los cárcamos ( aquí llamados tipo 1 ) y sugiere que, para otro diferente, se realicen pruebas en modelo reducido. Esto generalmente no es factible, por lo que aquí se recomiendan geometrías y dimensionamiento diferentes al arreglo ideal, basados en recomendaciones del mismo instituto.

**Arreglo tipo 1.** Considera todas las recomendaciones del Instituto de Hidráulica de los Estados Unidos de Norteamérica, por lo que es de esperar que los equipos de bombeo trabajen a su máxima eficiencia.

El flujo de agua se mantiene uniforme y distribuido en todo el ancho ocupado por los equipos de bombeo, llegando en forma perpendicular al eje común de las bombas. El flujo de agua pasa del conducto de alimentación a la zona de rejillas y de ahí, a la zona de transición. La función principal de ésta última zona es distribuir el flujo en todo el ancho ocupado por los equipos de bombeo.

**Arreglo tipo 2.** Este arreglo se caracteriza por tener el eje común de los equipos de bombeo paralelo al flujo en el canal de acercamiento. El flujo del agua se mantiene uniforme en el canal de acercamiento, para cambiar de dirección al llegar a cada uno de los equipos de bombeo. Al igual que en el arreglo anterior, cada una de las dimensiones mostradas en el dibujo corresponden a las recomendadas por el Instituto de Hidráulica de los Estados Unidos de Norteamérica.

El canal de acercamiento debe proyectarse de manera que el desnivel de la superficie del agua, entre el primer equipo de bombeo y el último, sea lo más pequeño posible, manteniendo la velocidad en los límites recomendados por el citado Instituto de Hidráulica o por los fabricantes de los equipos de bombeo.

Cuando el diseño del canal de acercamiento ocasione desniveles grandes, los equipos de bombeo tendrán que trabajar con cargas distintas.

Igual que en el arreglo anterior, se recomienda el uso de mamparas divisorias entre los equipos de bombeo, con huecos para comunicar el espacio de un equipo de bombeo con el del siguiente. Estos equipos se deberán ubicar en la parte posterior, desde el piso del cárcamo hasta la elevación del nivel mínimo de operación.

**Arreglo tipo 3.** Dispone dos líneas de equipos de bombeo paralelas a la dirección del flujo, con un canal de acercamiento común a ambas. El flujo de agua en el canal de acercamiento se mantiene uniforme en toda su longitud, con derivaciones desde el canal central hacia ambos lados para alimentar a los equipos de bombeo. Respecto del arreglo anterior, el tipo 3 tiene la ventaja de acortar a la mitad la longitud del canal de acercamiento. Si la estructura de descarga se localiza a un lado, tiene por desventaja que las tuberías de descarga del lado contrario deberán contar con mayor desarrollo y deflexiones. Otro inconveniente consiste en que el ancho total del cárcamo puede acarrear complicaciones en la cimentación de la losa de fondo.

**Arreglo tipo 4.** La geometría del presente arreglo es muy similar a la del anterior, con la diferencia de que tiene dos líneas de equipo de bombeo. El diseño del canal de acercamiento se debe realizar con mucho cuidado.

El mencionado Instituto de Hidráulica, aplica restricciones muy severas en el uso de este arreglo por las inconveniencias que presenta. Ha sido muy utilizado por el D.D.F., y esta es la principal razón por la que se incluye. Sus principales características consisten en que los equipos de bombeo se localizan al centro del cárcamo sobre una línea paralela al flujo del agua, con el canal de acercamiento a través de los equipos de bombeo.

El flujo del agua en el cárcamo se encuentra con los obstáculos que resultan de las propias columnas de bombeo, por lo que la velocidad se limita a un máximo de 10 cm/s. También la separación entre bombas debe ser mayor de cuatro veces el diámetro de su campana, a fin de que las perturbaciones del flujo, por el choque contra la columna de bombeo, se disipen en la distancia entre los equipos.

Cuando los equipos de bombeo sean de diferentes capacidades, los de menor capacidad se ubicarán al principio y los de mayor capacidad al final del cárcamo, debiendo efectuar el cálculo de las dimensiones con el diámetro de la campana de succión correspondiente al de mayor capacidad. La losa de fondo del cárcamo será en este caso completamente horizontal.

## VII.5.6. DISPOSITIVOS DE RETENCIÓN Y RETIRO DE CUERPOS FLOTANTES Y AZOLVES.

### ◆ REJILLAS.

Tipos recomendados. Las rejillas son dispositivos de retención y retiro de cuerpos flotantes. Su función es evitar que objetos sólidos, más o menos grandes, lleguen a las bombas, ya que podrán causar deterioro del impulsor u obturarlas parcial o totalmente. Se recomiendan rejillas móviles con limpieza manual o mecánica, formadas por soleras de acero estructural, verticales o con una inclinación hasta de 30° respecto de la vertical. Su separación será igual o ligeramente menor al paso de esfera del equipo de bombeo. Se recomienda considerar dos juegos de rejillas gruesas y dos juegos de rejillas finas aguas abajo de las primeras, a fin de retener sucesivamente objetos flotantes más pequeños, y evitar al máximo el atascamiento de las bombas. Si se opta por no colocar rejillas finas, deberán instalarse por lo menos las gruesas.

Las características generales de las rejillas aparecen a continuación.

TIPO DE LIMPIEZA	ANCHO (cm)	SEPARACIÓN (cm)		INCLINACIÓN (grados)	VELOCIDAD DE APROXIMACIÓN (m/s)	PERDIDA DE CARGA ADMISIBLE (cm)
		GRUESAS	FINAS			
MANUAL	0.6 a 1.5	15 a 20	2.5 a 5.0	0 a 30	0.3 a 0.6	15
MECÁNICA	0.6 a 1.5	15 a 20	1.6 a 7.5	0 a 30	0.6 a 0.9	15

TABLA 7.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS REJILLAS.

Localización. Las rejillas deben colocarse en sitios donde el acceso para efectos de limpieza, reparación o reposición, sea fácil y cómodo. Su ubicación será aguas arriba de las bombas, para interceptar sólidos en suspensión, residuos, trapos, madera y otros materiales que aunque representan un volumen pequeño respecto del gasto líquido, constituyen un grave problema para el equipo de bombeo.

Aguas arriba de las rejillas debe proveerse de una zona de transición suficientemente larga, entre aquellas y el conducto de alimentación de aguas negras a la planta de bombeo, para garantizar en lo posible una velocidad uniforme a través de las mismas. Dicha transición puede ser rectangular o trapecial, de acuerdo a conveniencia constructiva o espacio disponible; debe tener una longitud mínima de tres veces la diferencia entre el ancho de las rejillas y del conducto.

El material interceptado por las rejillas deberá removerse periódicamente y eliminarse enterrándolo, incinerándolo o triturándolo a tamaños menores, de modo que los residuos puedan devolverse al caudal de

aguas negras sin perjuicio para las bombas. Las rejillas deben ser removibles para su limpieza, o bien estar dotadas de algún sistema mecánico que las recorra periódicamente, para remover el material atrapado.

Con objeto de que siempre exista un elemento de intersección del flujo de agua antes de las bombas, deberá haber un mínimo de dos juegos de rejillas, lo cual permitirá que mientras se limpie una, la otra esté en posición de interceptar los objetos sólidos nocivos. Ambos juegos serán paralelos entre sí y su separación debe permitir su colocación, remoción y limpieza, sin que uno estorbe al otro.

Estructuración. Las rejillas deberán ser de soleras de acero estructural, paralelas entre sí y separadas una distancia ligeramente menor al paso de esfera de las bombas proporcionado por el fabricante. Las soleras deberán soldarse a un marco formado por otras soleras de acero estructural y con un tamaño tal que el peso individual de cada unidad permita su remoción y colocación por medios manuales, mecánicos o eléctricos. Una rejilla podrá estar formada por uno o más marcos, según las necesidades del claro por cubrir, pero siempre deberá respetarse que el peso de cada marco cumpla con los requisitos de maniobrabilidad.

Las rejillas podrán ser verticales o con una inclinación de hasta 30° respecto de la vertical, lo cual facilitará su limpieza si la operación se realiza manualmente o con rastrillo.

Diseño hidráulico y estructural. El proyecto de las instalaciones deberá considerar la necesidad de rejillas mecánicas de limpieza automática o de operación manual, con objeto de eliminar sólidos y diversos materiales en el influente a los equipos de bombeo. Las pérdidas de carga en las rejillas de barras son función de la forma de la barra y de la carga de velocidad del flujo entre ellas, y para calcularla Kirschmer propuso la siguiente expresión.

$$hf = B \left( \frac{W}{b} \right)^{4/3} hv \text{ sen } \theta \dots (7.1)$$

donde:

hf = Pérdida de carga en rejillas, en metros.

B = Factor de forma de la barra.

W = Peralte de las barras en la dirección de la corriente, en metros.

b = Separación entre barras, en metros.

hv = Carga de velocidad del flujo en las rejillas, en metros.

θ = Ángulo de la reja con respecto a la horizontal, en grados.

Los valores del factor de forma B son como sigue.

TIPO DE BARRA	FACTOR DE FORMA ( B )
Rectangular, con bordes agudos.	2.42
Rectangular, con la cara aguas arriba semicircular.	1.83
Rectangular, con la cara aguas arriba circular.	1.79
Rectangular, con la cara aguas arriba y abajo semicirculares.	1.67

TABLA 7.2. VALORES DEL FACTOR DE FORMA B.

La expresión anterior es aplicable exclusivamente a rejas limpias, la pérdida de carga aumenta con el grado de obstrucción de las mismas.

#### Sistemas de limpieza

**Limpieza manual.** Este sistema se utiliza preferentemente en estaciones de bombeo de poca capacidad. En este caso, la longitud de la reja no debe exceder de lo que puede rastrillarse fácilmente a mano.

Los barrotes de la reja no serán menos de 1.0 cm de ancho y de 5.0 cm de peralte, e irán soldados a barras de separación situadas en la cara posterior, fuera del recorrido de las púas del rastrillo. Encima de la reja deberá colocarse una placa perforada para que los objetos rastrillados puedan almacenarse temporalmente para su desagüe.

Con objeto de proporcionar una superficie de reja suficiente para la acumulación de basura entre las operaciones de limpieza, es esencial que la velocidad de aproximación se limite a 0.30 m/s, para el caudal de diseño. El área adicional necesaria para limitar la velocidad se puede obtener ensanchando el canal en la reja y colocando ésta con una inclinación menor.

Conforme se acumulen las basuras, la reja se obtura parcialmente, la pérdida de carga aumenta y se sumergen nuevas zonas de la rejilla. Por tanto, es necesario que el diseño estructural de la reja sea adecuado para evitar la falla en caso de que llegue a obturarse totalmente. El canal donde se ubica la reja debe proyectarse de modo que se evite la acumulación de arena y otros materiales pesados antes y después de la reja. La plantilla puede ser horizontal o bien tener pendiente hacia la reja, siendo conveniente achaflanar la unión con las paredes laterales.

El canal debe ser preferentemente recto y perpendicular a la reja, a fin de procurar una distribución uniforme de los sólidos en la sección transversal al flujo y sobre la reja.

**Limpieza automática.** Diversas empresas especializadas lo diseñan y fabrican, por lo que el ingeniero de proyecto se limitará prácticamente a una selección adecuada según el tipo de equipo a utilizar, dimensiones del canal y de la reja, variación de la profundidad del flujo en el canal, separación entre barras y métodos de limpieza.

El canal de las rejas se diseñará para evitar la sedimentación y acumulación de arena y otras materias pesadas.

La mayoría de los sistemas de rejas utilizan cadenas sin fin sobre una rueda dentada para mover los rastrillos. Por lo general, van provistos de controles " manual - fuera - automático ". En la posición manual los rastrillos podrán funcionar de modo continuo, mientras que en automático, pueden funcionar cuando la pérdida de carga aumenta por encima de cierto valor ( del orden de 80 cm ), o mediante un temporizador ( cada 15 minutos ).

#### ◆ **TANQUES DESARENADORES.**

Recomendaciones generales. El empleo de tanques desarenadores, para retirar desde arenas finas hasta gravas, antes de que el agua entre al cárcamo de bombeo, incrementa notablemente el costo de la instalación. Su utilización depende de factores económicos que son función de la cantidad y tamaño de los sedimentos, del tamaño del tanque desarenador y del espacio disponible.

El tanque desarenador consiste de uno o varios canales de sedimentación, en los cuales el agua fluye a velocidad reducida para facilitar la sedimentación. Impedir la entrada de materiales granulares a las bombas prolonga la vida útil de éstas, ya que dicho material es altamente abrasivo.

La limpieza de los tanques desarenadores puede ser manual, en cuyo caso se deben proyectar cuando menos dos, para tener uno en servicio y otro en mantenimiento. Se puede tener un solo tanque desarenador cuando la limpieza se realice por dragado mediante bombas de lodos, o por medio de autolavado. En este último caso habrá que disponer de una canaleta central que permita la purga del agua y de los sólidos depositados en el fondo inclinado del canal. La pendiente transversal del fondo del canal debe asegurar que los depósitos escurran hacia la canaleta de purga. El agua de purga deberá colectarse en un cárcamo colocado aguas abajo del tanque desarenador, a fin de permitir su extracción y la de los sedimentos mediante una bomba de lodos. El gasto del agua de purga deberá ser de 5 al 10 por ciento del agua total manejada por el desarenador. La purga debe ser continua.

Diseño hidráulico. El diseño hidráulico consiste en un análisis del efecto de turbulencia en el tanque sobre la velocidad de sedimentación. La evaluación de la función de transporte turbulento en dos dimensiones supone que la velocidad es uniforme en el canal, así como también el coeficiente de mezclados. Al tomar en cuenta estas condiciones y los parámetros que intervienen en el fenómeno de sedimentación, se obtiene una relación adimensional que involucra a dichos parámetros. Dicha relación queda en función de parámetros adimensionales y fué evaluada analíticamente y comprobada experimentalmente.

En el diseño hidráulico debemos tomar en cuenta los siguientes puntos:

- a) Obtención de la curva granulométrica del sedimento transportado.
- b) Determinación del diámetro menor del sedimento que se desea retirar en su totalidad.
- c) Determinación del porcentaje del sedimento en agua para cada intervalo de diámetros.
- d) Determinación de la velocidad de sedimentación en agua para cada tamaño, de preferencia por medio de pruebas de laboratorio, o en su defecto por medio de la fórmula de Stokes.
- e) Selección de una serie de combinaciones de las dimensiones del tanque, profundidad, longitud y ancho y con ello, el cálculo de la velocidad media en el tanque para el gasto máximo de diseño.
- f) Selección del coeficiente de fricción de Manning y cálculo de las variables adimensionales para cada uno de los tamaños considerados.
- g) Obtención en el eje de ordenadas del porcentaje de material no retenido en el tanque para cada uno de los tamaños.
- h) Determinación de las dimensiones definitivas del tanque.

#### ◆ ESTRUCTURAS DE DESCARGA.

Las estructuras de descarga reciben las aguas negras provenientes del equipo de bombeo, a través de las tuberías de descarga. Su función es recibir el caudal bombeado, amortiguar la energía hidrodinámica y repartir o conducir el agua hacia su próximo destino. La descarga puede ser libre o a presión, según se requiera. Los tipos más usuales de descarga, en proyectos de la D.G.C.O.H. son:

- A cauce abierto.
- A entubamiento.
- A colector.
- A cárcamos colectores y a conductos emisores laterales ( superiores o inferiores ).
- A cárcamos colectores y a emisores transversales.
- A canales a través de cárcamo amortiguador.

- A cárcamos que a su vez descargue a un conducto mediante tubería, o directamente a tubería colectora en cárcamo.

La selección del tipo más adecuado, en cada caso particular, dependerá de varios factores, entre ellos el destino de agua, las estructuras conductoras existentes a donde se vaya a descargar la misma, las cargas y gastos a manejar, la topografía, la disponibilidad de espacio, así como las consideraciones particulares de cada caso.

Deberán instalarse válvulas rompedoras de sifón o válvulas Check, cuando se vaya a descargar a presión o cuando en ciertas condiciones exista el riesgo de que la descarga ya no sea libre.

El último es el caso específico de las descargas superiores a entubamientos o colectores que, en condiciones de tormenta, pueden llegar a llenarse totalmente y trabajar a presión.

Para la selección del tipo de descarga deberán considerarse también los tipos ya existentes en el sistema, a fin de uniformizar en lo posible las estructuras. Esto redundará en economía, así como en facilidad de construcción, operación y mantenimiento.

El dimensionamiento de la estructura de descarga estará supeditado a los requerimientos específicos de cada estructura. Sin embargo, deberán tomarse en cuenta las siguientes normas generales que serán aplicables en todos los casos:

- a) Las dimensiones del cárcamo deberán ser tales que, para el gasto máximo de proyecto, la velocidad del agua no sea mayor de 0.80 m/s.
- b) La geometría del cárcamo de descarga deberá ser tal que, fuera de la zona de descarga directa, sea ésta libre o ahogada, se haga un mínimo de turbulencias, debiendo ser las líneas de flujo lo más uniforme posible.
- c) En cárcamos de descarga abiertos, deberá preverse un bordo libre, determinado por la siguiente expresión:

$$LB = 0.60 + (0.037VD^{1/3})$$

donde:

LB = Bordo libre, en metros.

V = Velocidad del agua en el cárcamo para el gasto de diseño, en m/s.

D = Tirante, en metros.

- d) Para entubamientos o colectores, la presión máxima no deberá exceder la máxima admisible para el material que los construya.
- e) Los cambios de sección deberán ser graduales, con objeto de disminuir al máximo las pérdidas correspondientes.
- f) Para el dimensionamiento de un cárcamo amortiguador deberán seguirse los lineamientos indicados.
- g) Con el objeto de optimar el diseño, es recomendable visitar otras estructuras similares y estudiar su funcionamiento, antes de la definición de las características de la estructura en cuestión. Es importante procurar, en cada caso, mejorar el diseño para corregir los errores que se observen en aquellas que se encuentren en operación.

## **CAPÍTULO VIII**

### **EJEMPLOS DE APLICACIÓN**

#### **VIII.1. ANTECEDENTES.**

En este capítulo, se muestra cómo utilizar el contenido de los capítulos anteriores para realizar los proyectos de drenaje sanitario y drenaje pluvial correspondientes a alguno de los inmuebles que la presente tesis considera, para lo cual, en primer lugar y con objeto de que los interesados se introduzcan en el diseño de sistemas internos, se expone el proceso para el proyecto de los que darán servicio a un edificio de oficinas, procediéndose después a explicar los pasos necesarios para realizar el proyecto de los sistemas externos que servirán a un conjunto habitacional.

#### **VIII.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO PARA UN EDIFICIO DE OFICINAS.**

Con el fin de tener un ejemplo lo más claro y completo posible del diseño de las instalaciones hidráulico - sanitarias en edificaciones, se ha aplicado el contenido de esta tesis a una construcción cuyo uso estará destinado a oficinas.

Esta edificación cuenta con helipuerto, un nivel para cuarto de máquinas, elevadores y tanque elevado, un Pent House con dos plantas, catorce niveles de oficinas tipo, un Mezzanine, una planta baja y once estacionamientos ( seis superficiales y cinco subterráneos ).

El proyecto contempla el diseño de las redes para desalojo de aguas negras.

Para el sistema de drenaje sanitario, se utilizará el método del Dr. Hunter, que consiste en asignar, con apoyo de la tabla 3.1., unidades mueble de desagüe a los muebles sanitarios que integran los distintos grupos de baños, habiéndose considerado en cada cuarto, en adición y para efectos de cuantificación del total de unidades mueble a drenar, una coladera de piso.

Debido a la ubicación de los grupos de sanitarios, se diseñaron tres distintas bajadas de conducción de aguas negras, las cuales se unirán en la planta baja y posteriormente se conectarán al drenaje municipal.

El procedimiento de cálculo consistió en proponer, por nivel y por grupo de baños, los trazos de las tuberías que coleccionarán las aguas negras de los distintos muebles sanitarios para conducirlos hasta la columna de bajada correspondiente a cada grupo de baños, y posteriormente, con base en los resultados, tanto de este proceso como de la cuantificación de unidades de desagüe por mueble sanitario, mediante la acumulación de éstas, se estimó el total que debería ser conducido por cada tramo componente de las redes recolectoras definidas en cada piso del edificio, determinándose a continuación, con auxilio de lo expuesto en el capítulo III, el diámetro y pendiente de dichos tramos. Así mismo y previa acumulación de las unidades mueble de desagüe de todos los grupos de baño, y por ende pisos a servir por una columna o bajada de aguas negras dada, mediante el empleo de lo explicado en el capítulo III, fue seleccionado su diámetro.

Los trazos de proyecto para las redes recolectoras de cada planta del edificio, la localización de los distintos muebles sanitarios por drenar y la ubicación de las tres bajadas de aguas negras, se presentan en los planos del drenaje sanitario anexos a esta memoria, incluyéndose también, en las tablas 8.1.A, 8.1.B, 8.1.C, 8.2.A, 8.2.B y 8.2.C, los cálculos referidos, con la aclaración de que como complemento al diseño de las redes recolectoras ( tablas 8.3.A y 8.3.B ), se determinó por ramal la velocidad y el tirante normal asociados al gasto de proyecto de cada uno de sus tramos.

