

**NORMAS DE PROYECTO
PARA OBRAS DE
ALCANTARILLADO PLUVIAL
EN EL ESTADO DE
BAJA CALIFORNIA**

SEPTIEMBRE DE 2009

INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de obtener un ordenamiento urbano acorde a la dinámica de crecimiento de localidades dentro del Estado de Baja California y en el marco del Plan Estatal de Desarrollo Urbano, la Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano convocó a la elaboración de las Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Pluvial en el Estado de Baja California, cuyos principales objetivos residen en beneficiar a la comunidad, así como de regular y facilitar la elaboración de proyectos ejecutivos respectivos, tanto a dependencias de la administración pública como a la iniciativa privada.

Las “Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Pluvial en el Estado de Baja California” (primera edición) fueron elaboradas recopilando y adecuando la normatividad que se aplica en las diferentes dependencias federales, estatales y municipales que tienen competencia directa o indirecta en proyectos de sistemas de alcantarillado pluvial, las cuales fueron enriquecidas con las experiencias del sector educativo y del sector privado.

La elaboración de las presentes Normas no hubiera sido posible sin la valiosa y decidida colaboración y aportación de experiencias de las entidades públicas que a continuación se citan:

Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado

Comisión Nacional del Agua

Comisión Estatal del Agua

XIX Ayuntamiento de Ensenada

IV Ayuntamiento de Playas de Rosarito

XIX Ayuntamiento de Tecate

XIX Ayuntamiento de Tijuana

Comité Técnico de elaboración de las “Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Pluvial en el Municipio de Mexicali”

Universidad Autónoma de Baja California

ING. LUIS LÓPEZ MOCTEZUMA TORRES
Titular de la SIDUE

Í N D I C E

TEMARIO	PÁG.
1.- ALCANCE	5
2.- DATOS DE DISEÑO	6
2.1.- GASTO DE DISEÑO	6
2.1.1.- MÉTODOS DE CÁLCULOS	6
2.1.2.- OTROS MÉTODOS	7
2.2.- COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO	7
2.3.- INTENSIDAD DE LLUVIA	9
2.3.1.- INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA	10
2.3.2.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO	10
2.3.3.- CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA	10
2.4.- PERÍODO DE RETORNO	11
2.4.1.- METODOLOGÍAS PARA EVALUAR EL PERÍODO DE RETORNO	12
2.5.- TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	13
2.6.- SUPERFICIE DRENADA	14
2.7.- PENDIENTE DEL CAUCE	15
2.7.1.- CRITERIO DE ALVORD	16
2.7.2.- CRITERIO DE HORTON	16
2.8.- TORMENTA DE DISEÑO	17
3.- DISEÑO DE CONDUCTOS A GRAVEDAD	25
3.1.- GASTO DE DISEÑO	25
3.2.- CONDUCTOS	25
3.2.1.- TUBERÍAS	25
3.2.1.1.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	25
3.2.1.2.- PENDIENTE Y VELOCIDAD	26
3.2.1.3.- DIÁMETRO MÍNIMO Y MÁXIMO PERMITIDO	27
3.2.1.4.- PROFUNDIDAD DE INSTALACIÓN	27
3.2.1.5.- ZANJA, PLANTILLA Y RELLENOS	27
3.2.1.6.- MATERIALES DE TUBERÍAS	28
3.2.1.7.- PRUEBA DE HERMETICIDAD EN TUBERÍAS	29
3.2.1.7.1- PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN TUBERÍAS	29
3.2.1.7.2- PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN EN TUBERÍAS	30
3.2.1.7.3- PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN POZOS DE VISITA Y REGISTROS	32
3.2.1.7.4- NÚMERO DE PRUEBAS	32
3.2.1.8.- DERECHO DE PASO	33
3.2.2.- CANALES	33
3.2.2.1.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN CANALES	34
3.2.2.2.- FORMA GEOMÉTRICA	35
3.2.2.3.- CANALES CON REVESTIMIENTO	36
3.2.2.3.1.- APOYO DEL REVESTIMIENTO	36
3.2.2.3.2.- DRENAJE EN CANALES CON REVESTIMIENTO	37
3.2.2.4.- CURVAS HORIZONTALES	38
3.2.2.5.- SOBRE ELEVACIÓN DEL TIRANTE EN CURVAS HORIZONTALES	38
3.2.2.6.- TRANSICIÓN EN CANALES	38
4.- ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	40
4.1.- ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN	40
4.1.1.- VIALIDADES	40
4.1.1.1.- PENDIENTE EN VIALIDADES	40
4.1.1.2.- GUARNICIONES EN VIALIDADES	40
4.1.1.3.- CUNETAS Y CONTRACUNETAS EN VIALIDADES	41
4.1.1.4.- VADOS EN VIALIDADES	42
4.1.2.- BOCAS DE TORMENTA Y REJILLAS DE PISO	43
4.2.- ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN	46
4.2.1.- ATARJEA PLUVIAL	47
4.2.2.- SUBCOLECTOR PLUVIAL	47
4.2.3.- COLECTOR PLUVIAL	47
4.2.4.- LOCALIZACIÓN	48
4.3.- ESTRUCTURAS DE CONEXIÓN Y MANTENIMIENTO	48
4.3.1.- POZOS DE VISITA	48
4.3.1.1.- POZOS COMUNES Y ESPECIALES	49
4.3.1.2.- POZOS CAJA	49