### **VIII.3. DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE DRENAJE SANITARIO Y DRENAJE PLUVIAL PARA UN CONJUNTO HABITACIONAL.**

El conjunto habitacional está constituido por 32 conjuntos bajos, 28 viviendas unifamiliares y 5 torres habitacionales. Al igual que todo nuevo desarrollo, se hace necesario dotarlo de los servicios elementales de agua potable y alcantarillado.

#### **VIII.3.1. MEMORIA DEL PROYECTO DE DRENAJE SANITARIO.**

##### ***1. CRITERIOS PARA EL PROYECTO.***

El sistema propuesto para el desalojo de aguas negras y pluviales es del tipo separado.

La eliminación será totalmente por gravedad, basados en el proyecto de rasantes y pendientes naturales del terreno.

Se prevé la descarga de aguas negras de todas las viviendas por medio de conductos de concreto simple de 15 centímetros de diámetro hasta los pozos de visita de los subsistemas que las conducirán hasta las cuatro plantas de tratamiento independientes, ubicadas en las partes bajas de cada uno de los subsistemas.

Para la determinación del gasto de aguas negras, se empleará el método de descargas domiciliarias en función del número de unidades de descarga o unidades mueble ( Método de Hunter ).

## 2. DATOS DEL PROYECTO.

Para la elaboración del proyecto de drenaje sanitario, se tomaron como base los siguientes datos.

Considerando el número de unidades de descarga propios de cada mueble sanitario, multiplicado por el número de muebles que se encuentran en cada lote unifamiliar, conjunto bajo o torre, se puede determinar el gasto que descarga cada uno de estos determinando entonces el gasto de aportación.

Para determinar la aportación de aguas negras de cada vivienda se consideró la siguiente tabla.

TIPO DE MUEBLE	UNIDADES DE DESCARGA
LAVABOS	1
INODOROS	3
REGADERAS	2
FREGADEROS	2
LAVADEROS	3
LAVADORAS	3
JACUZZI	2

De la tabla anterior se obtiene el total de unidades de descarga por lotes unifamiliares, conjuntos bajos y torres.

TIPO DE VIVIENDA	UNIDADES DE DESCARGA	APORTACIONES ( lps )
UNIFAMILIARES	38	1.49
CONJUNTOS BAJOS	340	5.84
TORRES 11 NIVELES	1234	14.98
TORRES 13 NIVELES	1346	15.85

Para determinar los gastos en los conductos se utiliza una ecuación que se ajusta a la curva de gastos - unidades de descarga, que se muestra a continuación.

$$Q = 0.1128(UD^{0.6863})$$

donde:

Q = Gasto real que pasa por el tramo.

UD = Unidades mueble que descargan en el tramo.

Para verificar que los gastos obtenidos son menores que los gastos que pueden pasar por el tramo, se calcula el gasto a tubo lleno en el tramo correspondiente con la fórmula de Manning.

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} V$$

donde:

Q = Gasto a tubo lleno, en m<sup>3</sup>/s.

D = Diámetro del conducto, en metros.

La velocidad a tubo lleno se calcula como:

$$V = \frac{1}{n} Rh^{2/3} S^{1/2}$$

donde:

V = Velocidad a tubo lleno, en m/s.

n = Coeficiente de rugosidad, adimensional.

Rh = Radio hidráulico, en metros.

S = pendiente, en fracción decimal.

Independientemente de calcular los gastos y velocidades a tubo lleno, se deben calcular las velocidades reales, con la finalidad de revisar que las velocidades no excedan los límites propuestos para el diseño de redes, así como revisar que los tirantes no sean menores a los requeridos para asegurar el arrastre de sólidos.

### **3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.**

El sistema de alcantarillado sanitario estará constituido por tuberías de 30 cm de diámetro, de concreto simple y estarán interconectadas por medio de pozos de visita tipo común, sin embargo, existen casos en los que obligados por la pendiente existente, se utilizarán pozos de visita con caída adosada. Este sistema se subdivide a su vez en cuatro subsistemas, esto es, que cada subsistema contará con su propia planta de tratamiento y serán independientes uno entre otro, se plantean de la siguiente manera.

**SUBSISTEMA 1.** Este subsistema captará las aguas residuales de los edificios CB1 a CB10, la torre T1 y los lotes unifamiliares U1 a U15. Cabe señalar que en este subsistema hubo necesidad de captar las descargas de los lotes unifamiliares mediante una línea independiente teniendo acometidas en bloque a la red para finalmente conducir las hasta la planta de tratamiento PT1 ubicada en la zona oriente del predio, entre la torre T1 y los edificios CB17 y CB18. Por otra parte este subsistema dará servicio a 728 habitantes.

**SUBSISTEMA 2.** Este subsistema dará servicio a los edificios CB11 al CB20 y los lotes unifamiliares U16 al U20 captando sus aguas residuales para después enviarlas a la planta de tratamiento PT2, ubicada al sur del edificio CB20. Este subsistema dará servicio a 385 habitantes.

**SUBSISTEMA 3.** Este subsistema servirá para captar las aguas residuales de las torres T3, T4 y T5, así como los edificios CB31 y CB32. Este subsistema es el que da servicio al mayor número de viviendas de los cuatro que conforman el sistema completo.

SUBSISTEMA 4. El subsistema 4 dará servicio a los edificios CB21 al CB30, la torre T2 y los lotes unifamiliares U21 al U28, para ser conducidos a la planta de tratamiento PT4, la planta de tratamiento se encuentra ubicada en la parte baja de la torre T2. El subsistema dará servicio a 658 habitantes.

Cada una de las plantas de tratamiento contará con una cisterna donde se almacenará el agua tratada, para posteriormente utilizarla para el riego de áreas verdes.

### VIII.3.2. MEMORIA DEL PROYECTO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL.

#### 1. CRITERIOS PARA EL PROYECTO.

El sistema propuesto para el desalojo de aguas pluviales es el del tipo separado. La eliminación será totalmente por gravedad, basados en el proyecto de rasantes y pendientes naturales del terreno.

Para la determinación del gasto pluvial se empleará el método Racional Americano y lo recomendado sobre este en el Manual de Hidráulica Urbana Tomo 1 de la D.G.C.O.H.

Se prevé la descarga de aguas pluviales hacia pozos de absorción ubicados en las partes más bajas del predio.

#### 2. DATOS DEL PROYECTO.

Para la elaboración del proyecto de alcantarillado pluvial se tomaron como base los siguientes datos.

##### Gasto pluvial.

El cálculo del gasto pluvial del conjunto habitacional se determinó mediante el Método Racional Americano, recomendado por la D.G.C.O.H.

Coefficiente de escurrimiento.

El Manual de Hidráulica Urbana, recomienda se calcule el coeficiente de escurrimiento ponderado de acuerdo al coeficiente de impermeabilidad asignado a cada tipo y uso de suelo.

Área total.

- Área construida (techada)..... 2.4 ha C = 0.95
  - Área circulación y andadores (adoquinada)..... 2.5 ha C = 0.85
  - Áreas verdes (jardín)..... 4.5 ha C = 0.35
- 
- 9.4 ha

Por consiguiente, el coeficiente de escurrimiento ponderado es:

$$C = \left[ \frac{(2.4)(0.95)}{9.4} \right] + \left[ \frac{(2.5)(0.85)}{9.4} \right] + \left[ \frac{(4.5)(0.35)}{9.4} \right]$$

$$C = (0.243) + (0.226) + (0.168)$$

$$C = 0.636$$

Lluvia efectiva.

Se calculó la intensidad de lluvia para cada tramo en análisis con base en la precipitación para 5 años y 30 minutos ( figura 3.4 ) y afectándola con los factores respectivos de periodo de retorno y duración, para transformarla a una precipitación con un periodo de retorno de 3 años y una duración igual al tiempo de concentración, que se tomó de 20 minutos, más el tiempo de conducción hasta el tramo del tubo.

$$hp ( tr, d ) = hp ( 5, 30 ) ( Ftr ) ( Fd )$$

donde:

hp (tr,d) = Altura de precipitación en mm, para un periodo de retorno, duración y área determinados.

hp ( 5, 30 ) = Altura de precipitación en mm, para un periodo de retorno de 5 años y una duración de 30 minutos.

F<sub>tr</sub> = Factor de ajuste del periodo de retorno.

F<sub>d</sub> = Factor de ajuste que afecta la duración de la tormenta.

Por otra parte, la intensidad de la lluvia se puede calcular como:

$$i = \frac{60hp}{d}$$

donde:

*i* = Intensidad, en milímetros.

*d* = Duración, en minutos.

#### ◆ GASTO PLUVIAL EN EL CONJUNTO HABITACIONAL.

Aplicando la fórmula del Método racional Americano.

$$Q = 2.315 C i A$$

donde:

Q = Gasto pluvial, en lps.

*i* = Intensidad de lluvia, en mm/h.

C = Coeficiente de escurrimiento ponderado, adimensional.

A = Área acumulada hasta el inicio del tramo en estudio, en ha.

El procedimiento se puede ver en la tabla de cálculo de gastos para el diseño del drenaje pluvial.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.

El sistema de alcantarillado pluvial del conjunto habitacional, está integrado por cinco subsistemas formados por tuberías de 30, 38 y 45 cm de diámetro.

Cada subsistema cuenta con bocas de tormenta ubicadas en lugares estratégicos y coladeras ubicadas a cada 20 metros. Las cuales reciben el gasto de influencia conduciéndolo a la red de colectores descargando finalmente en pozos de absorción.

El pozo de absorción No. 1 es el que más gasto recibe debido a la extensión que cubre esta red. Este pozo absorbe los escurrimientos superficiales de la parte centro y noreste del predio en las cuales se incluyen grandes partes de vialidades de los conjuntos bajos ubicados al noreste del predio CB1 a CB10, de los unifamiliares U1 a U15, de la torre T1, así como la caseta de vigilancia.

El pozo de absorción No. 2 es uno de los que capta menor gasto, ya que recibe el escurrimiento de los conjuntos bajos CB17, CB18, CB19, CB29 y una pequeña área verde.

El pozo de absorción No. 3 recibe escurrimientos superficiales de un gran tramo de vialidades y construcción habitacional CB11 a CB14, lotes unifamiliares U16 a U20 y torres T4 y T5. También capta los escurrimientos superficiales de una pequeña área verde, ya que la mayor parte de estas drenan hacia escurrimientos superficiales naturales. Este pozo de absorción capta los escurrimientos superficiales de la parte suroeste y sur del predio.

El pozo de absorción No. 4 drena dos vialidades, la torre T3 y una pequeña porción de área verde. Este pozo absorbe escurrimientos superficiales de la parte suroeste del predio.

El pozo de absorción No. 5 recibe los escurrimientos de la parte suroeste del predio que incluye áreas verdes, vialidades y áreas construidas CB21 A CB30, casas unifamiliares U21 a U28 y la torre T2.

En el diseño de tuberías se empleó la ecuación y el nomograma de Manning.

#### ◆ CALCULO DE TUBERÍAS.

El diámetro utilizado fue el mínimo permitido por la D.G.C.O.H., el cual corresponde a 30 (treinta) centímetros. El comportamiento del funcionamiento de este diámetro se verificó mediante la fórmula de Manning a tubo lleno, esto es:

$$V = \frac{1}{n} R_h^{2/3} S^{1/2}$$

$$R_h = \frac{D}{4}$$

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$Q = \frac{\pi D^{8/3}}{(4n)^{5/3}} S^{1/2}$$

$$D = \left[ \frac{(4n)^{5/3} Q}{\pi S^{1/2}} \right]^{3/8}$$

donde

V = Velocidad, en m/s.

n = Coeficiente de rugosidad ( n = 0.013 ).

Rh = Radio hidráulico, en m.

S = Pendiente del tubo, en milésimas.

Se anexa la tabla de cálculo de acumulación de gastos y funcionamiento hidráulico de la tubería, en donde también se puede ver la velocidad a tubo lleno y la velocidad real que se presenta en la tubería.

## **CAPÍTULO IX**

### **SUPERVISIÓN DE OBRA**

#### **IX.1. ASPECTOS GENERALES.**

La supervisión de la construcción del proyecto de servicio, sólo lo efectúa la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica ( D.G.C.O.H. ) para los sistemas externos, principalmente para las conexiones al agua potable y drenaje.

El seguimiento de la construcción de un proyecto, consiste en aplicar los controles que aseguran que cada fase del trabajo cumpla con las especificaciones, calidades y plazos señalados en el proyecto.

#### **IX.2. SEGUIMIENTO DEL ÁREA SUPERVISORA.**

Por seguimiento de una obra, se entiende a las verificaciones sistemáticas de la calidad con que se desarrolla el trabajo y del cumplimiento de las disposiciones y normas que rigen al proyecto.

En general el seguimiento puede clasificarse como técnico o como administrativo, aunque en realidad el área interna encargada del seguimiento técnico es responsable de ambos aspectos.

Por este motivo, el área responsable del seguimiento debe llevar los registros y controles suficientes para asegurarse que se cumplan las especificaciones técnicas del proyecto u obra y las normas administrativas vigentes.

Para algunos proyectos en que la D.G.C.O.H. carece de personal y medios propios para efectuar un seguimiento permanente, se acostumbra contratar la supervisión con otra empresa que la represente. En este caso esa empresa hace las veces del área interna responsable, y debe llevar controles técnicos y administrativos.

Esencialmente consiste en aplicar los controles que aseguren que cada fase del trabajo cumpla las especificaciones, calidades y plazos señalados en el proyecto.

Algunos de los controles, que pueden aplicarse dependiendo del tipo de trabajo son:

- Muestreos de calidad de materiales.
- Levantamientos topográficos de verificación.
- Fotografías.
- Calendarios comparativos de avances.
- Bitácoras.
- Acuerdos.
- Reuniones.
- Reportes.
- Planos parciales o finales elaborados, por el contratista y por la supervisión.

A continuación se hacen algunos comentarios generales a algunos de estos controles.

- a) **Programación de revisión de avance.** Una vez aprobado el proyecto el constructor presentará al área de la D.G.C.O.H. responsable, un programa de revisiones periódicas durante el desarrollo de la obra. Este programa agrupará elementos o actividades terminadas del trabajo que representen avances específicos; la D.G.C.O.H. revisará el programa propuesto y lo discutirá con la empresa constructora, obligándose ambas partes a cumplirlo en las fechas previstas.
- b) **Reuniones para revisión de avance.** Con base en el programa acordado se celebrarán reuniones con el supervisor y con el personal que la D.G.C.O.H. considere necesario. En cada reunión la constructora presentará para su discusión o aprobación alguno de los documentos que se comentan en los siguientes incisos.
- c) **Calendario comparativo de actividades.** Es el mismo calendario de actividades de la obra, al que se le añaden una barra debajo del avance programado y que corresponderá al avance real de cada actividad, la barra deberá consignar porcentaje de avance y si la actividad se encontrara retrasada, se marcará con rojo a partir de la fecha de retraso.
- d) **Informes técnicos de avance.** Consiste en un documento que describe el avance de las actividades o elementos del trabajo, conforme a las especificaciones aprobadas en la propuesta, y en el que se anotarán las conclusiones que se obtengan en el desarrollo de los trabajos.
- e) **Acuerdos.** La constructora elaborará en original y una copia, un acuerdo donde consignará únicamente los puntos sobresalientes del proyecto que requieran la orientación o autorización de la D.G.C.O.H.,

ya sea para adoptar medidas o para escoger alternativas que contribuyan al logro del objetivo del contrato.

Los acuerdos que resuelva la D.G.C.O.H., los escribirá a mano en la columna respectiva y ambas partes firmarán el acuerdo. Por cada uno de los puntos del acuerdo, la empresa integrará una carpeta con la información que los fundamente, para tener todos los datos requeridos y agilizar la toma de decisiones.

Una vez celebrado el acuerdo, la empresa conservará la copia con firmas autógrafas y dejará el original a la D.G.C.O.H.

- f) **Bitácora.** El supervisor nombrado por la D.G.C.O.H. deberá llevar una bitácora donde se anoten las principales incidencias del desarrollo de la obra. Esta bitácora deberá estar registrada oficialmente y en su primer hoja tener las firmas del personal autorizado, tanto de la constructora como de la supervisión.

La bitácora será el conducto de comunicación oficial entre la empresa y la D.G.C.O.H., y por lo mismo se mantendrá actualizada y se entregarán copias (hojas desprendibles) de cada hoja llena a los interesados, reservando otra para el expediente que el área administrativa debe integrar para fines de contraloría.

En la bitácora se anotarán los acuerdos que se tomen en las juntas periódicas de trabajo, que deberán celebrarse con la asistencia del supervisor de la Subdirección de Ingeniería y de representantes de la compañía constructora.

La periodicidad de las juntas de trabajo será acorde con los tiempos de desarrollo del proyecto; cada quince días, para proyectos de hasta cuatro meses de duración, y cada mes para proyectos de más de cuatro meses hasta un año de duración.

Los asuntos a tratar en las juntas de trabajo serán todos los necesarios para garantizar el desarrollo adecuado del proyecto. Podrán referirse a cambios topográficos, ajustes al proyecto, etc.

Los acuerdos que se tomen en una junta, deberán quedar asentados y firmados por los asistentes en la misma junta.

### **IX.3. LINEAMIENTOS PARA LA ELABORACIÓN DE BITÁCORAS.**

Al inicio de la construcción de un proyecto será responsabilidad del constructor, oficializar ante las autoridades correspondientes de la D.G.C.O.H. una bitácora, con el propósito de registrar todos y cada uno de los particulares que vayan suscitándose durante el período de elaboración del trabajo.

Así mismo, será responsabilidad del constructor, anotar en la bitácora las decisiones que se vayan tomando durante la elaboración de los trabajos, comprometiéndose además a presentarla las veces que le sea requerida por las autoridades de la subdirección.

Desde el principio de la ejecución del trabajo, se establecerá de entrada, una calendarización de juntas de trabajo que tendrán como máximo una periodicidad de quince días calendario. Cuando la naturaleza del trabajo así lo requiera y/o por razones especiales se convocará a juntas de trabajo de emergencia, comprometiéndose la empresa constructora a estar presente en ellas, con todos los elementos que sean necesarios en el lugar y hora que determine el supervisor.

Cuando sea necesario para el desarrollo correcto del proyecto y/o el supervisor lo solicite, el contratista tendrá la obligación de mostrar físicamente todos aquellos puntos que se requieran para interceptar adecuadamente en campo la geometría resultante de los trabajos; tales como, centros o aristas de estructuras importantes, bancos de liga, puntos topográficos, etc.

## CAPÍTULO X

### CONCLUSIONES

Este trabajo constituye un esfuerzo por uniformar en lo posible los criterios de diseño de obras y proyectos de drenaje, a fin de evitar problemas y lograr que quienes tienen la responsabilidad de decidir la magnitud de las obras a construir, dispongan de elementos de comparación.

Hay una serie de restricciones que deben considerarse al diseñar para minimizar costos de construcción y evitar problemas estructurales y de mantenimiento. En este trabajo se pretende dar idea de la función que tienen las restricciones más importantes.

Como en todo proyecto de Ingeniería, para el sistema de drenaje, se deben planear las alternativas necesarias, definiendo a nivel de esquema las obras principales que requieran cada una de ellas. Se deben considerar los aspectos constructivos y los costos de inversión para cada una de las alternativas. Se debe seleccionar la alternativa que asegure el funcionamiento adecuado con el mínimo costo.

En el dimensionamiento de los diferentes componentes de un sistema de alcantarillado, se debe analizar la conveniencia de programar las obras por etapas, existiendo congruencia entre los elementos que lo integran y entre las etapas que se propongan para este sistema.

El diseño hidráulico debe realizarse para la condición de proyecto, pero siempre considerando las diferentes etapas de construcción que se tengan definidas.

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

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

La mayoría de los alcantarillados en las localidades medianas y grandes se han diseñado y construido para funcionar en forma combinada, considerando las aportaciones pluviales. A través del tiempo se ha

observado que esta práctica genera problemas de contaminación y de operación de los sistemas, por la incapacidad de tratamiento a totalidad de las aguas captadas. Aprovechando esta experiencia, en general, los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial deben diseñarse en forma separada.

Como el sistema de conductos de drenaje modifica el escurrimiento natural, existe una interrelación entre el diseño mismo y los gastos que se manejarán, de manera que en teoría el diseño debería hacerse con un proceso iterativo en el que se propongan soluciones, es decir los diámetros y pendientes de las tuberías, se revisa si tienen la capacidad para conducir los escurrimientos correspondientes, se modifica el diseño (y por tanto los gastos) si es necesario, y se revisa nuevamente hasta que se obtiene un diseño económicamente adecuado.

Suponiendo que para un tramo cualquiera se ha determinado el gasto de diseño, hay varias combinaciones de pendiente y diámetro comercial que lo pueden conducir. Seleccionar la combinación económicamente óptima no es un problema trivial, ya que una combinación que produzca el costo mínimo para la construcción de un tramo, podrá implicar costos excesivos para los siguientes.

El trazo en planta de la red de drenaje condiciona las demás etapas de diseño, por esto, se presentan lineamientos útiles para un diseñador no muy experimentado.

El uso de las distintas áreas que forman un conjunto habitacional es un dato de proyecto que debe estar contenido en el correspondiente plano de uso de suelo.

La cuantificación del gasto medio de aguas negras se hará en función de la longitud acumulativa de tubería tributaria o del área acumulada servida, de la densidad de población, del tipo de ocupación del área que cubra el servicio y considerando como aportación unitaria de aguas negras el 100 % de la dotación de agua potable.

Esta consideración se propone en base a que generalmente se calcula la aportación igual al 75 % de la dotación y dicho valor se ve afectado de un coeficiente que prevé la aportación por concepto de aguas pluviales domiciliarias.

El gasto por infiltración ya no se debe considerar, puesto que con la adopción del 100 % de la dotación como el total de la aportación al sistema sanitario, se está considerando éste gasto, así como el que se pueda generar debido a la lluvia que escurre en las azoteas y patios de las viviendas.

En los casos en que el nivel de aguas freáticas está muy alto, el caudal que por concepto de infiltración se agregará al de aguas negras, será el valor medio de 0.6 l/s/km.

En la etapa de diseño, primero es necesario conocer el gasto que conducirá cada tubo, y luego determinar pendiente y diámetro que pueden conducirlo.

Existen normas tendientes a evitar un funcionamiento hidráulico inadecuado que ocasione daños pequeños pero frecuentes en la tuberías. En este sentido, se establece que los diámetros nunca serán decrecientes en dirección del flujo, que no deben producirse saltos hidráulicos dentro de la red, y que deben evitarse grandes caídas.

Los principales problemas que ocasionan trabajos de mantenimiento frecuente en la red de drenaje, se derivan de que el agua contiene sólidos arrastrados desde la superficie del terreno: esto hace que en el diseño se busque por una parte, evitar que los sólidos en suspensión se sedimenten y disminuyan la capacidad del conducto, y por otra, que las partículas mayores erosionen el conducto. Se establecen entonces normas para velocidad mínima (para evitar sedimentación) y velocidad máxima (para evitar erosión).

Por razones económicas, en general, es preferible diseñar con base en los diámetros de tubería comercial disponibles en el mercado.

El diámetro mínimo que deben tener la tuberías, tendiendo a evitar obstrucción será de 30 centímetros.

Desde el punto de vista del diseño del sistema de drenaje, los principales factores a considerar para evitar daños de ruptura o agrietamiento de la tubería son las cargas que actúan sobre ella.

Como las tuberías se instalan bajo las calles, si el colchón de terreno sobre la tubería es muy pequeño, estará sujeta a la acción de las cargas vivas generadas, principalmente por el paso de vehículos. Por lo que se acostumbra establecer la norma de dejar un colchón mínimo de terreno sobre la clave del tubo para evitar rupturas.

Además esta profundidad mínima debe permitir la correcta conexión de las descargas domiciliarias al alcantarillado municipal.

La profundidad máxima será aquella que no ofrezca dificultades constructivas mayores, ya que si la tubería se entierra demasiado, puede tener problemas estructurales y los costos de excavación pueden ser excesivos, por lo que se recomienda que el colchón máximo no exceda 4.0 (cuatro) metros a la clave de la tubería.

La pendiente, ya sea mínima o máxima, tendrá distintos valores, ya sea que se traten de casos normales o excepcionales: los casos normales son aquellos en que se dispone del desnivel topográfico necesario: los casos excepcionales en pendiente mínima son cuando se tiene un desnivel muy pobre, y en pendiente máxima se presentan cuando es excesivo el desnivel topográfico que se dispone.

## REFERENCIAS.

1. NORMAS DE PROYECTO PARA OBRAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN LOCALIDADES URBANAS DE LA REPÚBLICA MEXICANA / SECRETARÍA DE ASENTAMIENTOS HUMANOS Y OBRAS PÚBLICAS / 1979 / MÉXICO, D.F.
2. OPEN CHANEL HIDRAULICS / VEN TE CHOW / 1981 / EDITORIAL DIANA.
3. MANUAL DE HIDRÁULICA / J.M. AZEVEDO, NETO & G. ACOSTA ALVAREZ / 1975 / EDITORIAL HARLA.
4. ABASTECIMIENTO DE AGUA Y REMOCIÓN DE AGUAS RESIDUALES / FAIR GEYER Y OKUN / 1983 / PRIMERA EDICIÓN Y QUINTA REIMPRESIÓN / LIMUSA, MÉXICO, D.F.
5. TOPOGRAFÍA / ALFREDO SALAZAR TORRES / 1977 / MÉXICO, D.F.
6. TOPOGRAFÍA GENERAL / SABROH IGASHIDA MIYABARA / 1971 / MÉXICO, D.F.
7. NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE LA OBRA PÚBLICA / SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS, SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA / 1988 / MÉXICO, D.F.
8. MANUAL DE SANEAMIENTO, VIVIENDA, AGUA Y DESECHOS / DIRECCIÓN DE INGENIERÍA SANITARIA, SECRETARÍA DE SALUBRIDAD Y ASISTENCIA / 1990 / LIMUSA, MÉXICO, D.F.
9. MANUAL PARA PRESENTACIÓN Y CONTROL DE INFORMES Y PROPUESTAS / D.D.F., DGCOH / 1986 / MÉXICO, D.F.
10. NORMAS PARA EL EMPLEO DE LOS PROYECTOS TIPO DE LA DGCOH EN LOS PROYECTOS DE ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE MÉXICO / D.D.F., DGCOH / 1980 / MÉXICO, D.F.
11. NORMAS PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO / D.D.F., SGOS Y DGCOH / 1983 / MÉXICO, D.F.
12. REVISIÓN Y PROPOSICIÓN DE CRITERIOS DE DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO / D.D.F., DGCOH / 1986 / MÉXICO, D.F.

13. CRITERIOS Y RECOMENDACIONES PARA PROYECTOS DE APROVISIONAMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO / D.D.F., DGCOH / 1986 / MÉXICO, D.F.
14. ESPECIFICACIONES GENERALES Y TÉCNICAS DE CONSTRUCCIÓN / D.D.F., DGCOH / 1985 / MÉXICO, D.F.
15. MANUAL DE HIDRÁULICA URBANA TOMO I Y II / D.D.F., DGCOH / 1990 / MÉXICO, D.F.
16. MANUAL DE IDENTIDAD INSTITUCIONAL / G.D.F., DGCOH / 1997 / MÉXICO, D.F.

## ANEXO A

FORMATO DE LOS OFICIOS PARA LA SOLICITUD DE  
FACTIBILIDAD HIDRÁULICA DE SERVICIOS.



MÉXICO D.F., \_\_\_\_\_ 1997.

DICTAMINADORA DE LA DGCOH  
EN LAS OFICINAS DE LICENCIAS  
EN EL COLEGIO DE INGENIEROS.  
ARQUITECTOS O DELEGACIONES.

PRESENTE.

Por medio de este conducto solicito la factibilidad de servicio, para la construcción de \_\_\_\_\_ ubicada en calle \_\_\_\_\_, colonia \_\_\_\_\_, Delegación \_\_\_\_\_.

El terreno tiene una superficie de \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>, una área total a construir de \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup> y altura máxima de 9.00 metros.

Sin más por el momento y en espera de verme favorecido le envío un cordial saludo.

ATENTAMENTE

\_\_\_\_\_  
PROMOTOR  
DOMICILIO

MÉXICO D.F., \_\_\_\_\_ 1997.

**ATENCIÓN:**

REPRESENTANTE DE D.G.C.O.H. EN EL COLEGIO DE  
INGENIEROS CIVILES. COLEGIO DE ARQUITECTOS O  
DELEGACIONES

P R E S E N T E

POR ESTE CONDUCTO LE MANIFIESTO MI INTERÉS EN QUE SE AUTORICE MI SOLICITUD PARA PAGO DE CONTRIBUCIÓN EN PARCIALIDADES DE \_\_\_\_\_ MENSUALIDADES. DEL ARTÍCULO 190 DEL CÓDIGO FINANCIERO (CONTRIBUCIÓN A MEJORAS) DE LA TESORERÍA DEL D.F.

Y ASÍ OBTENER LA LICENCIA DE CONSTRUCCIÓN DE OBRA NUEVA DEL PREDIO DE MI PROPIEDAD UBICADO EN CALLE \_\_\_\_\_,  
COLONIA \_\_\_\_\_, DELEGACIÓN \_\_\_\_\_,  
C.P. \_\_\_\_\_.

CUENTA PREDIAL No. \_\_\_\_\_.

ANEXO FORMATO DE SOLICITUD PARA AUTORIZACIÓN DE CONTRIBUCIONES EN PARCIALIDADES.

SIN MÁS POR EL MOMENTO Y MI AGRADECIMIENTO POR LA ATENCIÓN PRESTADA A LA PRESENTE.

ATENTAMENTE

---

PROMOTOR

## REQUISITOS PARA TRAMITAR PAGO DE PARCIALIDADES.

1. PRESENTAR FIANZA A NOMBRE DE TESORERÍA DEL DISTRITO FEDERAL Y TRES COPIAS FOTOSTÁTICAS.
2. PRESENTAR OFICIO DIRIGIDO A LA REPRESENTANTE DE LA D.G.C.O.H. EN EL COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES, ARQUITECTOS O DELEGACIONES. PRESENTAR TRES COPIAS FOTOSTÁTICAS.
3. PRESENTAR IDENTIFICACIÓN DEL TITULAR O DE QUIEN ESTE TRAMITANDO Y TRES COPIAS FOTOSTÁTICAS.
4. PRESENTAR SOLICITUD ORIGINAL Y COPIAS CON FIRMA ORIGINAL.

## REQUISITOS PARA TRAMITAR FACTIBILIDAD DE SERVICIOS HIDRÁULICOS.

1. PRESENTAR OFICIO DIRIGIDO A \_\_\_\_\_  
REPRESENTANTE DE LA D.G.C.O.H. EN EL COLEGIO DE INGENIEROS. ARQUITECTOS O DELEGACIONES.
2. PRESENTAR COPIA DE ALINEAMIENTO Y No. OFICIAL.
3. PRESENTAR DOS COPIAS DE PLANOS ARQUITECTÓNICOS COMPLETOS DESDE CORTES Y FACHADAS ( FIRMADOS POR EL DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA ).
4. PRESENTAR COPIA DE LA MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO ( FIRMADO POR EL DIRECTOR RESPONSABLE DE OBRA ).
5. PRESENTAR COPIA DE INCREMENTO A LA DENSIDAD ( SI SE REQUIERE ).

## ANEXO B

SIMBOLOGÍA MÁS FRECUENTEMENTE USADA EN PROYECTOS  
DE DRENAJE PARA EL DISTRITO FEDERAL.





# ANEXO C

## TABLAS



TABLA 3.1 EQUIVALENCIA DE LOS MUEBLES EN UNIDADES DE DESAGÜE.

TIPO DE MUEBLE	UNIDADES MUEBLE DE DESAGÜE
Grupo de baño formado por: inodoro, lavabo y tina o regadera ( inodoro de tanque )	6
Grupo de baño formado por: inodoro, lavabo y tina o regadera ( inodoro de fluxómetro )	8
Tina con o sin regadera ( desagüe normal )	2
Bidet	3
Combinación de fregadero y lavadero	3
Combinación de fregadero y triturador	4
Fregadero de cocina doméstica	2
Fregadero de cocina doméstica con triturador	3
Fregadero de cirujano	3
Vertedero de servicio	2
Lavabo con desagüe normal	1
Lavabo con desagüe grande	2
Lavabo de peluquería o salón de belleza	2
Lavabo de cirujano	2
Unidad dental ( lavabo dental )	1
Bebedero	0.5
Lavadero de uno o dos compartimentos	2
Lavadora de platos doméstica	2
Regadera de pared doméstica	2
Urinal de pedestal ( fluxómetro )	8
Urinal de pared ( fluxómetro )	4
Urinal de pared	2
Urinal corrido ( cada 60 cm )	2
Inodoro de fluxómetro	8
Inodoro de tanque	4
Coladera de piso	1

TABLA 3.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE UNIDADES MUEBLE DE DESAGÜE DE ACUERDO AL DIÁMETRO DE LA TRAMPA O DESAGÜE.

MUEBLE CON	UNIDADES MUEBLE DE DESAGÜE
Desagüe o trampa de 38 mm	2
Desagüe o trampa de 50 mm	3
Desagüe o trampa de 64 mm	4
Desagüe o trampa de 100 mm	6

TABLA 3.3 CONVERSIÓN DE UNIDADES MUEBLE DE DESAGÜE A LITROS POR SEGUNDO.

GASTO	UNIDADES MUEBLE		GASTO	UNIDADES MUEBLE		GASTO	UNIDADES MUEBLE	
	Tanque	Fluometro		Tanque	Fluometro		Tanque	Fluometro
0.063	0	-	2.77	103	35	8.83	585	490
0.130	1	-	2.84	107	37	9.14	611	521
0.190	3	-	2.90	111	39	9.46	638	559
0.250	4	-	2.96	115	42	9.77	665	596
0.320	6	-	3.03	119	44	10.09	692	631
0.380	7	-	3.09	123	46	10.40	719	666
0.440	8	-	3.15	127	48	10.72	748	700
0.500	10	-	3.22	130	50	11.04	778	739
0.570	12	-	3.28	135	52	11.35	809	775
0.630	13	-	3.34	141	54	11.67	840	811
0.690	15	-	3.41	146	57	11.99	874	850
0.760	16	-	3.47	151	60	12.62	945	931
0.820	18	-	3.53	155	63	13.25	1018	1009
0.880	20	-	3.60	160	66	13.88	1091	1091
0.950	21	-	3.66	165	69	14.51	1173	1173
1.010	23	-	3.72	170	73	15.14	1254	1254
1.070	24	-	3.78	175	76	15.77	1335	1335
1.130	26	-	3.91	185	82	16.40	1418	1418
1.200	28	-	4.04	195	88	17.03	1500	1500
1.260	30	-	4.16	205	95	17.66	1583	2383
1.320	32	-	4.29	215	102	18.29	1668	1668
1.390	34	5	4.42	225	108	18.92	1755	1755
1.450	36	6	4.54	236	116	19.55	1845	1845
1.510	39	7	4.67	245	124	20.19	1926	1926
1.580	42	8	4.79	254	132	20.82	2018	2018
1.640	44	9	4.92	264	140	21.45	2110	2110
1.700	46	10	5.05	275	148	22.08	2204	2204
1.770	49	11	5.17	284	158	22.71	2298	2298
1.830	51	12	5.30	294	168	23.34	2388	2388

SIGUE TABLA 3.3 CONVERSIÓN DE UNIDADES MUEBLE DE DESAGÜE A LITROS POR SEGUNDO.

GASTO	UNIDADES MUEBLE		GASTO	UNIDADES MUEBLE		GASTO	UNIDADES MUEBLE	
	Tanque	Flujómetro		Tanque	Flujómetro		Tanque	Flujómetro
1 890	54	13	5 43	305	176	23 97	2480	2480
1 950	56	14	5 55	315	186	24 60	2575	2575
2 020	58	15	5 68	326	195	25 23	2670	2670
2 080	60	16	5 80	337	205	25 86	2765	2765
2 140	63	18	5 93	348	214	26 49	2862	2862
2 210	66	20	6 06	359	223	27 13	2960	2960
2 270	69	21	6 18	370	234	27 76	3060	3060
2 330	74	23	6 31	380	245	28 39	3150	3150
2 400	78	25	6 62	406	270	31 54	3620	3620
2 460	83	26	6 94	431	295	34 70	4070	4070
2 520	86	28	7 25	455	329	37 85	4480	4480
2 590	90	30	7 57	479	365	44 15	5380	5380
2 650	95	31	7 89	506	396	50 47	6280	6280
2 710	99	33	8 20	533	430	56 77	7280	7280

TABLA 3.4 NÚMERO MÁXIMO DE UNIDADES MUEBLE QUE PUEDEN DESCARGAR A UN RAMAL HORIZONTAL

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	UNIDADES MUEBLE	
	S = 1	S = 2
mm		
32	-	1
38	-	3
50	-	21
75	-	27
100	180	216
150	700	840
200	1600	1920
250	2900	3500
300	4600	5600

TABLA 3.5 SELECCIÓN DEL DIÁMETRO PARA LA BAJADA DE AGUAS NEGRAS EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE PISOS QUE ABARCA LA BAJADA.

DIÁMETRO DEL TUBO		UNIDADES MUEBLE	
mm	pulgadas ( in )	BAJADAS HASTA TRES NIVELES	BAJADAS DE MÁS DE TRES NIVELES
32	1 ¼	2	2
38	1 ½	4	8
50	2	10	24
64	2 ½	20	42
75	3	30	60
100	4	240	500
150	6	960	1900
200	8	2200	3600
250	10	3800	5600
300	12	6000	8400

TABLA 3.6. VALORES TÍPICOS DEL COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO.

TIPO DE ÁREA DRENADA	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	
	MÍNIMO	MÁXIMO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZONAS COMERCIALES</li> <li>• ZONA COMERCIAL</li> <li>• VECINDARIOS</li> </ul>	0.75 0.50	0.95 0.70
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZONAS RESIDENCIALES</li> <li>• UNIFAMILIARES</li> <li>• MULTIFAMILIARES ESPACIADOS</li> <li>• MULTIFAMILIARES COMPACTOS</li> <li>• ZEMIURBANAS</li> <li>• CASA HABITACIÓN</li> </ul>	0.30 0.40 0.60 0.25 0.50	0.50 0.60 0.75 0.40 0.70
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ZONAS INDUSTRIALES</li> <li>• ESPACIADO</li> <li>• COMPACTO</li> </ul>	0.50 0.60	0.80 0.90
• CEMENTERIOS Y PARQUES.	0.10	0.25
• CAMPOS DE JUEGO	0.20	0.35
• PATIOS DE FERROCARRILES	0.20	0.40
• ZONAS URBANAS	0.10	0.30
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CALLES</li> <li>• ASFALTADAS</li> <li>• DE CONCRETO HIDRÁULICO</li> <li>• ADOQUINADAS</li> </ul>	0.70 0.80 0.70	0.95 0.95 0.85
• ESTACIONAMIENTOS	0.75	0.85
• TECHADOS	0.75	0.95
<ul style="list-style-type: none"> <li>• PRADERAS</li> <li>• SUELOS ARENOSOS PLANOS (<math>S = 0.02</math>)</li> <li>• SUELOS ARENOSOS (<math>0.02 &lt; S &lt; 0.07</math>)</li> <li>• SUELOS ARENOSOS ESCARPADOS (<math>S &gt; 0.07</math>)</li> <li>• SUELOS ARCILLOSOS PLANOS (<math>S = &lt; 0.02</math>)</li> <li>• SUELOS ARCILLOSOS (<math>0.01 &lt; S &lt; 0.07</math>)</li> <li>• SUELOS ARCILLOSOSO ESCARPADOS (<math>S = &gt; 0.07</math>)</li> </ul>	0.05 0.10 0.15 0.13 0.18 0.25	0.10 0.15 0.20 0.17 0.22 0.35

TABLA 3.7 USO DEL SUELO Y PERIODOS DE RETORNO.

TIPO DE USO	PERIODO DE RETORNO (TR) EN AÑOS
ZONAS DE ACTIVIDAD COMERCIAL	5.0
ZONAS DE ACTIVIDAD INDUSTRIAL	5.0
ZONAS DE EDIFICIOS PUBLICOS	5.0
ZONAS RESIDENCIALES MULTIFAMILIARES DE ALTA DENSIDAD *	3.0
ZONAS RESIDENCIALES MULTIFAMILIARES DE BAJA DENSIDAD *	1.5
ZONAS RECREATIVAS DE ALTO VALOR E INTENSO USO POR EL PÚBLICO	1.5
OTRAS ÁREAS RECREATIVAS	1.0

\* PARA BAJA DENSIDAD SE CONSIDERAN VALORES MENORES DE 100 Hab/Ha.

TABLA 3.8 TIPO DE VIALIDAD Y PERIODO DE RETORNO MÍNIMO.

TIPO DE VIALIDAD	TR EN AÑOS
* VIALIDAD ARTERIAL.- Autopistas urbanas y avenidas que garantizan la comunicación básica de la ciudad.	5.0
* VIALIDAD DISTRIBUIDORA.- Vias que distribuyen el tráfico proveniente de la vialidad arterial o que la alimentan.	3.0
* VIALIDAD LOCAL.- Avenidas y calles cuya importancia no traspasa la zona servida.	1.5
* VIALIDAD ESPECIAL.- Acceso e instalaciones de seguridad nacional y servicios publicos vitales.	1.0

\* ESTA TABLA DEBE USARSE COMO COMPLEMENTO Y CONJUNTAMENTE CON LA TABLA 3.7.

TABLA 3.9 DIMENSIONAMIENTO DE ZANJAS.

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (mm)	ANCHO DE LA ZANJA (m)	PROFUNDIDAD MÍNIMA A CLAVE DEL TUBO (m)	ESPESOR DE PLANTILLA (m)
0.20	0.65	0.90	0.10
0.30	0.75	0.90	0.10
0.38	0.90	0.90	0.12
0.45	1.00	0.90	0.12
0.60	1.20	1.00	0.14
0.76	1.50	1.00	0.17
0.91	1.75	1.10	0.19
1.07	1.90	1.2.0	0.22
1.22	2.00	1.30	0.25
1.52	2.50	1.30	0.28
1.83	2.80	1.30	0.31
2.13	3.20	1.50	0.34
2.44	3.60	1.50	0.40

TABLA 4.1. DESCARGAS SIMULTÁNEAS AL ALCANTARILLADO EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO DEL CONDUCTO RECEPTOR.