4.3.1.3- ESTRUCTURAS DE CAÍDA.....	50
4.3.1.4- CAMBIOS DE DIRECCIÓN EN POZOS.....	50
4.3.1.5- CONEXIONES.....	50
4.3.1.6- SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE POZOS.....	51
4.3.2.- REGISTRO DE VISITA.....	51
4.4.- ESTRUCTURA DE DESCARGA.....	51
4.5.- ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS.....	51
4.5.1.- ESTACIÓN DE BOMBEO.....	51
4.5.1.1.- CÁRCAMO DE BOMBEO.....	52
4.5.1.1.1- GASTO DE DISEÑO.....	52
4.5.1.1.2- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....	52
4.5.1.1.3- NIVEL MÍNIMO DE SUMERGENCIA.....	52
4.5.1.1.4.- CARGA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN.....	52
4.5.1.1.5- VOLUMEN DE CONTROL.....	54
4.5.1.1.6- ZONA DE SUCCIÓN.....	56
4.5.1.2.- EQUIPO DE BOMBEO.....	57
4.5.1.2.1- CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS.....	57
4.5.1.2.2- CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES.....	58
4.5.1.2.3.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	59
4.5.1.2.3.1.- NORMATIVIDAD.....	59
4.5.1.2.3.2.- TABLEROS ELÉCTRICOS.....	59
4.5.1.2.3.3.- TENSIÓN ELÉCTRICA.....	59
4.5.1.2.3.4.- CONTROLADORES.....	59
4.5.1.3.- EQUIPO DE EMERGENCIA.....	59
4.5.1.4- OBRA CIVIL.....	59
4.5.1.5.- LÍNEA DE IMPULSIÓN.....	60
4.5.1.5.1- DISEÑO HIDRÁULICO.....	60
4.5.1.5.2- DIÁMETRO ECONÓMICO.....	62
4.5.1.5.3- PROTECCIÓN ANTICORROSIVA PARA TUBERÍAS DE ACERO.....	62
4.5.2.- ESTRUCTURA DE CRUCE.....	63
4.5.2.1.- CRUCE ELEVADO.....	63
4.5.2.2.- ALCANTARILLA PLUVIAL.....	63
4.5.3- CONTROL DE AZOLVES.....	63
4.5.3.1.- TANQUES DESARENADORES.....	64
4.5.4.- ESTRUCTURAS DE RETENCIÓN Y DETENCIÓN.....	71
4.5.4.1.- DEFINICIÓN Y JUSTIFICACIÓN.....	71
4.5.4.1.1.- LAGUNA DE RETENCIÓN.....	71
4.5.4.1.2.- LAGUNA DE DETENCIÓN.....	72
4.5.4.2.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LA LAGUNA DE RETENCIÓN.....	72
4.5.4.2.1.- CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN.....	73
4.5.4.2.2.- INTENSIDAD DE EVAPORACIÓN.....	73
4.5.4.3.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LA LAGUNA DE DETENCIÓN.....	74
4.5.4.3.1.- ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN ALMACENADO.....	74
4.5.4.3.2.- EI VOLUMEN MÁXIMO DETENIDO EN LA LAGUNA (V _{máx}).....	79
5.- PRESENTACIÓN DEL PROYECTO.....	81
5.1.- MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA.....	81
5.2 - MEMORIA DE CÁLCULO.....	81
5.3.- PLANOS.....	83
5.3.1.- PLANOS DE LA RED Y/O SOLUCIÓN PLUVIAL.....	83
5.3.2.- PLANOS DE RASANTES.....	84
5.3.3.- PLANOS DE ESTRUCTURAS ESPECIALES Y DETALLES.....	85
5.4.- ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS.....	85
5.5.- VOLÚMENES, GENERADORES DE OBRA Y PRESUPUESTO BASE.....	85
6.- CONSTRUCCIÓN.....	87
7.- ÍNDICE DE TABLAS.....	88
8.- TERMINOLOGÍA.....	90
BIBLIOGRAFÍA.....	100

1.- ALCANCE

Todo proyecto de urbanización deberá contar con proyecto de alcantarillado pluvial separado del alcantarillado sanitario y conectado a los sistemas existentes.

El contar con alcantarillado pluvial separado del alcantarillado sanitario, elimina la contaminación por aguas negras y permite que el agua proveniente del pluvial pueda ser aprovechada.

Las obras de alcantarillado pluvial, permiten encauzar el escurrimiento pluvial superficial, desde el sitio del proyecto, hasta el cuerpo receptor, con la finalidad de evitar los daños que se puedan ocasionar en la zona de proyecto.

El sistema de alcantarillado pluvial puede estar formado por los siguientes elementos:

- Escurrimiento superficial en vialidades.
- Captación en bocas de tormenta.
- Conducción en red subterránea y/o canales superficiales.
- Estructuras hidráulicas complementarias.
- Estructura de descarga en cuerpo receptor.

La planeación del sistema pluvial deberá tomar en cuenta, además del proyecto de captación y conducción, el proyecto de obras complementarias, como pueden ser presas para control de avenidas, desviación de corrientes, cunetas y contra cunetas interceptoras en terreno natural, eliminación de contaminantes, control de azolves y otras estructuras que permitan el manejo adecuado de la precipitación pluvial, previa aprobación de la Autoridad Correspondiente justificado mediante los estudios técnicos.

En caso de existir obras de infraestructura pluvial que crucen la zona en estudio, el proyecto deberá considerar su continuación dentro del predio, con las características que satisfagan la continuidad del flujo y la aportación del mismo.

2.- DATOS DE DISEÑO

Mediante el empleo de los principios básicos de hidráulica, tales como: cantidad de movimiento y de energía, de continuidad, pérdidas de carga por fricción y locales, perfiles hidráulicos, salto hidráulico, métodos de tránsito de avenidas, etc., se analizan y dimensionan las estructuras como bocas de tormenta hasta redes de conductos.

Para realizar los proyectos de las obras que integran el sistema de alcantarillado pluvial se deben establecer claramente los siguientes datos para el diseño:

2.1.- GASTO DE DISEÑO

El diseño de las obras de alcantarillado pluvial, esta definido por la magnitud de los escurrimientos pluviales, que dependen de la superficie drenada **A**, de la precipitación **p** e intensidad **i_p** de la lluvia, de las características físicas y uso del terreno que definen el factor de escurrimiento **C** y de las características topográficas del terreno que definen la pendiente **S**.

El gasto **Q** de escurrimiento pluvial, de acuerdo a la zona que se trate, se calculará por medio de los siguientes métodos:

2.1.1.- MÉTODOS DE CÁLCULOS

Para el municipio de **MEXICALI**

Para superficies hasta 80 hectáreas se utilizarán los Métodos: **Método Racional Americano** y **Método Empírico de Burkli-Ziegler**.