DIÁMETRO ( cm )	No. DE DESCARGAS SIMULTÁNEAS.	APORTACIÓN POR DESCARGA ( lps )	GASTO MÍNIMO DE AGUAS NEGRAS ( lps )
30	2	1.5	3.0
38	2	1.5	3.0
45	3	1.5	4.5
61	5	1.5	7.5
76	8	1.5	12.0
91	12	1.5	18.0
107	17	1.5	25.5
122	23	1.5	34.5
152	30	1.5	45.0
183	38	1.5	57.0
213	47	1.5	70.5
244	57	1.5	85.5

TABLA 4.2. COEFICIENTES DE RUGOSIDAD EN TUBOS.

MATERIAL	COEFICIENTE "n"
ASBESTO - CEMENTO	0 010
CONCRETO LISO	0 012
FIERRO FUNDIDO	0 013
ACERO GALVANIZADO	0 014
ACERO SOLDADO SIN REVESTIMIENTO	0 014
ACERO SOLDADO CON REVESTIMIENTO INTERIOR A BASE DE EPOXI	0 011
PVC ( POLICLORURO DE VINILO )	0 009
POLILENO DE ALTA DENSIDAD	0 009

TABLA 4.3. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD PARA CANALES.

MATERIAL DE REVESTIMIENTO.	COEFICIENTE "n"
CONCRETO CON BUEN ACABADO	0.014
CONCRETO CON ACABADO REGULAR	0.016
MAMPOSTERÍA CON MORTERO DE CEMENTO CON BUEN ACABADO	0.020

TABLA 4.4. VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE EN TUBERÍAS.

TIPO DE TUBERÍA	VELOCIDAD MÁXIMA (m/s)
CONCRETO SIMPLE HASTA 45 cm DE DIÁMETRO	3.0
CONCRETO REFORZADO DE 60 cm DE DIÁMETRO O MAYORES	3.5
CONCRETO PREFORZADO	3.5
ASBESTO - CEMENTO	5.0
ACERO GALVANIZADO	5.0
ACERO SIN REVESTIMIENTO	5.0
ACERO CON REVESTIMIENTO	5.0
PVC (CLORURO DE VINILO)	5.0
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD	5.0

TABLA 4.5 PENDIENTE MÍNIMA EN CONDUCTOS DE SISTEMAS SANITARIOS Y COMBINADOS  
( FUNCIONANDO CON 25% DE LLENADO Y A LA VELOCIDAD DE 0.6 M/S )

DIÁMETRO DEL TUBO	PENDIENTE *			
	n = 0.013	n = 0.014	n = 0.015	n = 0.016
m				
0.30	0.00392	0.00455	0.00522	0.00594
0.38	0.00286	0.00332	0.00381	0.00433
0.45	0.00228	0.00265	0.00304	0.00346
0.60	0.00156	0.00180	0.00207	0.00236
0.76	0.00113	0.00132	0.00151	0.00172
0.91	0.00089	0.00104	0.00119	0.00135
1.07	0.00072**	0.00083	0.00096	0.00109
1.22	0.00060**	0.00070**	0.00080	0.00092
1.52	0.00045**	0.00052**	0.00060**	0.00068**
1.83	0.00035**	0.00041**	0.00047**	0.00053**
2.13	0.00029**	0.00033**	0.00038**	0.00044**
2.44	0.00024**	0.00028**	0.00032**	0.00036**

\* CALCULADA CON LA FÓRMULA DE MANING.

\*\* LA PENDIENTE MÍNIMA ESTÁ REGIDA POR RAZONES CONSTRUCTIVAS Y ES ALREDEDOR DE 0.0008.

TABLA 4.6 VALORES DE Cn.

REGIÓN	Cn
A1	0.020
A2	0.120
B	0.025
C	0.080
D	0.100

TABLA 4.8 MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO.

TIPO DE MATERIAL DE LA TUBERÍA	DIÁMETROS DISPONIBLES ( cm )	DESCRIPCIÓN
CONCRETO SIMPLE Y CONCRETO REFORZADO	15 a 60  30 a 244	Es el tubo más comunmente usado y fácil de conseguir. susceptible a la corrosión en su interior por la producción de ácido sulfhídrico con el agua. También es atacado en su exterior por suelos altamente sulfatados.
CONCRETO PRESFORZADO	75 a 250	Utilizado en casos especiales de emisores largos, es susceptible a la corrosión igual que el concreto reforzado.
CONCRETO REFORZADO COLADO EN SITIO	SEGÚN NECESIDADES	Es utilizado sólo cuando no se dispone de diámetros comerciales o cuando condiciones especiales lo requieren.
ACERO	20 a 300	Usado para cruces ( carreteras, ferrocarril y ríos ), estaciones de bombeo, plantas de tratamiento y donde deban soportarse grandes cargas. Disponible en distintas clases, espesores, resistencias y longitudes. Susceptibles al deterioro interno y externo sino se protege debidamente con recubrimiento y contra la corrosión.
POLICLORURO DE VINILO ( PVC )	3.2 a 6.3	Resistente a la corrosión, poco peso y coeficiente de fricción pequeño. Soporta bien las cargas de relleno, pero se deforma cuando está mal colocado o se expone a los rayos solares. Sufre degradación cuando se calienta.
ASBESTO - CEMENTO TIPO A ( A-5, A-7, A-10, A-14 )	5 a 91	Tiene peso menor que otros tubos rígidos, puede ser susceptible a la corrosión por ácido y al ataque de sulfatos, pero si es curado con vapor a alta presión, puede ser usado en suelos que los contengan.

TABLA 4.9. BOCAS DE TORMENTA.

TIPO	DESCRIPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	UTILIZACIÓN
Longitudinal de banqueta	La coladera es semejante a la banqueta, pero sus dimensiones son mayores	Tiene buena capacidad de intercepción y no obstruye el tránsito vehicular	Puede sufrir taponamientos por basura	Para auxiliar a las coladeras de banqueta en los sitios bajos en donde cambia la pendiente y es necesario captar mayores cantidades de agua
Transversal	La coladera es semejante a la de piso, pero se extiende hasta partes de la calle en donde transitan vehículos.	Tiene gran capacidad de intercepción cuando se localizan en los sitios más bajos	Puede entorpecer el tránsito de vehículos. El tránsito de vehículos pesados puede deformar los apoyos de las rejillas y se forman trampas profundas. Como se colocan en calles con fuertes pendientes el escurrimiento acarrea gran cantidad de agua, arena y basura que pueden taponar la coladera.	Para auxiliar a las coladeras de piso en calles con fuerte pendiente en donde es necesario captar mayores cantidades de agua
Con coladera de banqueta y pozo de absorción	La coladera es igual que la de banqueta, pero esta conectada a un pozo de absorción	Puede favorecer la recarga de acuíferos	Pueden favorecer para la contaminación de las aguas subterráneas	En sitios sin infraestructura primaria de drenaje y con subsuelo que permita la infiltración (rocoso o arenoso)
Con coladera pluvial en pasos a desnivel	La coladera se integra a la atarjea o colector y a la planta de bombeo que conducen el agua pluvial al sistema de alcantarillado			En pasos a desnivel, en los cuales el sistema de alcantarillado queda alojado en un puente



TABLA 8.1 DISEÑO DE LA RED DE DESAGÜE DE AGUAS NEGRAS. (TABLA GENERAL DE UNIDADES MUEBLE DE DESAGÜE)

TUBERIA DE FIERRO FUNDIDO

	PLANTA	NUMERO DE NIVELES	MUEBLE			UNIDADES-MUEBLE				TOTAL DE UNIDADES-MUEBLE			TOTAL RAMAL	
			NOMBRE	UNIDAD POR NIVEL	CON FLUJOMETRO	CON TANQUE	POR CADA MUEBLE		POR NIVEL		POR MUEBLE	POR NIVEL		EN TOTAL
							CON FLUJOMETRO	CON TANQUE	CON FLUJOMETRO	CON TANQUE				
R A M A L	PENTHOUSE PLANTA ALTA	1	Inodoro	2	-	2		4		8	8			192
			Lavabo	2	-	2		1		2	2	12	12	
			Coladera	2	-	2		1		2	2			
A	PENTHOUSE PLANTA Baja	1	Inodoro	2	-	2		4		8	8			192
			Lavabo	2	-	2		1		2	2	12	12	
			Coladera	2	-	2		1		2	2			
A	OFICINAS TIPO	14	Inodoro	2	-	2		4		8	8			192
			Lavabo	2	-	2		1		2	2	12	168	
			Coladera	2	-	2		1		2	2			
R A M A L	PENTHOUSE PLANTA ALTA	1	Inodoro	3	3	4	8	1	24	4	24			609
			Lavabo	4		4		1		4	4	36	36	
			Mingitorio	1	1		4		4		4	4		
A	PENTHOUSE PLANTA Baja	1	Inodoro	3	3	4	8	1	24	4	24			609
			Lavabo	4		4		1		4	4	36	36	
			Mingitorio	1	1		4		4		4	4		
A	OFICINAS TIPO	14	Inodoro	3	3	4	8	1	24	4	24			609
			Lavabo	4		4		1		4	4	36	504	
			Mingitorio	1	1		4		4		4	4		
L	MEZANINE	1	Inodoro	2	2	2	8	1	16	2	16			609
			Lavabo	2		2		1		2	2	20	20	
			Coladera	2		2		1		2	2			
B	PLANTA Baja	1	Inodoro	1	1	1	8	1	8	1	8			609
			Lavabo	1		1		1		1		13	13	
			Regadera	1	1		2		2		2	2		
R A M A L	PENTHOUSE PLANTA ALTA	1	Inodoro	2		2		4		8	8			192
			Lavabo	2		2		1		2	2	12	12	
			Coladera	2		2		1		2	2			
C	PENTHOUSE PLANTA Baja	1	Inodoro	2		2		4		8	8			192
			Lavabo	2		2		1		2	2	12	12	
			Coladera	2		2		1		2	2			
C	OFICINAS TIPO	14	Inodoro	2		2		4		8	8			192
			Lavabo	2		2		1		2	2	12	168	
			Coladera	2		2		1		2	2			



TABLA 8.2 DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE SANITARIO.

TUBERIA DE FIERRO FUNDIDO  $n = 0.009$

PLANTA	NODO	NIVEL DE PISO TERMINADO (m)	ALTURA ENTRE PISOS (m)	RAMAL A			RAMAL B			RAMAL C		
				UNIDAD - MUEBLE POR TRAMO		GASTO DE DISEÑO (l.p.a.)	UNIDAD - MUEBLE POR TRAMO		GASTO DE DISEÑO (l.p.a.)	UNIDAD - MUEBLE POR TRAMO		GASTO DE DISEÑO (l.p.a.)
				PROPIA	ACUMULADA		PROPIA	ACUMULADA		PROPIA	ACUMULADA	
Helipuerto		83.39	2.00									
Tanque Elevado		81.39	3.32									
Cto. Maquinas		78.07	3.32									
Penthouse PA.	10	74.75	3.32	12	12	0.621	36	36	1.320	12	12	0.621
Penthouse PB.	70	71.43	3.32	12	24	1.000	36	72	2.125	12	24	1.000
Nivel 14	71	68.11	3.32	12	36	1.320	36	108	2.807	12	36	1.320
Nivel 13	72	64.79	3.32	12	48	1.609	36	144	3.420	12	48	1.609
Nivel 12	73	61.47	3.32	12	60	1.875	36	180	3.986	12	60	1.875
Nivel 11	74	58.15	3.32	12	72	2.125	36	216	4.518	12	72	2.125
Nivel 10	75	54.83	3.32	12	84	2.362	36	252	5.022	12	84	2.362
Nivel 9	76	51.51	3.32	12	96	2.589	36	288	5.504	12	96	2.589
Nivel 8	79	48.19	3.32	12	108	2.807	36	324	5.968	12	108	2.807
Nivel 7	80	44.87	3.32	12	120	3.018	36	360	6.415	12	120	3.018
Nivel 6	81	41.55	3.32	12	132	3.222	36	396	6.849	12	132	3.222
Nivel 5	82	38.23	3.32	12	144	3.420	36	432	7.271	12	144	3.420
Nivel 4	83	34.91	3.32	12	156	3.613	36	468	7.681	12	156	3.613
Nivel 3	84	31.59	3.32	12	168	3.802	36	504	8.082	12	168	3.802
Nivel 2	85	28.27	3.32	12	180	3.986	36	540	8.474	12	180	3.986
Nivel 1		24.95	3.32				36	576	8.858			
Estac. 6		21.63	3.32									
Estac. 5		18.73	2.90									
Estac. 4		15.83	2.90									
Estac. 3		12.93	2.90									
Estac. 2		10.03	2.90									
Estac. 1		7.13	2.90									
Mazzanone		3.48	3.66				20	596	9.065			
Planta Baja		0.18	3.30									
Estac. -1		(2.72)	2.90									
Estac. -2		(5.62)	2.90									
Estac. -3		(8.52)	2.90									
Estac. -4		(11.42)	2.90									
Estac. -5												

DIAMETRO SELECCIONADO

4 Pulgadas

(101.6 mm)

DIAMETRO SELECCIONADO

4 Pulgadas

(101.6 mm)

DIAMETRO SELECCIONADO

6 Pulgadas

(152.4 mm)



TABLA 8.3 SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO.  
CALCULO DE LA VELOCIDAD Y EL TIRANTE.

PLANTAS	TRAMO	UNIDAD MUEBLE		GASTO Q (l.p.s)	DIAMETRO D (m)	PENDIENTE S (%)	AREA A (m <sup>2</sup> )	VELOCIDAD V (m/s)	TIRANTE Y (m)	
		PROPIA	ACUMULADA							
PENTHOUSE Y NIVEL TIPO	1 - 2	9	9	0.478	0.038	2	0.0006	0.74	0.021	R A M A L
	2 - 3	3	12	0.577	0.038	2	0.0008	0.77	0.024	
	3 - 4	8	20	0.807	0.038	2	0.0011	0.71	0.038	
	4 - 5	3	23	0.884	0.075	2	0.0011	0.84	0.022	
	5 - 6	13	36	1.187	0.100	2	0.0013	0.89	0.023	
MEZZANINE	1 - 2	2	2	0.178	0.051	2	0.0003	0.55	0.011	B
	2 - 3	2	4	0.280	0.051	2	0.0004	0.63	0.014	
	3 - 4	8	12	0.577	0.051	2	0.0008	0.77	0.020	
	4 - 5	8	20	0.807	0.076	2	0.0010	0.82	0.020	
PLANTA BAJA	1 - 2	3	3	0.232	0.051	2	0.0004	0.60	0.013	R A M A L E S
	2 - 3	1	4	0.280	0.051	2	0.0004	0.63	0.014	
	3 - 4	9	13	0.608	0.051	2	0.0008	0.78	0.021	
PENTHOUSE Y NIVEL TIPO	1 - 2	4	4	0.280	0.051	2	0.0004	0.63	0.014	R A M A L E S
	2 - 3	1	5	0.325	0.051	2	0.0005	0.66	0.015	
	3 - 4	1	6	0.366	0.051	2	0.0005	0.68	0.016	



TABLE 8.4  
 RED DE DRENAJE SANITARIO  
 FAHUA DE CALICHO  
 COMUNITO RESIDENCIAL

07/01/2019

COEF. DE RUGOSIDAD 0.013

0.20 2.1 0.65 m.

TRAMO LONG.	VIVIENDAS PROPIAS ACUMULADAS	UNIDADES NOBLE PROPIA ACUMULAD	GASTO DISEÑO (hab)	PHID (hab)	DIAMETRO (mm)	COEFIC. Q	TUBO LLENO V	VELOCIDAD (m/s)	TIEMPO (s)	COSTAS PLANTILLA (m)	PROF. (m)	CAIDA COSTAS PLANTILLA (m)	PROF. PLANTILLA (m)	ECONOMIA PLANTILLA ADECUO BELLER	CONTENEBUS DE OSEA (m)
42	37	5	190	190	4.14	41	0.20	66.98	2.11	1.12	104.50	103.30	1.20		
43-44	19	0	0	190	4.14	176	0.20	137.53	4.38	2.33	103.00	101.70	1.22	3.20	98.50
44-45	33	10	340	530	8.37	10	0.20	32.78	1.04	0.85	96.42	95.24	1.19		4.42
45-46	33	10	25	870	11.76	10	0.20	32.78	1.04	0.85	97.67	94.91	2.76		69.95
46-47	18	20	45	688	17.48	60	0.20	80.30	2.56	2.06	98.92	94.58	4.34	2.50	92.08
47-48	40	0	45	0	1550	17.48	14	0.20	38.79	1.24	92.21	91.00	1.21		6.84
48-49	41	0	45	0	1550	17.48	14	0.20	38.79	1.24	91.66	90.44	1.22		5.66
49 P12	12	10	55	340	1890	20.03	44	0.20	68.76	2.19	89.80	86.74	3.06		34.91
322															516.7
58	46	36	1234	1234	14.95	288	0.20	144.36	4.76	3.34	109.00	107.80	1.20	2.50	105.30
58-59	46	10	340	1574	17.66	161	0.20	131.66	4.19	2.88	97.00	95.75	1.25	2.50	93.25
59-57	57										85.24	84.06	1.18		3.75
53															
53-54	23	36	1234	1234	14.95	13	0.20	37.38	1.19	1.14	87.73	86.53	1.20		87.73
54-55	19	0	0	1234	14.95	52	0.20	74.75	2.38	1.80	87.44	86.23	1.21		19.50
55-56	19	0	36	0	1234	14.95	40	0.20	65.56	1.69	86.47	85.30	1.12		15.12
56-57	25	0	36	0	1234	14.95	20	0.20	46.36	1.48	85.75	84.54	1.22		15.99
57-P13	25	82	118	2808	4042	33.75	25	0.20	51.83	1.65	85.24	84.04	1.21		21.29
213											86.00	83.41	2.59		32.46
16															192.8
16-17	18	10	340	340	6.17	10	0.20	32.78	1.04	0.78	136.99	135.81	1.18		13.8
17-3	18	0	0	340	6.17	10	0.20	32.78	1.04	0.78	138.59	135.63	2.96		6.7
18-5	16	2	76	76	2.21	223	0.20	154.63	4.92	1.35	138.95	135.45	3.50		19.50
											141.28	140.09	1.19	3.00	137.03
											134.70	133.53	1.17		4.19
															28.91
															1.04
															0.50
															27.37







TABLA 8.4  
RED DE DRENAJE SANITARIO  
TABLA DE CÁLCULO  
CONJUNTO RESIDENCIAL

AMOR DE CANCA

COEF. DE PROSPECTAD 0.013

C 29.52 : 0.55

TRAMO LINEA	VELOCIDAD (m/s)	MONTONES MIBILES	SALTO DISEÑO (m)	PERM. UNIFORME	TUPO LLENO	PERCENTO REAL	COSTA	PROF. FLUJ. FLUJ. FLUJ.	CANTIDADES DE CERPA									
										FEDERAS ADICIONALES PROPIA ADICIONAD	DISEÑO	CHEQUEO	o	V	REAL	TEGEMBO	FLUJ. FLUJ. FLUJ.	PROF. FLUJ. FLUJ.
(m)	(m/s)	(m <sup>3</sup> )	(m)	(m)	(m)	(%)	(m)	(m)	(m)									
19	17	36	36	1234	1234	14.95	185	0.20	111.65	2.56	2.43	120.92	121.70	1.20	14.32	1.11	0.53	12.53
19-20	17	0	36	1234	14.95	185	0.20	108.72	2.46	2.43	121.02	120.92	1.20	12.65	0.35	0.47	11.52	
20-21	15	0	36	1234	14.95	144	0.20	124.40	2.96	2.50	119.75	119.21	1.19	10.91	0.22	0.41	9.57	
21-22	13	0	36	1234	14.95	10	0.20	32.78	1.04	1.02	112.25	112.11	1.21	8.64	0.25	0.21	7.27	
22-14	10	0	36	1234	14.95	10	0.20	32.78	1.04	1.02	112.25	112.11	1.21	8.64	0.25	0.21	7.27	
1	53	10	10	340	6.17	12	0.20	35.91	1.14	0.98	143.52	142.51	1.12	63.32	3.42	1.57	31.51	
1-2	18	0	10	340	9.93	44	0.20	68.76	2.13	1.62	140.52	139.75	1.12	35.72	1.17	0.57	27.91	
2-3	12	0	20	1020	13.11	10	0.20	32.78	1.04	1.20	132.25	131.73	1.20	21.52	0.22	0.32	22.57	
3-4	17	10	20	340	13.11	60	0.20	80.30	2.33	1.22	124.20	123.52	1.17	31.54	1.35	0.25	28.25	
4-5	30	0	20	1020	14.74	55	0.20	76.85	2.42	1.22	124.20	123.52	1.17	29.81	1.52	0.22	13.22	
5-6	25	5	25	190	12.10	25	0.20	51.82	1.42	1.22	124.20	123.52	1.17	42.50	1.42	0.22	42.52	
6-7	22	3	29	114	1324	15.69	74	0.20	89.14	1.22	1.29	124.20	123.52	1.17	84.67	1.21	1.07	37.22
7-8	34	0	28	0	1324	15.69	43	0.20	67.58	2.12	1.29	124.20	123.52	1.17	16.68	0.22	0.22	15.22
8-9	12	0	28	0	1324	15.69	57	0.20	78.27	2.42	1.29	124.20	123.52	1.17	13.74	0.22	0.22	11.22
9-10	15	0	28	0	1324	15.69	54	0.20	75.15	2.42	1.29	124.20	123.52	1.17	21.19	1.42	0.22	12.22
10-11	25	0	28	340	16.44	79	0.20	92.14	2.92	2.07	122.43	121.25	1.20	16.95	1.20	0.62	15.12	
11-12	20	0	28	0	1644	16.35	79	0.20	92.14	2.92	2.07	122.43	121.25	1.20	16.95	1.20	0.62	15.12
12-13	24	0	28	2004	20.85	67	0.20	84.85	2.70	2.32	119.27	118.07	1.22	28.33	1.52	0.25	5.22	
13-14	8	0	28	0	2004	20.85	10	0.20	32.75	1.04	1.18	119.27	117.39	1.22	7.26	0.52	0.25	5.22
14-15	8	36	64	3238	28.98	55	0.20	76.89	2.42	2.25	119.20	117.55	1.22	29.51	0.52	0.25	5.22	
15-PTA	15	0	64	0	3238	28.98	10	0.20	32.78	1.04	1.12	122.05	117.40	1.22	29.51	0.52	0.25	5.22

428

PROF. FLUJ. FLUJ. FLUJ. = 204.12 92.52 44.56 1913.52

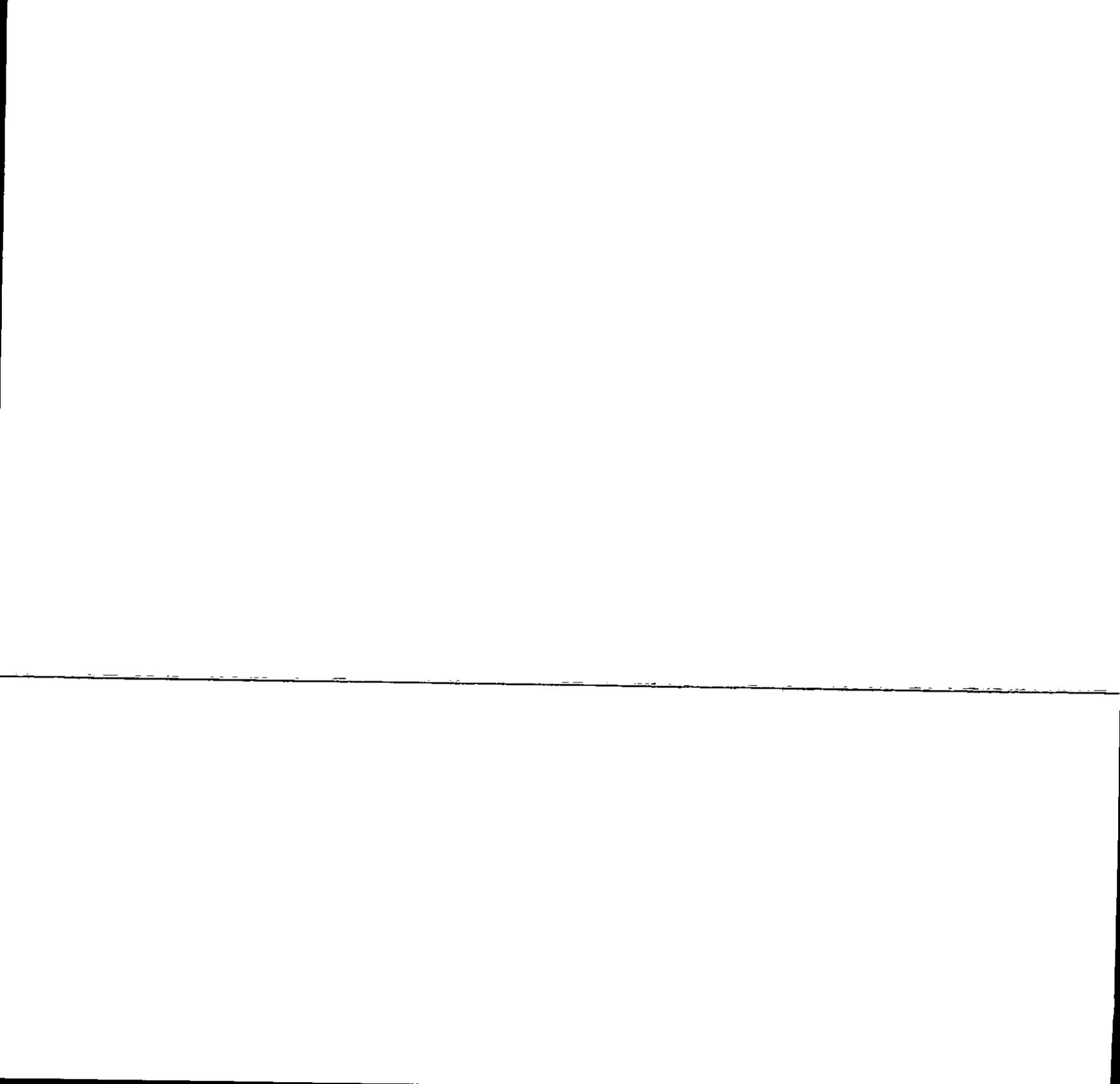


TABLA 8.5

CALCULO DE GASTOS PARA EL DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL

TRAMO	l (m)	v (m/s)	d (min)	d acum (min)	FD	FTR	h <sub>0</sub> (mm)	i (mm/h)	A (ha)	Q (lps)
A	0.0	0.00	20.00							
A-24	45.0	0.87	0.86	20.86	0.866	0.887	26.89	77.33	0.188	21.44
36	0.0	0.00	20.00							
36-37	40.0	2.84	0.23	20.23	0.857	0.887	26.60	78.88	0.341	39.66
37-35	10.0	0.87	0.19	20.43	0.860	0.887	26.69	78.40	0.386	44.62
38	0.0	0.00	20.00							
38-39	25.0	2.16	0.19	20.19	0.856	0.887	26.58	78.98	0.119	13.86
39-40	20.0	2.16	0.15	20.35	0.859	0.887	26.65	78.59	0.214	24.80
40-41	49.0	2.21	0.37	20.72	0.864	0.887	26.82	77.68	0.447	51.20
41-42	42.0	2.21	0.32	21.03	0.869	0.887	26.96	76.92	0.646	73.27
42-43	37.0	2.29	0.27	21.30	0.873	0.887	27.08	75.28	0.822	92.47
43-44	19.0	2.33	0.14	21.44	0.875	0.887	27.14	75.96	0.912	102.16
44-45	22.0	1.10	0.33	21.77	0.879	0.887	27.29	75.20	1.016	112.67
45-PA1	7.0	1.13	0.10	21.88	0.881	0.887	27.33	74.97	1.439	159.08
23	0.0	0.00	20.00							
23-24	37.0	0.87	0.71	20.71	0.864	0.887	26.82	77.70	0.195	22.34
24-25	30.0	0.87	0.57	21.28	0.872	0.887	27.07	76.33	0.269	30.28
25-26	43.0	2.78	0.26	21.54	0.876	0.887	27.19	75.73	0.380	42.44
26-27	40.0	2.49	0.27	21.81	0.880	0.887	27.30	75.12	0.492	54.50
27-28	46.0	2.60	0.29	22.10	0.884	0.887	27.43	74.46	0.615	67.53
28-29	17.0	2.43	0.12	22.22	0.885	0.887	27.48	74.20	0.661	72.33
29-30	7.0	2.84	0.04	22.26	0.886	0.887	27.50	74.11	0.693	75.74
30-31	19.0	2.43	0.13	22.39	0.888	0.887	27.55	73.83	0.779	84.81
31-32	44.0	2.41	0.30	22.70	0.892	0.887	27.68	73.17	0.978	105.53
32-33	29.0	2.80	0.17	22.87	0.894	0.887	27.75	72.80	1.109	119.06
33-34	16.0	2.49	0.11	22.98	0.896	0.887	27.79	72.58	1.181	126.40
34-35	18.0	1.13	0.27	23.24	0.899	0.887	27.90	72.03	1.266	134.47
35-PA1	8.0	1.13	0.12	23.36	0.901	0.887	27.95	71.79	1.660	175.73
50	0.0	0.00	20.00							
50-47	43.0	2.80	0.26	20.26	0.857	0.887	26.61	78.82	0.183	21.27
46	0.0	0.00	20.00							
46-47	27.0	2.58	0.17	20.17	0.856	0.887	26.57	79.03	0.072	8.39
47-48	4.0	2.90	0.02	20.20	0.857	0.887	26.58	78.97	0.261	30.39
48-49	5.0	2.74	0.03	20.23	0.857	0.887	26.60	78.89	0.261	30.36
49-PA2	5.0	2.74	0.03	20.26	0.857	0.887	26.61	78.82	0.270	31.38
CP	0.0	0.00	20.00							
CP-57	10.0	2.37	0.07	20.07	0.855	0.887	26.52	79.29	0.293	34.26
57-58	16.0	1.30	0.21	20.28	0.858	0.887	26.62	78.77	0.367	42.63
58-59	17.0	1.98	0.14	20.42	0.860	0.887	26.69	78.41	0.446	51.57



TABLA 8.5

CALCULO DE GASTOS PARA EL DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL

TRAMO	l (m)	v (m/s)	d (min)	d acum (min)	FD	FTR	h <sub>0</sub> (mm)	i (mm/h)	A (ha)	Q (lps)
59-60	35.0	1.01	0.58	21.00	0.868	0.887	26.95	77.01	0.562	63.82
60-PA3	7.0	1.01	0.12	21.11	0.870	0.887	27.00	76.73	0.641	72.53
51	0.0	0.00	20.00							
51-52	40.0	2.84	0.23	20.23	0.857	0.887	26.60	78.88	0.186	21.63
52-53	47.0	2.87	0.27	20.51	0.861	0.887	26.73	78.19	0.405	46.70
53-54	26.0	2.56	0.17	20.68	0.864	0.887	26.80	77.78	0.526	60.33
61	0.0	0.00	20.00							
61-62	33.0	0.87	0.63	20.63	0.863	0.887	26.78	77.89	0.153	17.57
62-63	10.0	0.87	0.19	20.82	0.866	0.887	26.87	77.42	0.199	22.72
63-64	11.0	0.87	0.21	21.03	0.869	0.887	26.96	76.91	0.250	28.36
64-56	33.0	0.87	0.63	21.67	0.878	0.887	27.24	75.44	0.303	33.71
56-55	16.0	0.87	0.31	21.97	0.882	0.887	27.37	74.75	0.377	41.56
55-54	22.0	0.87	0.42	22.39	0.888	0.887	27.55	73.82	0.479	52.14
54-PA3	5.0	1.06	0.08	22.47	0.889	0.887	27.59	73.65	0.581	63.10
CP	0.0	0.00	20.00							
CP-65	7.0	1.62	0.07	20.07	0.855	0.887	26.52	79.29	0.103	12.04
65-66	11.0	1.30	0.14	20.21	0.857	0.887	26.59	78.93	0.131	15.25
66-67	14.0	2.84	0.08	20.30	0.858	0.887	26.63	78.72	0.166	19.27
67-68	23.0	2.91	0.13	20.43	0.860	0.887	26.69	78.39	0.210	24.28
68-69	28.0	2.35	0.20	20.63	0.863	0.887	26.78	77.90	0.263	30.21
69-70	11.0	2.60	0.07	20.70	0.864	0.887	26.81	77.73	0.294	33.70
70-71	47.0	1.37	0.57	21.27	0.872	0.887	27.07	76.36	0.428	48.20
71-72	5.0	2.90	0.03	21.30	0.873	0.887	27.08	76.30	0.439	49.39
72-73	5.0	2.74	0.03	21.33	0.873	0.887	27.09	76.22	0.450	50.58
73-74	5.0	2.74	0.03	21.36	0.873	0.887	27.11	76.15	0.461	51.77
74-75	5.0	2.74	0.03	21.39	0.874	0.887	27.12	76.08	0.472	52.96
75-PA4	5.0	1.93	0.04	21.43	0.874	0.887	27.14	75.98	0.483	54.12
8	0.0	0.00	20.00							
8-2	47.0	0.87	0.90	20.90	0.867	0.887	26.90	77.24	0.072	8.20
14	0.0	0.00	20.00							
14-3	47.0	0.87	0.90	20.90	0.867	0.887	26.90	77.24	0.180	20.50
15	0.0	0.00	20.00							
15-16	16.0	2.97	0.09	20.09	0.855	0.887	26.53	79.24	0.094	10.98
16-17	38.0	2.92	0.22	20.31	0.858	0.887	26.63	78.69	0.318	36.90
17-18	25.0	2.47	0.17	20.48	0.861	0.887	26.71	78.27	0.386	44.55
18-19	20.0	2.90	0.11	20.59	0.862	0.887	26.76	77.99	0.441	50.72
19-20	24.0	1.98	0.20	20.79	0.865	0.887	26.86	77.50	0.506	57.83
20-21	11.0	2.89	0.06	20.86	0.866	0.887	26.88	77.34	0.536	61.13
21-22	39.0	2.91	0.22	21.08	0.869	0.887	26.98	76.81	0.642	72.72



TABLA 8.5

CALCULO DE GASTOS PARA EL DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL

TRAMO	l (m)	v (m/s)	d (min)	d acum (min)	FD	FTR	hp (mm)	i (mm/h)	A (ha)	Q (lps)
22-13	16.0	2.80	0.10	21.17	0.871	0.887	27.03	76.58	0.686	77.47
1	0.0	0.00	20.00							
1-2	20.0	1.06	0.31	20.31	0.858	0.887	26.64	78.67	0.160	18.56
2-3	45.0	2.87	0.26	20.58	0.862	0.887	26.76	78.03	0.284	32.68
3-4	40.0	1.30	0.51	21.09	0.870	0.887	26.99	76.79	0.651	73.71
4-5	34.0	2.77	0.20	21.29	0.873	0.887	27.08	76.30	0.810	91.14
5-6	34.0	2.84	0.20	21.49	0.875	0.887	27.17	75.84	0.968	108.26
6-7	22.0	2.71	0.14	21.63	0.877	0.887	27.23	75.53	1.071	119.29
7-8	19.0	2.71	0.12	21.74	0.879	0.887	27.28	75.26	1.126	124.97
8-9	20.0	2.63	0.13	21.87	0.881	0.887	27.33	74.98	1.184	130.91
9-10	21.0	2.52	0.14	22.01	0.883	0.887	27.39	74.66	1.245	137.08
10-11	29.0	2.67	0.18	22.19	0.885	0.887	27.47	74.26	1.329	145.54
11-12	27.0	2.65	0.17	22.36	0.887	0.887	27.54	73.89	1.408	153.42
12-13	10.0	2.20	0.08	22.44	0.888	0.887	27.57	73.73	1.437	156.23
13-PA5	10.0	1.79	0.09	22.53	0.890	0.887	27.61	73.53	2.140	232.03



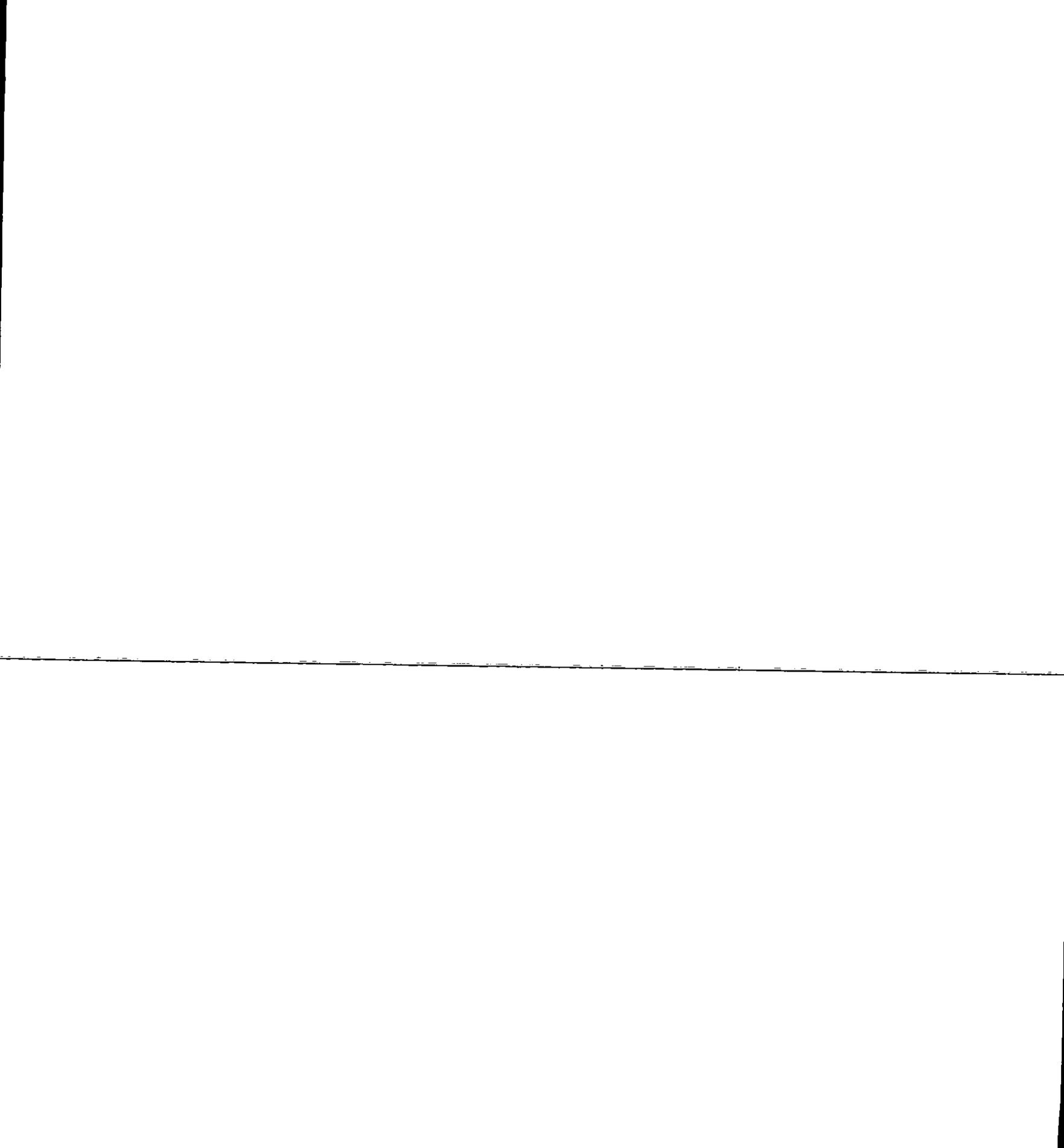
TABLA 8.6  
 RED DE DRENAJE PLUVIAL  
 TABLA DE CALCULO  
 CONJUNTO RESIDENCIAL.

ANEXO DE LA TABLA

D 30 CM : 0.75 M.  
 D 38 CM : 0.90 M.  
 D 45 CM : 1.00 M.