Ambos métodos basados en considerar que, sobre el área estudiada se tiene una lluvia uniforme durante un cierto tiempo, de manera que el escurrimiento en la cuenca se establezca y se tenga un gasto constante en la descarga. Este método permite determinar el gasto máximo provocado por una tormenta suponiendo que esto se alcanza cuando la intensidad de lluvia es aproximadamente constante durante una cierta duración, que se considera es igual al tiempo de concentración de la cuenca.

La fórmula **RACIONAL AMERICANO** se plantea como:

$$Q = 0.278 C i_p A$$

En donde:

Q = Gasto en m³/s

C = Coeficiente de escurrimiento, adimensional

i_p = Intensidad de lluvia de la **tormenta de diseño**, en mm/h

A = Superficie drenada en km².

La fórmula de **BURKLI-ZIEGLER**:

$$Q = 27.78 C i_p A^{\frac{3}{4}} S^{\frac{1}{4}}$$

En donde:

Q = Litros / s

C = coeficiente de escurrimiento, adimensional.

i_p = intensidad de lluvia en centímetros por hora.

A = área drenada en hectáreas.

S = pendiente media de la cuenca.

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA**

Se utilizará el **Método Racional Americano** descrito anteriormente considerando una superficie máxima del tamaño de la cuenca de 80 hectáreas.

2.1.2.- OTROS MÉTODOS

Para el municipio de **MEXICALI**

Para superficies mayores de 80 hectáreas se pueden utilizar los siguientes métodos, de acuerdo con los procedimientos y lineamientos indicados en **Estimación de Gastos Pluviales**, del **Manual para Proyectos de Alcantarillado Pluvial**, edición 2000 de la **Comisión Nacional del Agua**.

Método gráfico alemán.

Método del road research laboratory.

Método del hidrograma unitario.

Método de la curva S.

Método del hidrograma unitario instantáneo.

Método del hidrograma unitario sintético.

El método a utilizar será el autorizado por la **Autoridad Correspondiente**.

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA**, para áreas mayores de 80 hectáreas utilizarán los siguientes métodos:

Método de chow.

Método gráfico alemán.

Método del hidrograma unitario triangular.

De acuerdo a los procedimientos y lineamientos de los métodos mencionados anteriormente, indicados en el documento denominado **“DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL DRENAJE PLUVIAL Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN CONCEPTUAL PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN LA CIUDAD DE TIJUANA, B.C.”**, el cual define en su apartado sobre **“HIDROLOGÍA URBANA”** denominado **“ANEXO 2: DEFINICIÓN DE PARÁMETROS HIDROLÓGICOS PARA PROYECTOS DE OBRAS HIDRÁULICAS DE DRENAJE PLUVIAL**, editado para la CONAGUA en el año de 1993,.

El método a utilizar será el autorizado por la **Autoridad Correspondiente**.

2.2.- COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO

Se entiende por coeficiente de escurrimiento **C**, a la relación existente entre el volumen de escurrimiento (**V_{Es}**) y el volumen de lluvia (**V_{LL}**); es un indicador de las pérdidas que se

tienen en el escurrimiento por infiltración, evaporación y almacenamiento de agua en depresiones.

$$C = \frac{V_{ES}}{V_{LL}}$$

Donde:

V_{ES} = en m³ o litros.

V_{LL} = en m³ o litros.

Para determinar el coeficiente de escurrimiento se requiere el conocimiento de la permeabilidad de la cuenca, la cual depende de las características de la cuenca y del uso del suelo, tipo de edificación, pavimento, zonas jardinadas, etc., se utilizarán los valores indicados en Tablas 1 y 2 ó los obtenidos del estudio de las condiciones particulares del proyecto.

En el caso de tener una cuenca hidrológica de superficie **A**, con áreas parciales de características diferentes, será necesario valuar el coeficiente de escurrimiento medio **C_m**.

$$C_m = \frac{(C_1A_1 + C_2A_2 + \dots + C_NA_N)}{A}$$

Donde:

C_1, C_2, \dots, C_N = Coeficiente de escurrimiento correspondiente a cada área parcial, adimensional.

A_1, A_2, \dots, A_N = Áreas parciales en las que se divide la cuenca, en km².

A = Área total de la cuenca, en km².

TABLA 1.- VALORES DEL COEFICIENTE C, PARA ZONAS URBANIZADAS

Tipo de área drenada	Coeficiente de escurrimiento C
Comercial Principal	0.80
Secundaria	0.60
Residencial Unifamiliar espaciado	0.40
Unifamiliar compacto	0.60
Multifamiliar espaciado	0.50
Multifamiliar compacto	0.70
Semi urbano	0.35
Industrial Espaciado	0.65
Compacto	0.75
Cementerios y parques	0.20
Campos de juego	0.30
Patio de ferrocarril	0.30
Zona suburbana	0.20 *
Vialidades de Asfalto	0.85
Concreto hidráulico	0.90
Adoquín	0.80
Banquetas	0.90
Estacionamientos	0.80
Donaciones	De acuerdo con el uso del suelo asignado al desarrollo