COEF. DE EMPESADAM 0.013

TRAMO	LONG. LINEA (M)	LONG. LINEA PROPIA (M)	TIEMPO PARCIAL (MIN)	CONV. (LITRO)	AREAS		I (M/M)	GASTO DISEÑO (LITRO)	DISEÑO (LITRO)	DISEÑO CORRIG. (LITRO)	TIEMPO (SEG)	TIEMPO (M/SEG)	VEL. REAL (M/SEG)	COSTA TERRENO (M)	COSTA PLANTILLA (M)	PROF. EXC. (M)	CALDA PLANTILLA (M)	PROF. EXC. (M)	CANTIDADES DE CERA					
					PROPIA (M <sup>2</sup> )	AREA (M <sup>2</sup> )													PROF. (M)	EXC. (M <sup>3</sup> )	PLANTILLA (M <sup>3</sup> )	ALBERO (M <sup>3</sup> )	RELLENO (M <sup>3</sup> )	
A	45	45	20.00	20.86	0.189	0.009	0.188	77.33	21.44	4	0.30	61.13	0.97	132.95	131.70	1.25	2.00	115.51	3.25	111.54	3.08	3.19	104.99	
36	40	40	20.00	20.23	0.341	0.000	0.341	75.06	39.76	43	0.30	200.42	2.92	119.76	113.51	1.25	2.00	115.02	114.79	1.21	63.90	3.90	2.93	64.07
37-35	10	50	0.19	20.43	0.045	0.009	0.386	78.52	44.72	4	0.30	61.13	0.97	116.00	111.75	1.25	2.00	115.00	114.75	1.25	9.97	0.75	0.71	6.52
38-39	25	25	20.00	20.19	0.119	0.000	0.119	78.92	13.96	25	0.30	152.82	2.15	115.71	114.45	1.25	2.00	115.09	113.84	1.25	25.36	1.88	1.77	21.72
39-40	20	45	0.15	20.35	0.095	0.006	0.214	78.53	24.99	29	0.30	152.82	2.15	114.59	113.34	1.25	2.00	113.33	112.09	1.27	20.32	1.50	1.41	17.42
40-41	49	94	0.37	20.71	0.230	0.050	0.447	77.82	51.20	29	0.30	155.85	2.21	113.33	112.09	1.27	2.00	112.05	110.79	1.27	50.45	3.43	3.45	42.31
41-42	42	136	0.32	21.03	0.132	0.000	0.646	75.92	72.92	28	0.30	155.85	2.21	112.25	110.97	1.23	2.00	110.93	109.43	1.25	43.47	2.15	2.02	20.35
42-43	37	173	0.27	21.26	0.176	0.000	0.522	75.23	32.47	22	0.30	161.72	2.33	111.19	109.43	1.25	2.00	110.65	109.29	1.27	39.12	1.42	1.34	15.62
43-44	19	192	0.14	21.44	0.059	0.012	0.912	75.95	102.15	29	0.30	154.59	2.23	110.65	109.29	1.27	2.00	110.65	109.29	1.27	38.55	1.29	2.58	35.05
44-45	22	214	0.33	21.57	0.104	0.000	1.015	75.08	112.37	4	0.30	134.82	1.01	111.72	109.29	2.41	2.00	111.72	109.29	2.41	35.29	1.29	1.11	32.57
45-PAL	7	221	0.10	21.82	0.033	0.330	1.419	74.74	158.61	4	0.45	180.23	1.13	115.25	109.27	7.43	2.00	115.25	109.27	7.43				
23	37	37	20.00	20.71	0.135	0.000	0.195	77.78	32.24	4	0.30	61.13	0.87	133.95	121.39	1.25	2.40	129.02	7.52	31.27	2.32	1.52	25.43	
23-24	30	112	0.57	21.38	0.074	0.000	0.592	76.33	30.22	4	0.30	61.13	0.87	136.64	131.55	5.13	2.40	129.02	7.52	144.62	2.25	2.12	130.26	
24-25	43	155	0.26	21.54	0.111	0.000	0.380	75.93	52.55	41	0.30	136.18	2.78	122.15	127.26	1.25	2.00	122.15	127.26	1.25	145.25	2.05	2.04	132.96
25-26	40	195	0.27	21.81	0.112	0.000	0.432	75.32	54.65	33	0.30	175.58	2.42	127.15	135.94	1.25	2.00	127.15	135.94	1.25	40.93	2.00	2.03	35.11
26-27	46	241	0.29	22.10	0.123	0.000	0.615	74.66	67.71	36	0.30	183.38	2.60	125.56	134.08	1.25	1.00	123.09	2.28	64.26	1.44	3.45	57.56	
27-28	46	285	0.12	22.22	0.056	0.000	0.661	74.58	72.62	32	0.30	171.54	2.43	124.02	131.75	1.25	0.50	122.05	1.75	26.95	1.32	1.20	24.47	
28-29	17	258	0.12	22.22	0.056	0.000	0.661	74.58	72.62	32	0.30	171.54	2.43	124.02	131.75	1.25	0.50	122.05	1.75	11.03	0.53	0.43	19.01	
29-30	19	285	0.04	22.28	0.032	0.000	0.719	74.41	85.25	32	0.30	171.54	2.43	124.02	131.75	1.25	1.00	129.95	2.25	26.38	1.42	1.34	23.61	
30-31	19	284	0.13	22.39	0.056	0.000	0.719	73.55	105.07	31	0.30	170.17	2.41	120.45	118.93	1.25	3.50	114.27	5.42	74.90	2.18	2.05	76.27	
31-32	44	328	0.30	22.43	0.139	0.000	0.978	73.19	119.67	42	0.30	198.08	2.80	115.00	114.74	1.25				41.30	1.20	1.13	32.57	
32-33	29	357	0.17	22.65	0.131	0.000	1.109	73.19	127.19	32	0.30	175.58	2.42	115.00	113.67	1.25				34.14	1.60	1.13	29.49	
33-34	16	313	0.11	22.97	0.072	0.000	1.181	73.04	127.19	32	0.30	180.23	2.42	116.00	113.67	2.13				22.59	0.80	1.27	26.52	
34-35	18	391	0.27	23.24	0.095	0.000	1.266	72.40	135.17	4	0.45	180.23	1.13	116.00	113.54	3.11								
35-PAL	8	449	0.12	23.36	0.008	0.305	1.660	72.13	176.52	4	0.45	180.23	1.13	116.75	113.54	3.11				1220.5	51.4	51.2	1127.9	









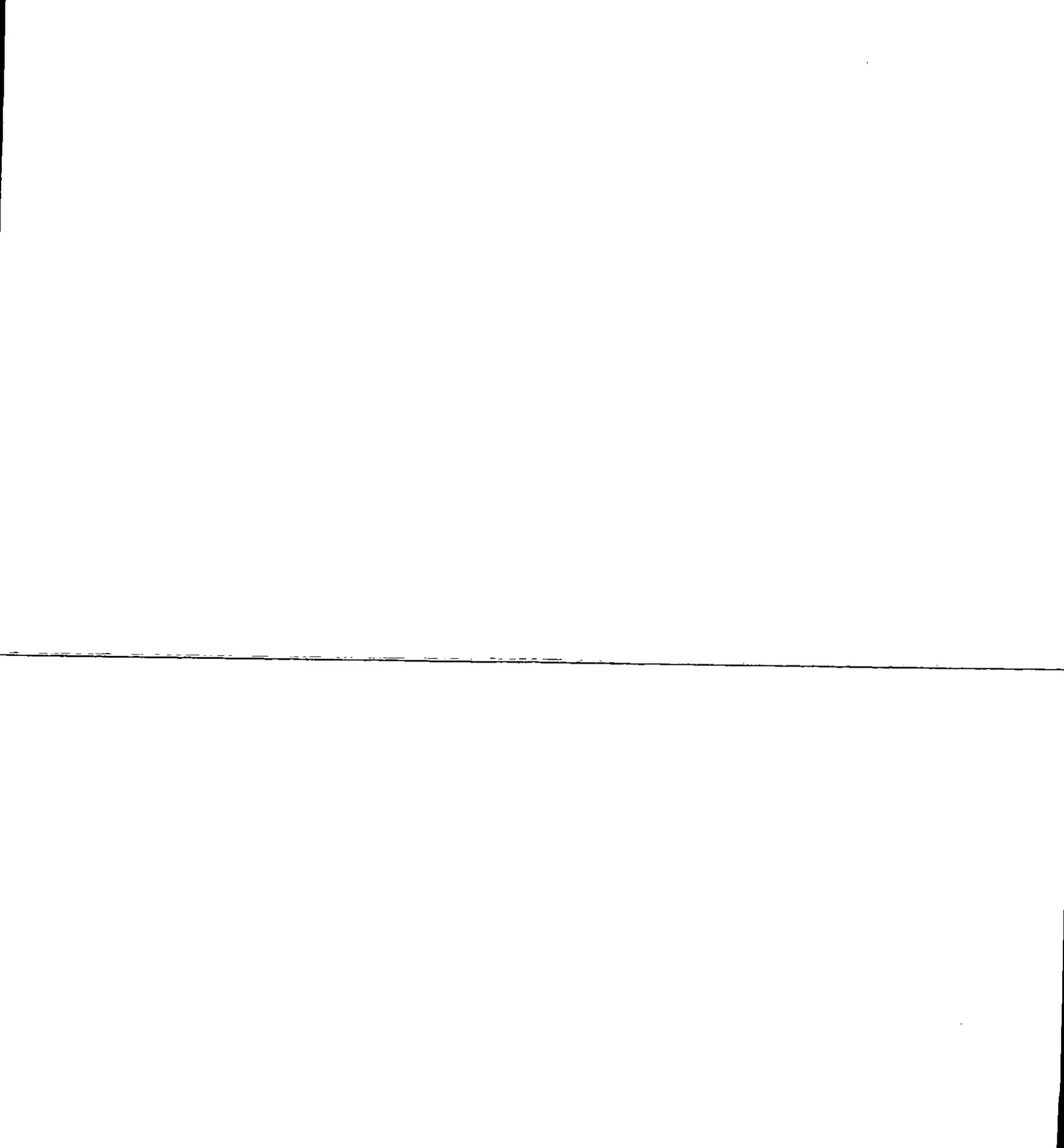
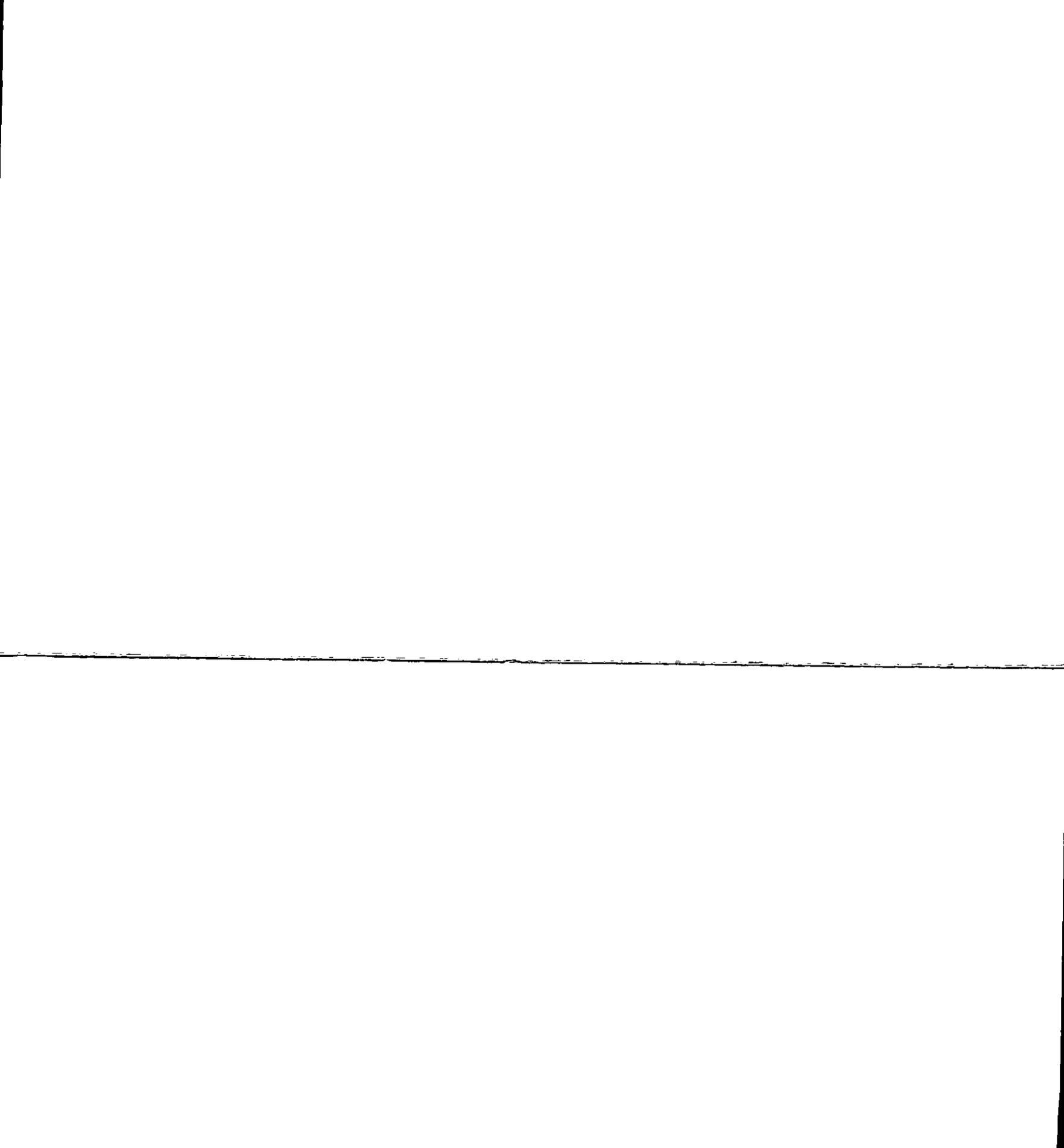


TABLA 8.6  
RED DE DRENAJE PLUVIAL  
TABLA DE CALCULO  
CONJUNTO RESIDENCIAL

ANCHO DE ZANJA

D 30 CM : 0.75 m.  
D 38 CM : 0.90 m.  
D 45 CM : 1.00 m.

RAMO	LONG.	LARG. LENC.	FACIAL	TIEMPO	A E E A S	I	GASTO	DIAMETRO	TUBO	VEL. REAL	CORTE	PROF.	CAIDA	COTAS	PROF.	ELEVACION	CANTIDADES DE CERR.	RELLENO	COEF. DE RUGOSIDAD						
																			0.013						
1-2	29	20	0.31	20.31	0.160	0.000	0.160	78.67	18.56	6	0.30	74.97	1.06	0.89	148.32	146.96	1.25	3.60	143.24	5.08	48.97	1.50	1.41	46.06	
2-3	45	112	0.26	20.58	0.052	0.072	0.294	78.23	32.75	44	0.30	202.74	2.87	2.16	143.60	141.26	2.34	2.90	138.36	5.26	177.52	3.38	3.18	170.97	
3-4	40	47	0.51	21.09	0.187	0.180	0.651	76.38	73.31	9	0.30	91.69	1.30	1.44	139.49	138.03	1.49	0.30	137.70	1.79	108.45	3.60	2.83	102.02	
4-5	34	233	0.20	21.29	0.159	0.000	0.810	75.95	30.72	41	0.30	195.70	2.77	2.72	137.59	136.31	1.28	2.90	133.41	4.18	78.72	2.55	2.60	73.77	
5-6	34	267	0.20	21.49	0.158	0.000	0.562	75.53	107.91	42	0.30	200.42	2.84	2.89	133.25	131.94	1.31	0.80	131.14	2.11	82.75	2.55	2.40	77.73	
6-7	22	289	0.14	21.63	0.103	0.000	1.071	75.37	119.03	39	0.30	191.36	2.71	2.85	131.55	130.29	1.27	1.00	129.28	2.27	37.74	1.65	1.56	34.53	
7-8	19	308	0.12	21.74	0.055	0.000	1.126	75.17	124.82	39	0.30	191.36	2.71	2.98	129.79	128.54	1.25	1.40	127.14	2.65	39.49	1.42	1.35	33.72	
8-9	20	328	0.13	21.87	0.058	0.000	1.126	74.99	130.91	37	0.30	185.91	2.63	2.86	127.65	126.40	1.25	1.50	124.90	2.75	42.05	1.50	1.41	33.13	
9-10	21	349	0.14	22.01	0.061	0.000	1.235	74.77	137.29	34	0.30	178.22	2.52	2.77	125.45	124.19	1.27	2.20	121.98	2.47	50.56	1.58	1.42	47.52	
10-11	29	378	0.12	22.19	0.084	0.000	1.333	74.48	144.97	38	0.30	188.39	2.67	2.94	123.15	120.87	1.28	1.60	119.27	2.68	71.15	2.19	2.05	66.32	
11-12	27	405	0.17	22.36	0.079	0.000	1.408	74.28	154.07	36	0.30	187.41	2.65	2.99	119.44	118.26	1.18				43.02	2.02	1.91	39.15	
12-13	10	415	0.08	22.44	0.029	0.000	1.437	73.78	156.35	13	0.45	343.01	2.20	2.13	119.63	118.11	1.52				14.50	1.09	1.53	11.53	
13-14	10	189	0.09	22.53	0.017	0.586	2.140	73.56	232.13	10	0.45	284.96	1.79	2.00	121.00	118.01	2.99				23.55	1.00	1.53	20.32	
TOTAL	1862	614													1343.6	47.2	45.2	1257.2							
TOTAL															3957.04	142.54	139.03	3675.47							

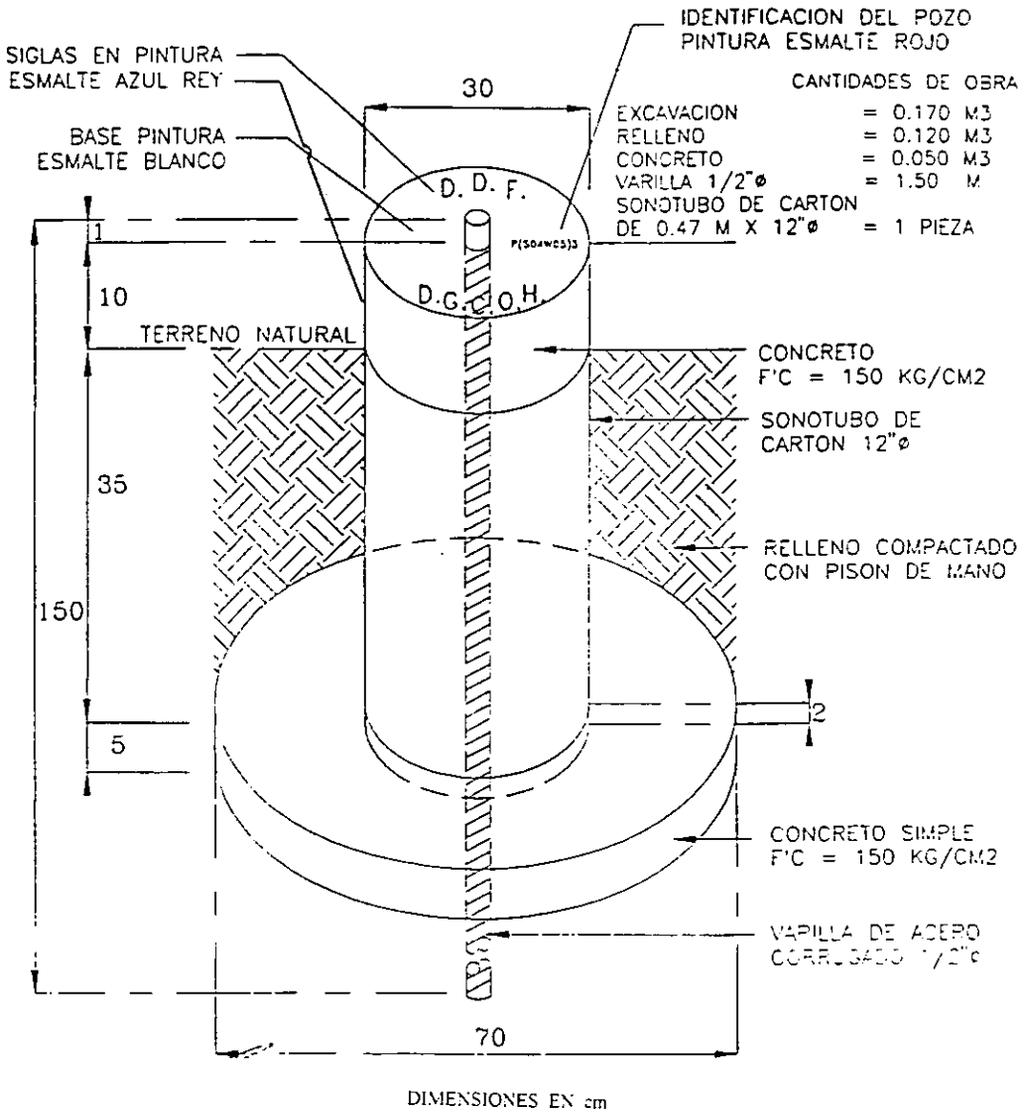


# ANEXO D

## FIGURAS



FIGURA 2.1 MOJONERA TIPO PARA POZOS MUNICIPALES



- APLICAR ADITIVO DE FRAGUADO RÁPIDO.
- LAS SIGLAS D.D.F. - D.G.C.O.H. Y CLAVES DE POZOS SERÁN GRABADAS EN EL CONCRETO CON UN MÍNIMO DE PROFUNDIDAD DE 1 cm.