* Para los municipios de Playas de Rosarito, Tecate y Tijuana C= 0.40

TABLA 2.- VALORES DEL COEFICIENTE C, PARA ZONAS NATURALES

Características de la cuenca	Valores del Coeficiente C			
1.- Relieve	(0.40) Escarpado Terreno abrupto, Pendiente > 30%	(0.30) Montañoso Pendiente 10% a 30%	(0.20) Lomerío Pendiente 5% a 10%	(0.05) * Plano Pendiente 0% a 5%
2.-Infiltración en el suelo	(0.20) Despreciable Roca o suelo fino	(0.15) Baja Suelo arcilloso	(0.10) Normal Suelo limoso profundo	(0.05) Alta Suelo arenoso profunda
3.-Cubierta Vegetal	(0.20) Pobre Cubierta de plantas con efecto de intercepción, cubierta llana o esparcida	(0.15) Pobre a regular Cultivos nuevos en tiempo de cosecha, cubiertas pobres menores al 10% de áreas de drenaje con buena cubierta	(0.10) Regular a buena Aproximadamente el 50% del área de drenaje en pastizales, bosques o cubierta equivalente, no mayores al 50% en áreas de cosecha o cultivos	(0.05) Buena a excelente Aproximadamente el 90% de área de drenaje en pastizales, bosque o cubierta equivalente
4.-Almacenaje Superficial	(0.20) Despreciable Pocas depresiones y poca profundidad, corrientes escarpadas y pequeñas, sin estanque y pantanos	(0.15) Bajo Sistema bien definido de pequeñas corrientes, sin estanques y pantanos	(0.10) Normal Depresiones superficiales de almacenaje, sistema de drenaje parecidos a las áreas típicas de las pampas, lagos, estanques y pantanos menores al 20% del área del drenaje	(0.05) Alto Grandes depresiones superficiales de almacenaje, sistema de drenaje no muy bien definidos, cauce amplio de almacenamiento o gran número de lagos, pantanos y estanques

* Para los municipios de Playas de Rosarito, Tecate y Tijuana C=0.10

Nota: Para obtener el coeficiente de escurrimiento, sumar de acuerdo con las características de la cuenca en estudio los cuatros valores entre paréntesis, correspondientes a cada columna y renglón.

2.3.- INTENSIDAD DE LLUVIA

La intensidad de lluvia i de la tormenta de diseño se determina por medio de análisis estadísticos y probabilísticos de los registros pluviométricos, de las estaciones climatológicas ubicadas en la región en que se localiza el proyecto, con los datos de los registros se determinan los valores de precipitación e intensidad de lluvia con recurrencia en determinado tiempo o período de retorno.

La precipitación pluvial p , es la altura de la lámina de lluvia que se acumularía en un sitio, sin infiltrarse o evaporarse, en determinado tiempo.

Para los municipios de **ENSENADA, MEXICALI y TECATE.**

Para obtener los valores de precipitación p e intensidad de lluvia i , para determinado

período de retorno T_r , cuando se cuenta con registros continuos de precipitación durante varios años, se utilizará la metodología indicada en el **Análisis Estadístico y Probabilístico en Hidrología**, del **Manual para Proyectos de Alcantarillado Pluvial**, edición 2000, de la **Comisión Nacional del Agua**.

Para los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA** se establece lo siguiente:

2.3.1.- INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

La información pluviométrica con que se generaron las ecuaciones para calcular la intensidad de lluvia como función de la duración y el período de retorno corresponde a la registrada por la estación climatológica de la Presa Abelardo L. Rodríguez.

Se dispuso de los registros de información pluviométrica correspondiente a precipitación máxima en 24 horas, comprendiendo un período de 61 años, de 1948 a 2008.

2.3.2.- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de la lluvia fue realizado como parte del Estudio de Factibilidad para la Canalización del Río Tijuana (3a Etapa) y permite la generación de eventos máximos puntuales en función de los datos registrados por las estaciones pluviométricas de la cuenca en estudio. Se analizó la lluvia máxima anual registrada por el pluviómetro para lluvia con duración de 24 horas, mediante el método de valores extremos Gumbel I, con el objeto de encontrar la relación existente entre las lluvias máximas anuales y sus correspondientes períodos de retorno.

2.3.3.- CÁLCULO DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA

Para calcular las intensidades de lluvia correspondientes a las diferentes duraciones, se considera la fórmula de altura de precipitación tomada del Estudio Hidrológico para la Canalización del Río Tijuana, (3a Etapa) cuya expresión es la siguiente:

$$H_p = \frac{K_{24} D^{(1-e)}}{1-e}$$

Donde:

H_p = Altura de precipitación en mm, para una duración y período de retorno dado.

D = Duración de la tormenta considerada, en h.

e = Parámetro estadístico, que en este caso se consideró 0.75.

K_{24} = Parámetro asociado a la duración y al período de retorno.

El parámetro K_{24} se calcula empleando la expresión:

$$K_{24} = \frac{H_p 24^H (1-e)}{24^{(1-e)}}$$

Donde el factor Hp24H representa la altura máxima de precipitación en 24 horas, sin considerar intervalo de confianza.

Debido a que el Estudio Hidrológico para la Canalización del Río Tijuana (3a Etapa) fue elaborado para una obra de gran magnitud, presenta valores de Hp24H para períodos de retorno grandes, por lo cual, se calcularon los valores para períodos de retorno más pequeños, siguiendo los criterios empleados en el estudio antes citado, ver tabla 17.

Estos valores se obtuvieron aplicando el método Gumbel I a la raíz cuadrada de los eventos máximos observados y se calcularon con la siguiente expresión:

$$Hp24H^{0.5} = Hp \frac{\sigma Hp}{\sigma N} \left\{ YN + Ln \left[Ln \left(\frac{Tr}{Tr - 1} \right) \right] \right\}$$

Donde:

- $Hp24H^{0.5}$ = Raíz cuadrada de la altura máxima de precipitación en 24 h para un período de retorno.
- Hp = Media de las raíces cuadradas de los eventos máximos de lluvias observados.
- σHp = Desviación estándar de las raíces cuadradas de los eventos máximos de lluvias.
- $YN, \sigma N$ = Parámetros estadísticos en función del tamaño de la muestra.
- Tr = Período de retorno considerado.

De esta manera una vez determinada la altura de precipitación Hp se calcula la intensidad de lluvia (i) dividiendo la altura de precipitación entre la duración de la tormenta, la cual se considera como:

$$i = \frac{Hp}{D}$$

Donde:

- Hp = Altura de precipitación en mm, para una duración y período de retorno dados.
- D = Duración de la tormenta considerada, en h. (Tiempo de Concentración).