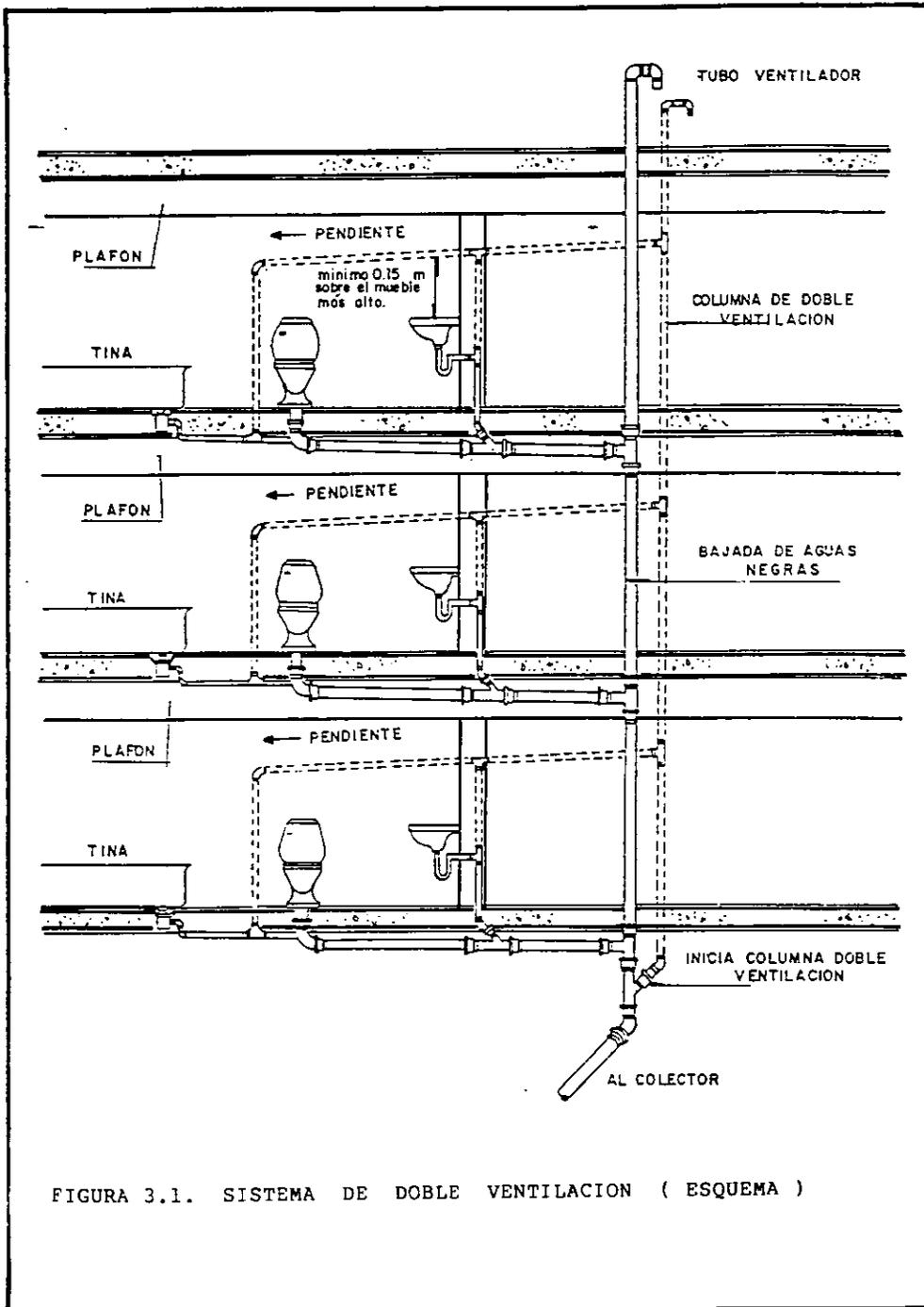
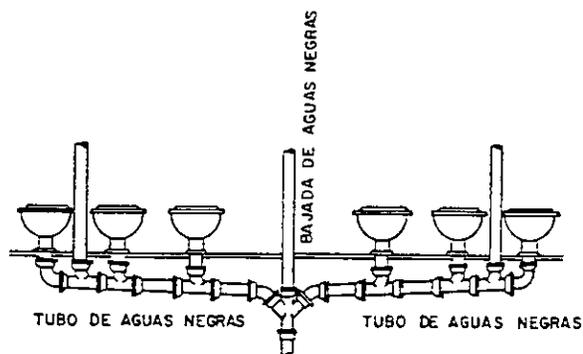
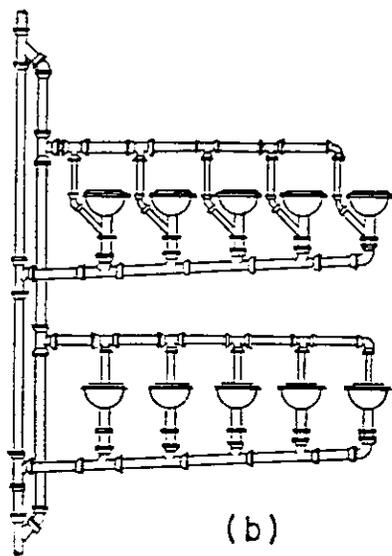


FIGURA 3.1. SISTEMA DE DOBLE VENTILACION ( ESQUEMA )





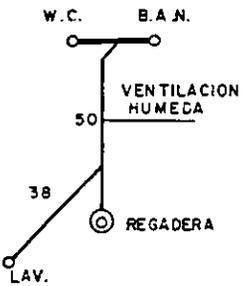
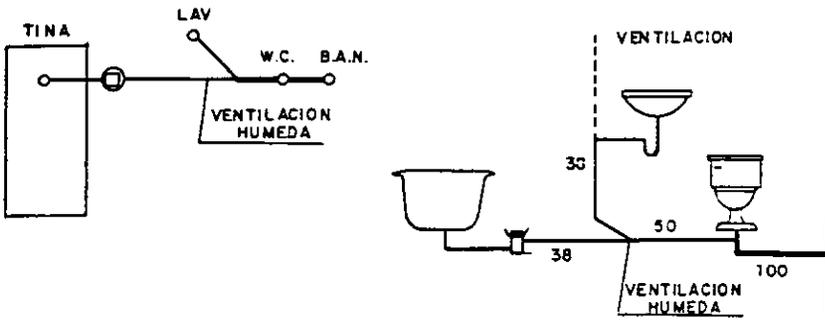
(a)



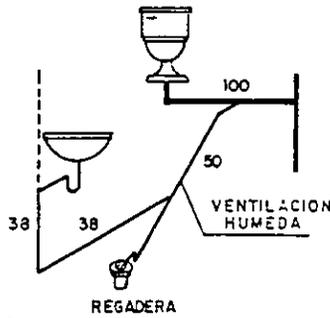
(b)

FIGURA 3.2 VENTILACIONES EN ANILLO Y EN CIRCUITO.





(a)



ULTIMO PISO

ESTA ES UNA BAJADA DE VENTILACION DE ALIVIO

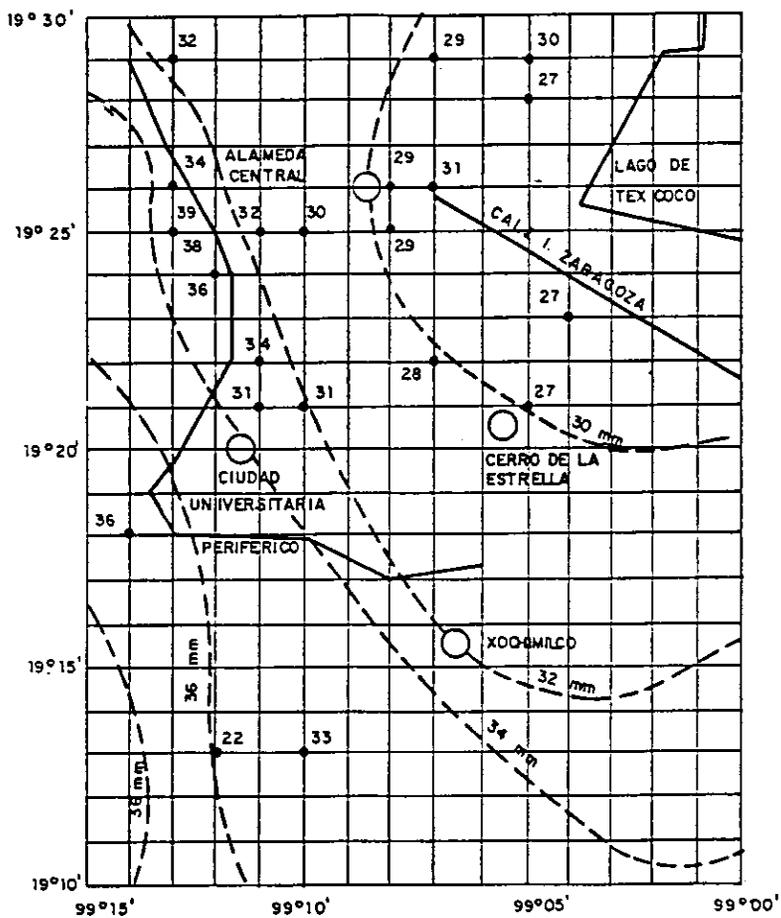
BAJADA

TUBO DE VENTILACION DE ALIVIO

(b)

FIGURA 3.3. VENTILACION HUMEDA Y DE ALIVIO.

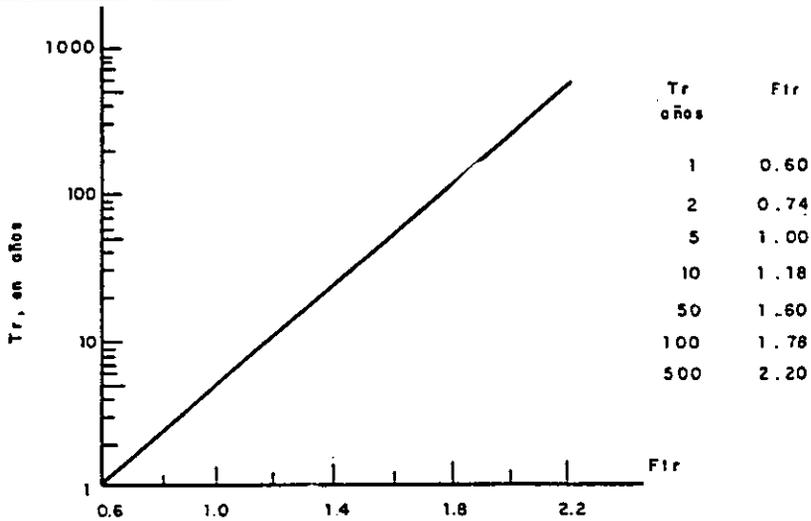




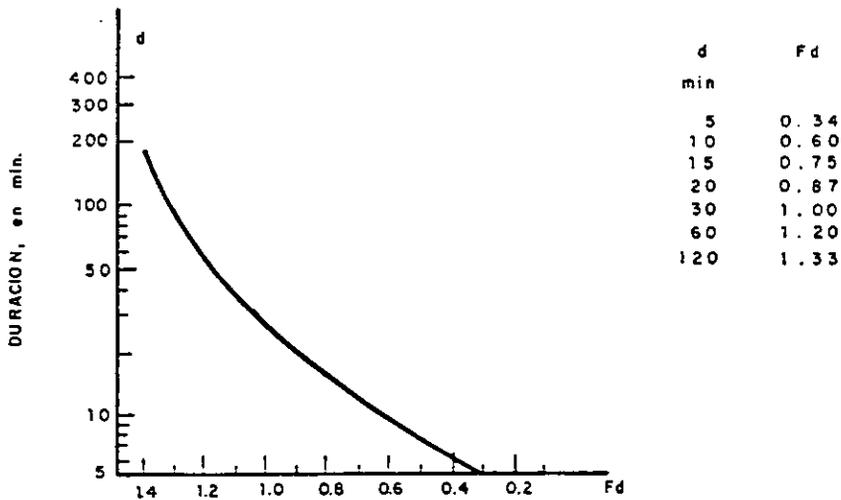
Valor calculado en cada estación pluviográfico

FIGURA 3.4 ISOYETAS PARA  $d = 30$  min Y  $Tr = 5$  años.





a) Factor de ajuste (Ftr) por periodo de retorno



b) Factor de ajuste (Fd) por duración

FIGURA 3.5 FACTORES DE AJUSTE POR PERIODO DE RETORNO Y DURACION.



$$S_e = \sqrt{S_v1^2 + S_v2^2 - 2S_v1 \cdot S_v2 \cos \theta}$$

DONDE  $S_v1$  Y  $S_v2$  SON LAS AREAS DE LAS PAREDES VERTICALES QUE CONTRIBUYEN A LA APORTACION DE AGUA.

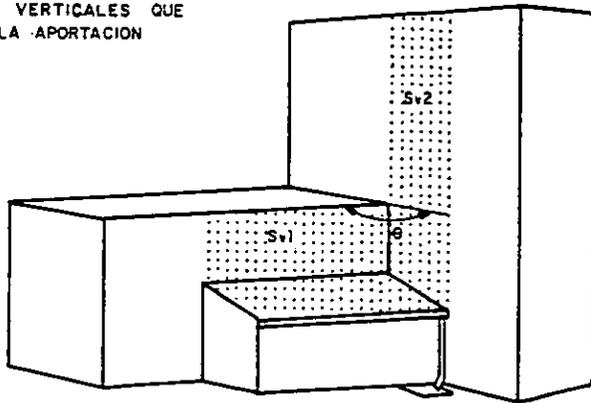


FIGURA 3.6 AREA DE APORTACION PLUVIAL POR LA PRESENCIA DE MUROS VERTICALES CONCURRENTES.



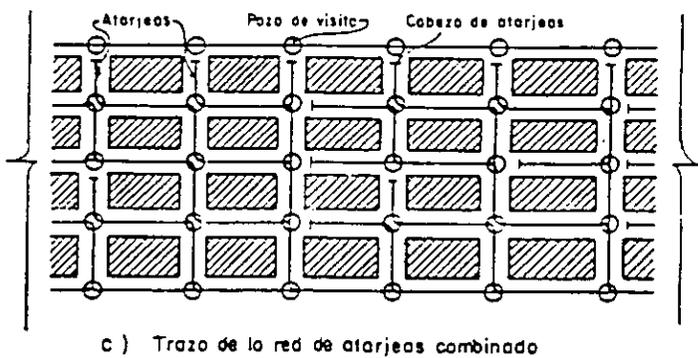
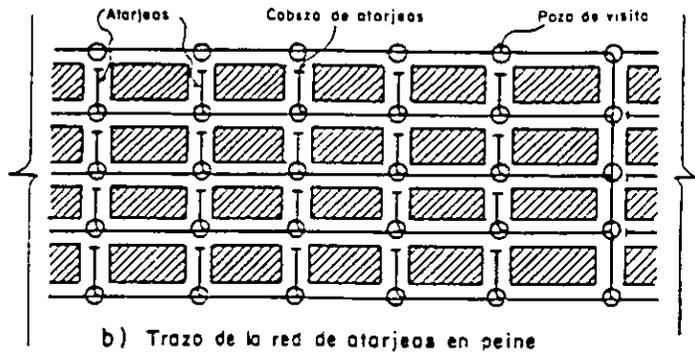
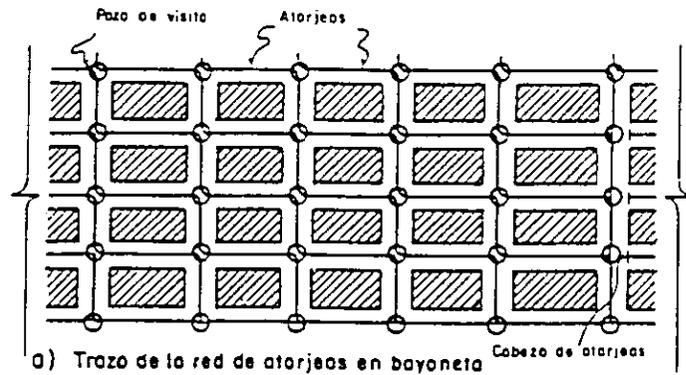


FIGURA 4.1 CONFIGURACION DE ATARJEAS.



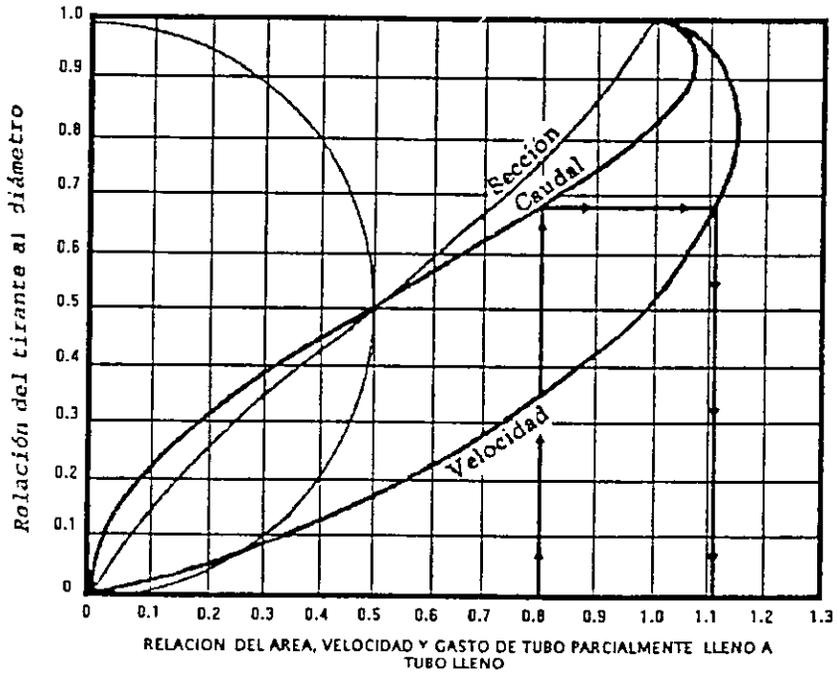
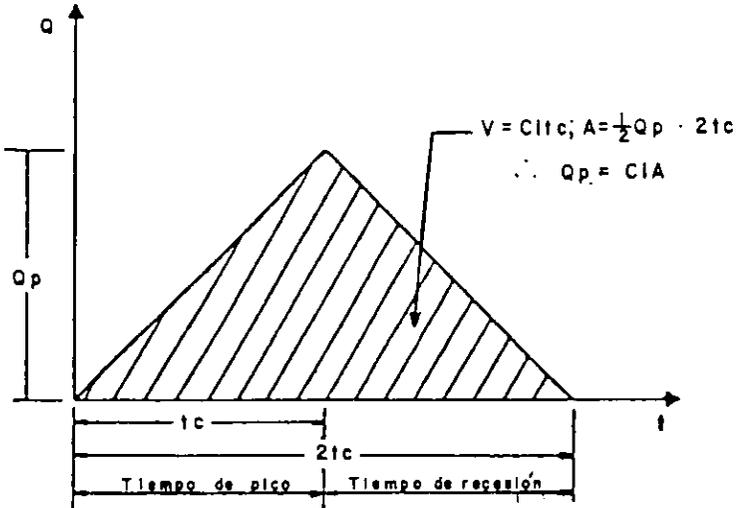


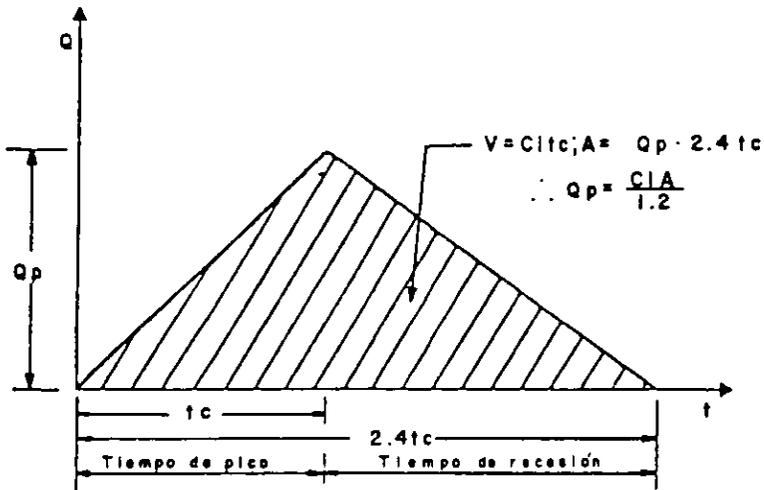
Figura 4.2 Elementos hidráulicos de la sección circular



Figura 4.3 Deducción de la fórmula racional a través del hidrograma triangular.