2.4.- PERÍODO DE RETORNO

El período de retorno de un evento de precipitación pluvial, es el intervalo de tiempo en que ocurre al menos uno de intensidad específica o mayor. Generalmente no se cuenta con la longitud temporal suficiente de registros por lo que es preciso estimar la probabilidad de que ocurra un evento específico en un intervalo de tiempo dado. El período de retorno se define como el inverso de la probabilidad de que ocurra un evento en un cierto número de años.

$$Tr = \frac{1}{p(x)}$$

Donde:

T_r = Período de retorno del evento x en años.

$$p(x) = \frac{1}{T_r}$$

$p(x)$ = Probabilidad de que un evento mayor o igual a x ocurra en algún año.

El período de retorno, se define de acuerdo con el tipo de obra a proyectar.

TABLA 3.- VALORES DEL PERÍODO DE RETORNO T_r

TIPO DE USO	T_r años
Uso del suelo	
Zona comercial	5
Zona industrial con equipo de alto valor	5
Zona industrial	2
Edificios públicos	5
Zona residencial unifamiliar y multifamiliar baja densidad	2
Zona residencial multifamiliar alta densidad	3
Zona recreativa uso intenso	2
Zona recreativa	1
Vialidades	
Autopistas urbanas y vialidades primarias	5
Vialidad distribuidora	3
Vialidad local	2
Vialidad de acceso a instalaciones de seguridad y servicios públicos vitales	10
Obras pluviales	
Secundarias, redes y obras locales	(1)
Primarias, colectores y subcolectores	15
Principales, cauce principal, Cuenca natural	25-50
Cuenca urbana	50-100
Obras complementarias	50-100

(1) Período de retorno correspondiente al uso del suelo y/o vialidades

Para los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA.**

2.4.1.- METODOLOGÍAS PARA EVALUAR EL PERÍODO DE RETORNO.

Existen en la actualidad, diversas metodologías para evaluar el período de retorno en una obra de alcantarillado pluvial; estas se definen en función a la importancia de la obra, misma que se relaciona con el factor de riesgo.

Se consideran así 3 niveles de obra a los que se asociarán diferentes períodos de retorno:

OBRAS LOCALES DE CARÁCTER SECUNDARIO.- Se determina el período de retorno en base a tablas que presentan diversos valores en función del uso de suelo y del tipo de

vialidad, que será servida por la obra que se proyecta y una vez fijado este valor, calculará la tormenta de diseño correspondiente a ese período de retorno. Concretamente se aplicará esta metodología en los proyectos de carácter secundario tales como: lavaderos, cunetas y vados o conductos que formen parte de la red secundaria de alcantarillado pluvial y que no confluyen directamente al emisor principal de la cuenca. Para el efecto, las tablas 4 y 5, proporcionan los valores necesarios del período de retorno; es muy importante usarlas de manera conjunta.

OBRAS DE DRENAJE PRIMARIO.- Se refiere a subcolectores y colectores; de estos últimos, exceptuando los que descarguen directamente al cauce o emisor principal. Para este tipo de conductos y sus obras accesorias (alcantarillas, transiciones, vados, puentes-canal, etc.) se utilizará un periodo de retorno de 15 años.

EMISORES Y COLECTORES PRINCIPALES QUE CONFLUYEN A LOS EMISORES.- Para cauces o conductos que sirvan para la emisión de aguas pluviales producto de subcuencas naturales (no urbanizadas) el período de retorno será de 25 a 50 años. Para el caso de que tales emisores sirvan a subcuencas urbanas, el periodo de retorno será de 50 a 100 años.

TABLA 4.- TIPO DE USO DE SUELO Y SU CORRESPONDIENTE PERÍODO RETORNO.

TIPOS DE USO	Tr (años)
Zona de actividad comercial	5
Zona de actividad Industrial	5
Zona de edificios públicos	5
Zonas residenciales multifamiliares de alta densidad	5
Zonas residenciales unifamiliares y multifamiliares de baja densidad	3
Zonas de alto valor recreativas e intenso uso por el público	3
Otras áreas recreativas	3

TABLA 5.- TIPO DE VÍA Y SU CORRESPONDIENTE PERÍODO DE RETORNO.

TIPOS DE USO	Tr (años)
Autopistas Urbanas y Avenidas que garantizan la comunicación básica de la Ciudad	5
Vialidad Distribuidora (vías que distribuyen el tráfico proveniente de la vialidad arterial o que la limitan)	5
Vialidad Local (avenida y calle cuya importancia no traspasa la zona servida)	3
Vialidad Especial (acceso a instalaciones de seguridad nacional y servicios públicos vitales)	10

2.5.- TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración t_c a un punto dado, corresponde al intervalo de tiempo que transcurre desde que una partícula de agua cae en la parte más lejana de la cuenca hasta que llega al punto considerado y depende exclusivamente de las características físicas de la cuenca.

El tiempo de concentración t_c (h), está formado por el tiempo de ingreso t_i (h) y el tiempo de recorrido t_r (h). El tiempo de ingreso t_i , es el tiempo que transcurre desde que la partícula de agua cae a la superficie, hasta su llegada a un cauce. El tiempo de recorrido t_r es el tiempo que tarda el flujo en llegar al punto considerado, una vez que ha llegado al cauce.

$$t_c = t_i + t_r$$

Debido a la dificultad de evaluar correctamente el tiempo de ingreso t_i , este se supondrá de 15 minutos para tramos cabeceros, salvo excepciones donde el origen del inicio del cauce se encuentre muy alejado del parteaguas de la cuenca. En este caso se aceptará como tiempo de ingreso hasta 30 minutos, (excepto para los municipios de **Playas de Rosarito y Tijuana**).

Para calcular el tiempo de recorrido en cuencas naturales se emplea la fórmula de Kirpich.

$$t_r = 0.0003245 \left(\frac{L^{0.770}}{S^{0.385}} \right)$$

Donde:

t_r = tiempo de recorrido, en horas.

L = Longitud del cauce, en metros.

S = Pendiente media del cauce principal, hasta el punto considerado.

La fórmula anterior se aplicará para evaluar t_r sobre cauces naturales. Para el caso de conductos artificiales, (canales, tuberías, etc.), t_r se podrá evaluar como:

$$t_r = \frac{L}{3600 V}$$

Donde:

t_r = en horas.