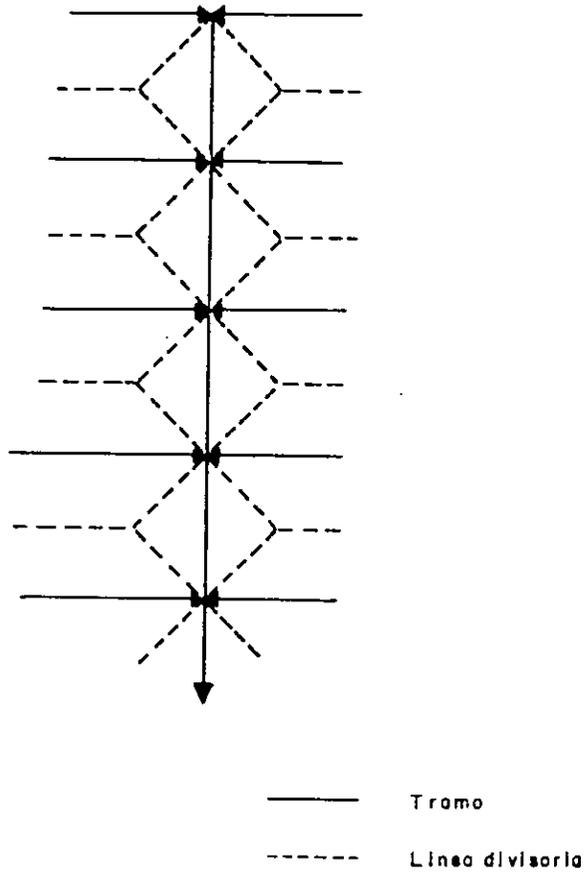
a) Fórmula racional (tiempo de pico = tiempo de recesión = tiempo de concentración)



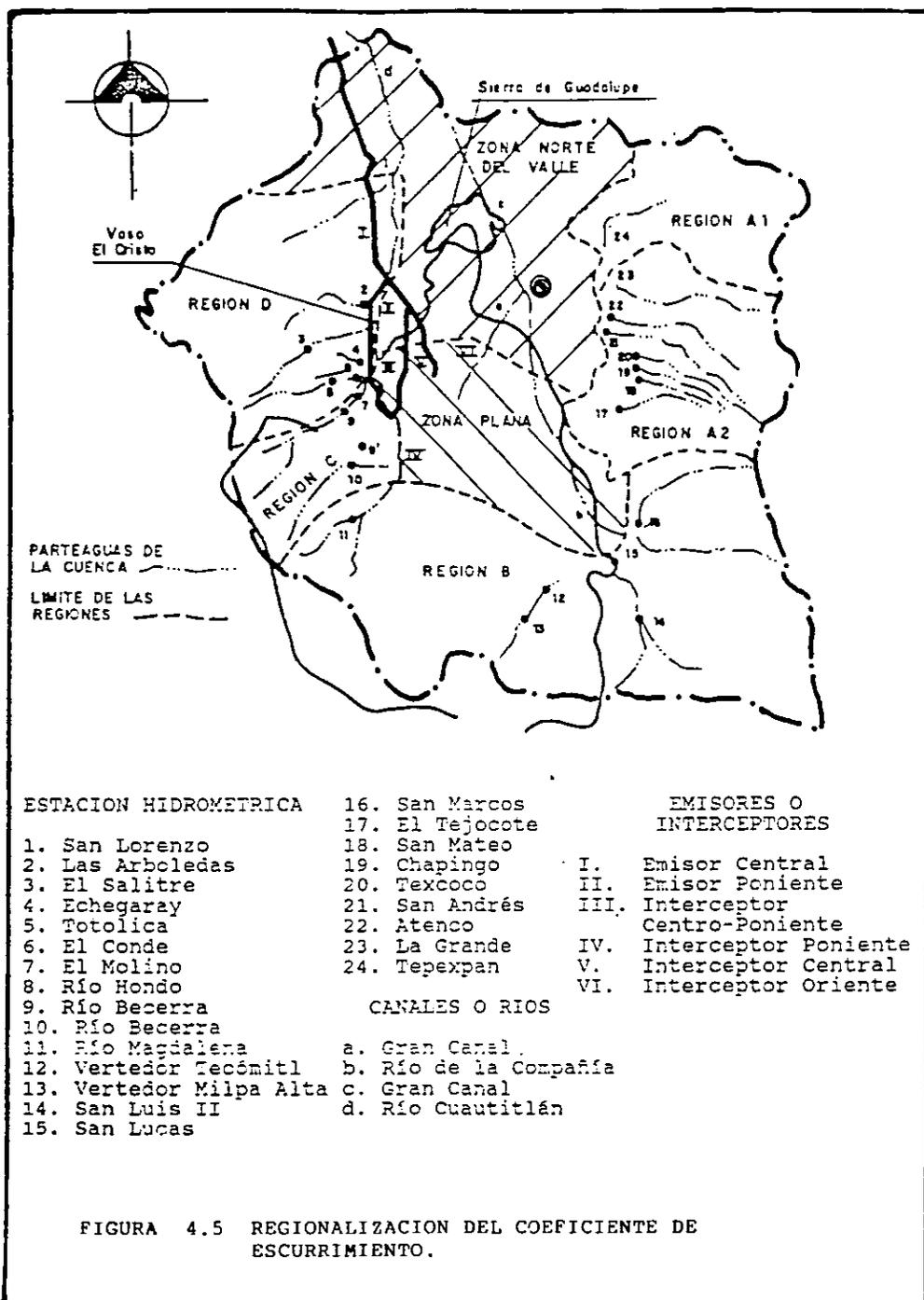
b) Fórmula racional modificada (tiempo de recesión = 1.4 tiempo de concentración)



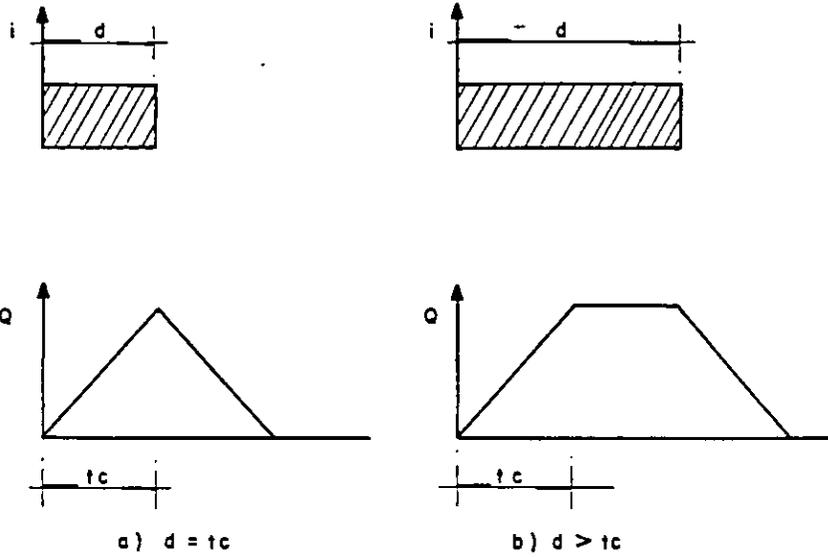
Figura 4.4 Líneas divisorias para las áreas domiciliarias de aportación







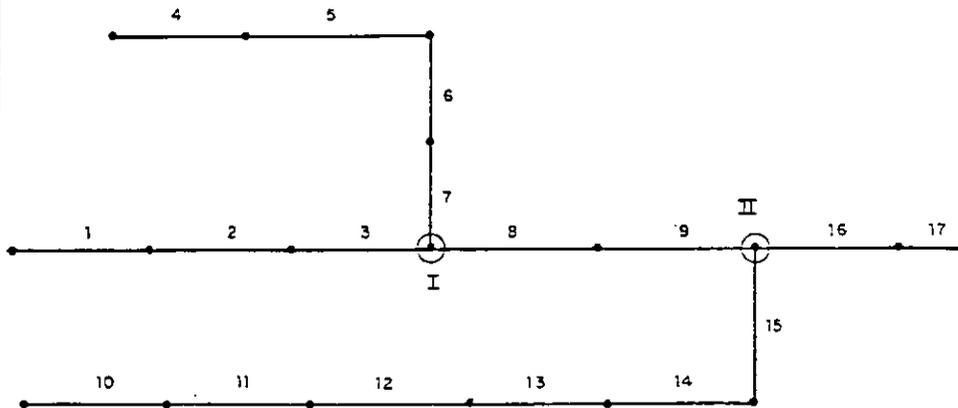




$i$  intensidad de la lluvia  
 $Q$  gasto  
 $t_c$  tiempo de concentración

FIGURA 4.6 REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL EFECTO DE LA DURACION DE LA LLUVIA  $d$  EN EL ESCURRIMIENTO.



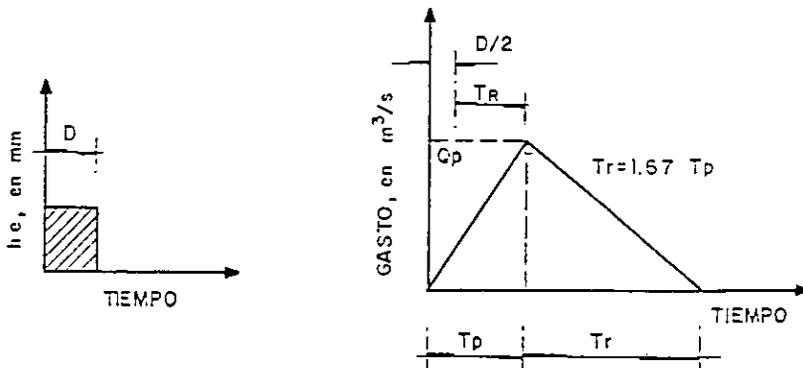


EJEMPLOS:

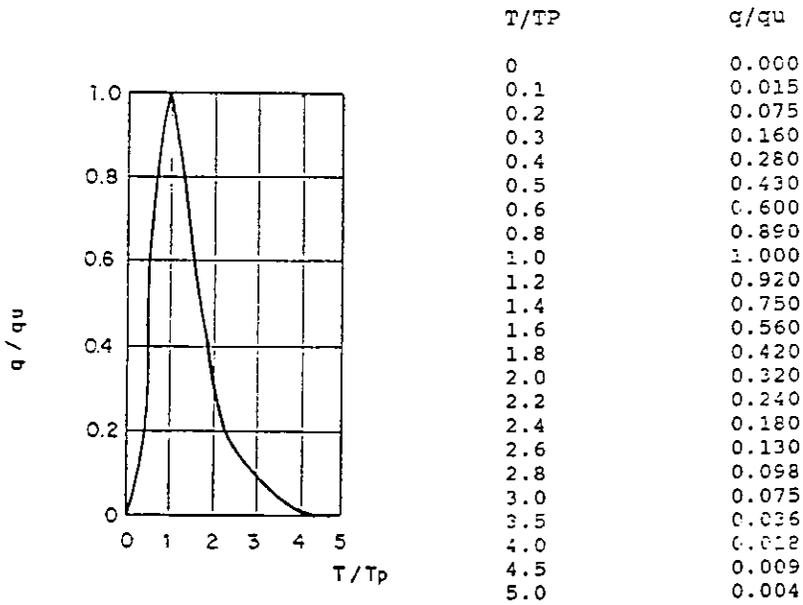
- A) Para calcular el tramo 6, se utilizará un área igual a la suma de las asociadas con los tramos 4 y 5 y un tiempo de concentración igual a 20 min. más el tiempo de traslado por los tramos 4 y 5.
- B) Para calcular el tramo 8 se utilizará un área igual a la suma de las asociadas con los tramos 1 al 7 y un tiempo de concentración igual a 20 min. más el que resulte mayor entre el traslado por los tramos 4 a 7 y el de los tramos 1 a 3.

FIGURA 4.7 ESQUEMA PARA MOSTRAR LA SECUENCIA DE NUMERACIÓN DE LOS TRAMOS Y FORMA DE CALCULO DE ÁREAS Y TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.





a) Hidrograma unitario triangular



b) Hidrograma unitario adimensional

FIGURA 4.8 HIDROGRAMAS UNITARIOS SINTÉTICOS.



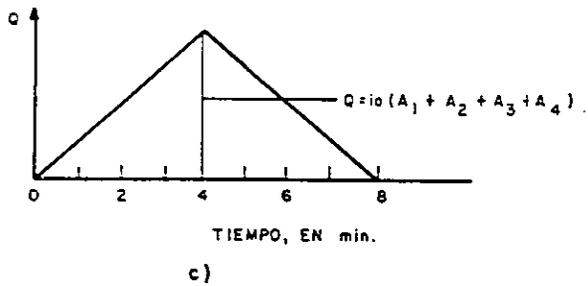
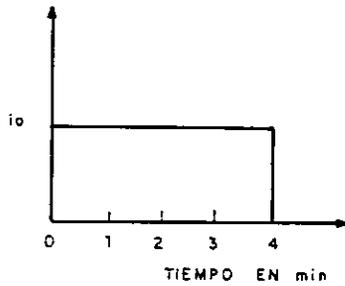
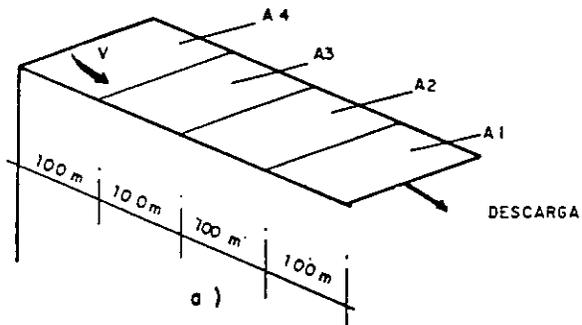
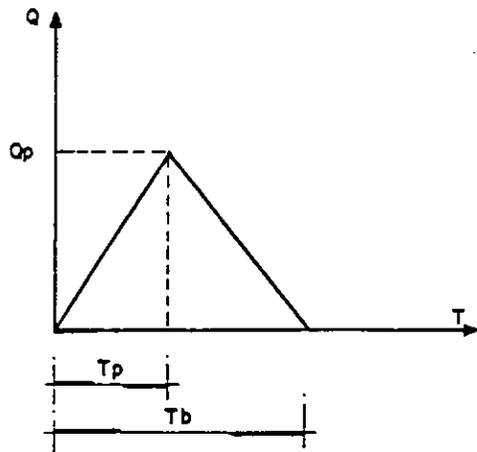
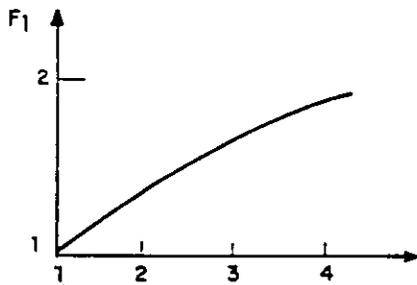


FIGURA 4.9 EJEMPLO PARA EL CALCULO DE HIDROGRAMAS SINTETICOS.



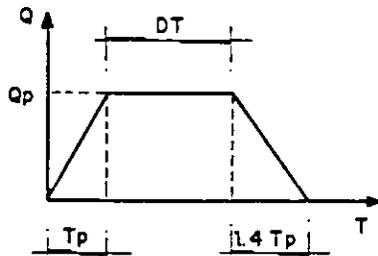


a) Hidrograma unitario triangular, usado cuando  $Q_p \leq Q_s$



$$\frac{\text{Gasto máximo}}{\text{Capacidad del sistema}} = \frac{Q_p}{Q_s}$$

a')



$$V = (1.2 T_p + DT) Q_p$$

$$DT = \frac{V}{Q_p} - 1.2 T_p$$

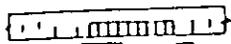
b')

b) Hidrograma unitario modificado cuando  $Q_s < Q_p$

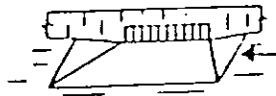
FIGURA 4.10 HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR.



Figura 4.11 Distintos tipos de bocas de tormenta



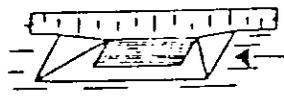
a) Con coladera de banqueta



b) Con coladera de banqueta y piso deprimido.



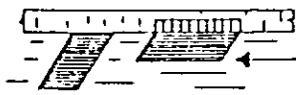
c) Con coladera de piso



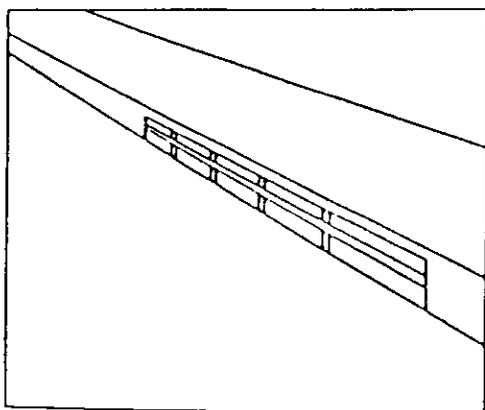
d) Con coladera de piso y piso deprimido.



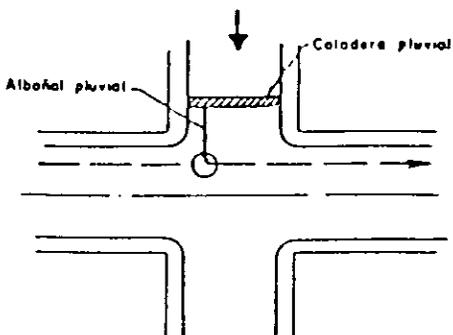
e) Con coladera de piso y banqueta y piso deprimido.



f) Con coladera múltiple de banqueta, piso y banqueta.



g) Longitudinal de banqueta



h) Transversal de calle



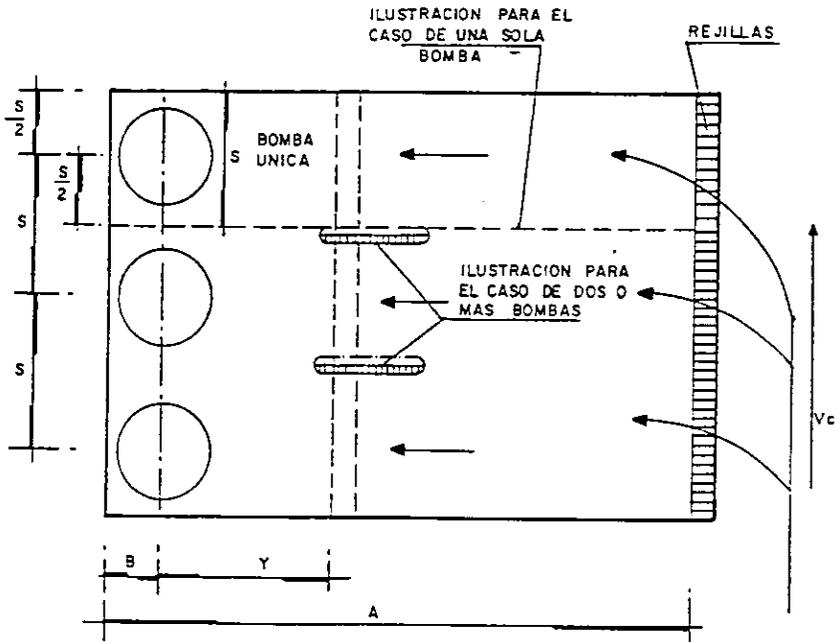


FIGURA 7.1 PLANTA DE UN CÁRCAMO DE BOMBEO

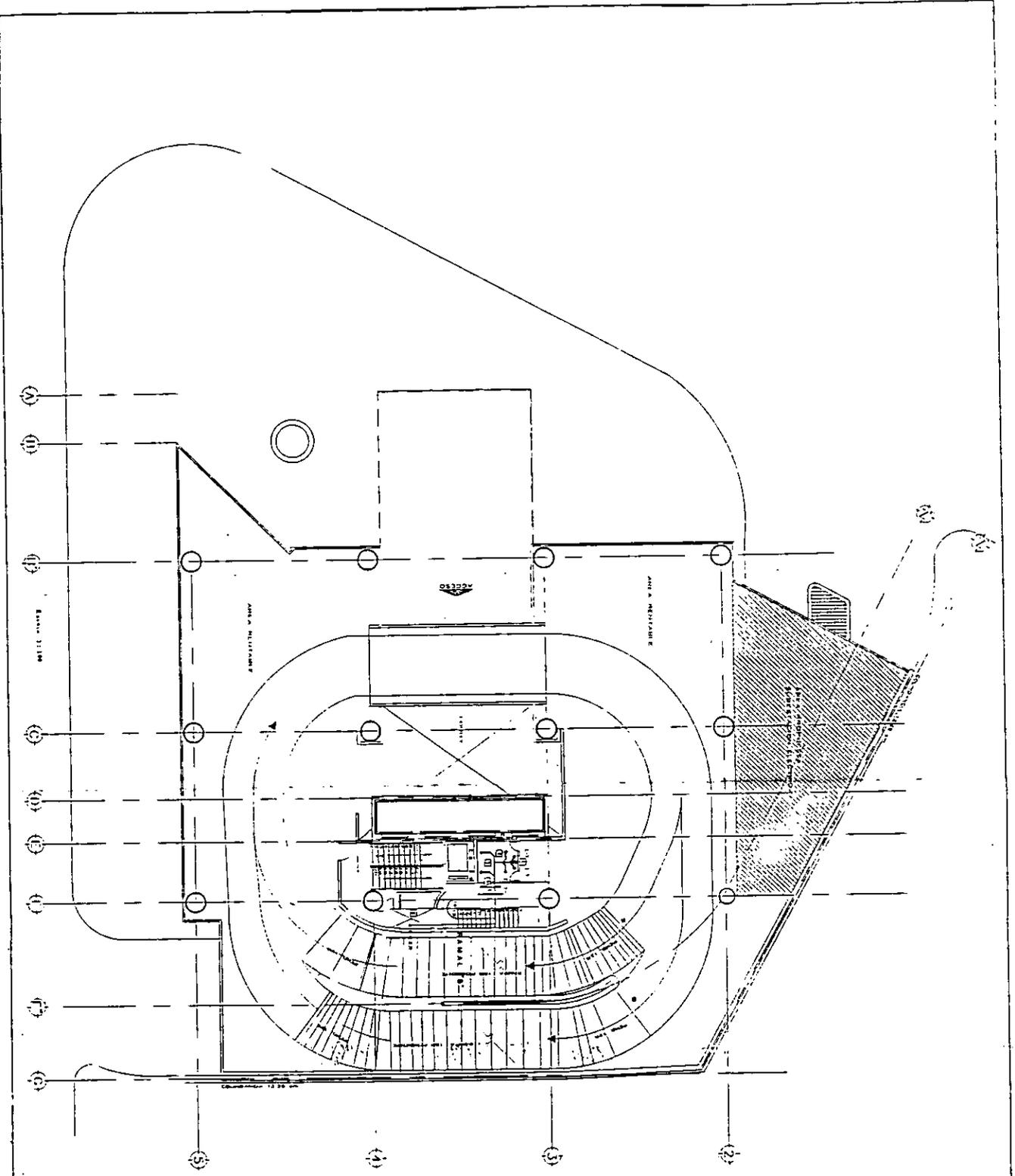


ANEXO E  
PLANOS DE PROYECTO









**SIMBOLOGIA**

- LINEA DE AGUA HECHA
- TUBO DE AGUA HECHA
- TUBO DE AGUA HECHA CON VALVULA
- TUBO DE AGUA HECHA CON VALVULA Y BOMBA
- TUBO DE AGUA HECHA CON VALVULA Y BOMBA Y CERRA

**ANEXO "B"**

TIPO	INDICACIONES	VALOR	UNIDAD
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...

- LAVABO
- COLADERA
- SINK
- BATERIA
- M

**SISTEMA DE DRENAJE SANITARIO**  
 TUBOS  
 MANTA HIZZINGER