L = Longitud del conducto, en metros.

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

Para el cálculo de la velocidad (V) se utilizará la ecuación de manning, ver el apartado 3.2 de estas Normas.

Para el cálculo del tiempo de concentración t_c , en sistemas de conductos de geometría definida, el tiempo de ingreso t_i correspondiente a tramos subsecuentes al tramo cabecero, se tomará como el tiempo de concentración t_c del tramo anterior.

El tiempo de ingreso t_i en un tramo de cauce o conducto al que fluyan dos o más tramos, corresponderá al mayor tiempo de concentración t_c , de los tramos que al inicio del tramo analizado confluyen, empleándose el mismo criterio en el caso de tiempo de concentración.

2.6.- SUPERFICIE DRENADA

La superficie drenada **A** para un proyecto determinado, corresponde a la superficie de la cuenca hidrológica, en proyección horizontal, que incide en el predio en estudio.

La cuenca hidrológica, es el área de terreno donde el escurrimiento superficial drena hacia un cauce natural o artificial. Las condiciones topográficas del terreno definen la cuenca hidrológica.

2.7.- PENDIENTE DEL CAUCE

La pendiente **S** del cauce, queda determinada por las condiciones topográficas del terreno y se define como la relación del desnivel entre los extremos del cauce **H** y la longitud total **L** del cauce proyectado en el plano horizontal.

$$S = \frac{H}{L}$$

La definición anterior es válida únicamente para cauce con pendiente uniforme. En el caso de tener cauces con **N** tramos de pendiente diferente a lo largo del mismo, será necesario valuar la pendiente media **S_m** ponderada (fórmula de Taylor Schwartz).

$$S_m = \left[\frac{N}{\left(\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_N}} \right)} \right]^2$$

Donde:

S_m = Pendiente media, adimensional.

S₁, S₂, ..., S_N = Pendiente uniforme de cada tramo, adimensional.

N = Número de tramos de pendiente uniforme en las que se divide el cauce.

Así también para tramos con longitudes desiguales se utilizará la siguiente fórmula:

$$S_m = \left[\frac{L}{\left(\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}} \right)} \right]^2$$

Donde:

S_m = Pendiente media del cauce en estudio, en porcentaje.

L = Longitud total del cauce de la cuenca.

l₁, l₂, ..., l_m = Longitudes parciales de cada tramo en el análisis.

S₁, S₂, ..., S_m = Pendiente media de cada tramo.

m = Número de tramos analizados.

Los criterios de cálculo para los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO** y **TIJUANA** para analizar pendientes medias de las cuencas serán los siguientes:

2.7.1.- CRITERIO DE ALVORD

En este criterio se mide la longitud de cada curva de nivel ubicada dentro de la cuenca y se determina el área total de la cuenca. Una vez obtenidos estos resultados la pendiente de la cuenca se determina como:

$$S_c = \frac{DL}{A}$$

Donde:

S_c = Pendiente de la cuenca, decimal.

D = Desnivel constante entre curvas de nivel. km.

L = Longitud total de las curvas de nivel dentro de la cuenca, km.

A = Área de la cuenca en km^2 .

2.7.2.- CRITERIO DE HORTON

En este criterio se traza una malla de cuadros sobre el plano del área de la cuenca en estudio, la cual conviene orientar en el sentido de la corriente. Si la cuenca es de 250 km^2 o menor, se requiere por lo menos una malla de cuatro cuadros por lado; si la cuenca es mayor de 250 km^2 , deberá incrementarse el número de cuadros de la malla, ya que la aproximación del cálculo depende del tamaño de ésta. Una vez hecho lo anterior, se mide la longitud de cada línea de la malla comprendida dentro de la cuenca y se cuentan las intersecciones y tangencias de cada línea con las curvas de nivel. La pendiente de la cuenca en cada dirección de la malla se valúa como:

$$S_x = \frac{N_x D}{L_x} \quad \text{y} \quad S_y = \frac{N_y D}{L_y}$$

Donde:

S_x = Pendiente de la cuenca en la dirección "x", decimal.

N_x = Número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en dirección "x".

D = Desnivel constante entre curvas de nivel.

L_x = Longitud total de las líneas de la malla en la dirección x, en m, km.

S_y = Pendiente de la cuenca en la dirección "y", en decimal.

N_y = Número total de intersecciones y tangencias de las líneas de la malla en dirección "y".

L_y = Longitud total de las líneas de la malla en la dirección "y" en m, km.

Finalmente Horton considera que la pendiente media de la cuenca puede determinarse como:

$$S_c = \frac{ND \text{ Sec } \theta}{L}$$

Donde:

S_c = Pendiente de la cuenca.

$N = N_x + N_y$

D = Desnivel constante entre curvas de nivel.

θ = Ángulo entre las líneas de la malla y las curvas de nivel.

$L = L_x + L_y$

Como resulta demasiado laborioso determinar la “Sec θ ” de cada intersección, Horton sugiere usar un valor promedio de 1.57. En la práctica y para propósito de comparación, es igualmente eficaz ignorar el término “Sec θ ” o bien considerar el promedio aritmético o geométrico de las pendientes S_x y S_y como pendiente de la cuenca.

2.8.- TORMENTA DE DISEÑO

Para los municipios de **ENSENADA, MEXICALI y TECATE**

Para el diseño de las obras de alcantarillado pluvial, la intensidad de lluvia i_p , para un período de retorno T_r , es la correspondiente a la intensidad de una tormenta de diseño, con duración D , igual al tiempo de concentración t_c , y queda definida, para un determinado período de retorno T_r , por la siguiente ecuación:

$$i_p = 10^{[m \log_{10}(D)+b]}$$

Donde:

i_p = Intensidad de lluvia de la tormenta de diseño en mm/h.

D = Duración de la tormenta de diseño en horas.

m = Pendiente de la representación gráfica de la curva $i_p - D - T_r$, en escala logarítmica - **0.75**, para Mexicali, San Felipe, Ensenada, San Quintín y Tecate.

b = Valor del Intercepto de la curva $i_p - D - T_r$ (ver tabla 6).

TABLA 6.- VALORES DE b

Período de retorno en años T_r	b				
	Mexicali	San Felipe	Ensenada	San Quintín	Tecate
2	0.9080	0.9395	1.163193	0.938273	1.203295
5	1.1868	1.2035	1.421113	1.345169	1.520002
10	1.3111	1.5320	1.533884	1.492121	1.648007
20	1.3853	1.7440	1.620018	1.597754	1.74313
30	1.4201	1.8236	1.662787	1.648601	1.789686
40	1.4425	1.8706	1.690595	1.681177	1.819747
50	1.4589	1.9032	1.710933	1.704785	1.841639
100	1.5052	1.9896	1.768424	1.770619	1.903119
500	1.5950	2.1381	1.877841	1.892847	2.018741

El análisis estadístico y probabilístico de los registros de precipitación máxima en 24 horas, durante los años 1948-2004, para la ciudad de **Mexicali B. C.** y el poblado y puerto de **San Felipe** municipio de **Mexicali, B. C.**, da como resultado los valores de i_p indicados en TABLAS **7 y 8** respectivamente. Así mismo para la zona valle podrán ser utilizadas los valores de la TABLA **7** y para la zona costa del municipio los valores de la TABLA **8**. Estación climatológica No. 16 de la Presa (E.Z.L.) de la ciudad de **Ensenada** TABLA **11** y Estación climatológica No. 23 Las Escobas del poblado de **San Quintín** municipio de **Ensenada**, B.C. TABLA **12**, Estación climatológica No. 21 La Puerta de **Tecate**, B.C. TABLA **15**.

Las Siguietes tablas (7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16), deberán ser actualizadas por la **Autoridad Correspondiente** cada dos años de acuerdo con los registros de las precipitaciones que se tengan respectivamente en cada zona.

**TABLA 7.- INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO
MEXICALI B.C.**

Periodo de retorno Tr	INTENSIDAD en mm/h																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	Años	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110
2	31.02	22.88	18.44	15.60	13.61	12.12	10.97	10.04	9.28	8.64	8.09	7.21	6.52	5.97	5.52	5.14	4.81
5	58.94	43.49	35.05	29.65	25.86	23.03	20.84	19.08	17.63	16.41	15.37	13.70	12.39	11.34	10.48	9.76	9.14
10	78.47	57.90	46.66	39.47	34.42	30.67	27.74	25.40	23.47	21.85	20.47	18.23	16.50	15.10	13.95	12.99	12.17
20	93.09	68.68	55.35	46.82	40.84	36.38	32.91	30.13	27.84	25.92	24.28	21.63	19.57	17.92	16.55	15.41	14.44
30	100.86	74.41	59.97	50.73	44.25	39.42	35.66	32.64	30.16	28.08	26.31	23.44	21.20	19.41	17.94	16.70	15.64
40	106.20	78.35	63.15	53.41	46.59	41.50	37.55	34.37	31.76	29.57	27.70	24.68	22.33	20.44	18.88	17.58	16.47
50	110.28	81.37	65.58	55.47	48.38	43.10	38.99	35.69	32.98	30.71	28.77	25.63	23.18	21.22	19.61	18.26	17.11
100	122.69	90.52	72.95	61.71	53.82	47.95	43.38	39.71	36.69	34.16	32.00	28.51	25.79	23.61	21.82	20.31	19.03
500	150.87	111.31	89.71	75.89	66.19	58.96	53.34	48.83	45.12	42.01	39.36	35.06	31.72	29.04	26.83	24.98	23.40

**TABLA 8.- INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO
DEL POBLADO Y PUERTO DE SAN FELIPE MUNICIPIO DE MEXICALI, B. C.**

Periodo de retorno Tr	INTENSIDAD en mm/h																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	Años	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	100	110
2	33.35	24.61	19.83	16.77	14.63	13.03	11.79	10.79	9.97	9.29	8.70	7.75	7.01	6.42	5.93	5.52	5.17
5	61.25	45.19	36.42	30.81	26.87	23.94	21.66	19.82	18.32	17.05	15.98	14.23	12.88	11.79	10.89	10.14	9.50
10	130.50	96.28	77.60	65.64	57.25	51.00	46.14	42.24	39.03	36.34	34.04	30.32	27.43	25.11	23.21	21.61	20.24
20	212.62	156.87	126.43	106.94	93.28	83.09	75.17	68.82	63.59	59.20	55.46	49.41	44.70	40.92	37.81	35.20	32.98
30	255.40	188.43	151.86	128.46	112.04	99.81	90.30	82.66	76.38	71.11	66.62	59.35	53.69	49.15	45.42	42.28	39.61
40	284.59	209.96	169.22	143.14	124.85	111.21	100.62	92.11	85.11	79.24	74.23	66.13	59.83	54.77	50.61	47.12	44.14
50	306.77	226.33	182.41	154.30	134.58	119.88	108.46	99.29	91.75	85.42	80.02	71.28	64.49	59.04	54.55	50.79	47.58
100	374.29	276.15	222.56	188.26	164.20	146.27	132.33	121.14	111.94	104.22	97.63	86.97	78.69	72.03	66.56	61.97	58.05
500	526.88	388.73	313.29	265.01	231.14	205.90	186.28	170.53	157.57	146.70	137.44	122.43	110.76	101.40	93.69	87.23	81.72

Nota: Para la utilización de la fórmula referida en el apartado 2.8 de este manual, el tiempo de la duración de la tormenta en minutos de estas tablas deberá ser convertidas a horas.

Tablas elaboradas por el Dr. Jorge Ramírez Hernández del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California.

Fuente: Comisión Nacional del Agua; Estación climatológica No. 24 de Mexicali, Estaciones de San Felipe B.C. y Observatorio.

**TABLA 9.- ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO
MEXICALI B. C.**

Periodo de retorno Tr	ALTURA en mm																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
Años	120	110	100	90	80	70	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10
2	9.6	9.4	9.2	9.0	8.7	8.4	8.1	7.9	7.7	7.5	7.3	7.1	6.8	6.5	6.1	5.7	5.2
5	18.3	17.9	17.5	17.0	16.5	16	15.4	15.0	14.7	14.3	13.9	13.4	12.9	12.4	11.7	10.9	9.8
10	24.3	23.8	23.3	22.7	22.0	21.3	20.5	20.0	19.6	19.1	18.5	17.9	17.2	16.4	15.6	14.5	13.1
20	28.9	28.3	27.6	26.9	26.1	25.2	24.3	23.8	23.2	22.6	21.9	21.2	20.4	19.5	18.5	17.2	15.5
30	31.3	30.6	29.9	29.1	28.3	27.3	26.3	25.7	25.1	24.5	23.8	23.0	22.1	21.1	20.0	18.6	16.8
40	32.9	32.2	31.5	30.7	29.8	28.8	27.7	27.1	26.5	25.8	25.0	24.2	23.3	22.3	21.1	19.6	17.7
50	34.2	33.5	32.7	31.8	30.9	29.9	28.8	28.1	27.5	26.8	26.0	25.1	24.2	23.1	21.9	20.3	18.4
100	38.1	37.2	36.4	35.4	34.4	33.3	32.0	31.3	30.3	29.8	28.9	28.0	26.9	25.7	24.3	22.6	20.4
500	46.8	45.8	44.7	43.6	42.3	40.9	39.4	38.5	37.6	36.6	35.6	34.4	33.1	31.6	29.9	27.8	25.1

**TABLA 10.- ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO
DEL POBLADO Y PUERTO DE SAN FELIPE MUNICIPIO DE MEXICALI, B. C.**

Periodo de retorno Tr	ALTURA en mm																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
Años	120	110	100	90	80	70	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10
2	10.3	10.1	9.9	9.6	9.3	9.0	8.7	8.5	8.3	8.1	7.9	7.6	7.3	7.0	6.6	6.2	5.6
5	52.9	18.6	18.2	17.7	17.2	16.6	16.0	15.6	15.3	14.9	14.4	14.0	13.4	12.6	12.1	11.3	10.2
10	112.7	39.6	38.7	37.7	36.6	35.4	34.0	33.3	32.5	31.7	30.8	29.8	28.6	27.4	25.9	24.1	21.8
20	183.6	64.5	63.0	61.4	59.6	57.6	55.5	54.3	53.0	51.6	50.1	48.5	46.6	44.6	42.1	39.2	35.4
30	220.5	77.5	75.7	73.7	71.6	69.2	66.6	65.2	63.6	62.0	60.2	58.2	56.0	53.5	50.6	47.1	42.6
40	245.7	86.4	84.3	82.1	79.8	77.1	74.2	72.6	70.9	69.1	37.1	64.9	62.4	59.6	56.4	52.5	47.4
50	264.9	93.1	90.9	88.6	86.0	83.2	80.0	78.3	76.5	74.5	72.3	69.9	67.3	64.3	60.8	56.6	51.1
100	323.1	113.6	110.9	108.0	104.9	101.5	97.6	95.5	93.3	90.8	88.2	85.3	82.1	78.4	74.2	69.0	62.4
500	454.9	159.9	156.2	152.1	147.7	142.8	137.4	134.5	131.3	127.9	124.2	120.1	115.6	110.4	104.4	97.2	87.8

Tablas elaboradas por el Dr. Jorge Ramírez Hernández del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California.

Fuente: Comisión Nacional del Agua; Estación climatológica No. 24 de Mexicali, Estaciones de San Felipe B.C. y Observatorio.

TABLA 11.- INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE LA CIUDAD DE ENSENADA, B. C.

Periodo de retorno Tr	INTENSIDAD en mm/h																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	tiempo (horas)						tiempo (minutos)										
Años	12	10	8	6	4	2	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
2	2.3	2.6	3.1	3.8	5.1	8.7	9.2	9.9	10.7	11.7	13.0	14.6	16.7	19.7	24.5	33.2	55.8
5	4.1	4.7	5.5	6.9	9.3	15.7	16.7	18.0	19.5	21.3	23.5	26.4	30.2	35.7	44.3	60.1	101.1
10	5.3	6.1	7.2	8.9	12.1	20.3	21.7	23.3	25.2	27.6	30.5	34.2	39.2	46.3	57.5	77.9	131.1
20	6.5	7.4	8.8	10.9	14.7	24.8	26.5	28.4	30.8	33.6	37.1	41.7	47.8	56.5	70.1	95.0	159.8
30	7.1	8.2	9.7	12.0	16.3	27.4	29.2	31.4	33.9	37.1	41.0	46.0	52.7	62.4	77.4	104.9	176.4
40	7.6	8.7	10.3	12.8	17.3	29.2	31.1	33.4	36.2	39.5	43.7	49.0	56.2	66.5	82.5	111.8	188.0
50	8.0	9.1	10.8	13.4	18.2	30.6	32.6	35.0	37.9	41.4	45.8	51.4	58.9	69.7	86.4	117.2	197.0
100	9.1	10.4	12.3	15.3	20.7	34.9	37.2	40.0	43.3	47.3	52.3	58.7	67.3	79.5	98.7	133.7	224.9
500	11.7	13.4	15.9	19.7	26.7	44.9	47.9	51.5	55.7	60.8	67.2	75.5	86.5	102.3	126.9	172.1	289.4

TABLA 12.- INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO POBLADO DE SAN QUINTIN, MUNICIPIO DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

Periodo de retorno Tr	INTENSIDAD en mm/h																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	tiempo (horas)						tiempo (minutos)										
Años	12	10	8	6	4	2	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
2	1.3	1.5	1.8	2.3	3.1	5.2	5.5	5.9	6.4	7.0	7.7	8.7	9.9	11.8	14.6	19.8	33.3
5	3.4	3.9	4.7	5.8	7.8	13.2	14.1	15.1	16.3	17.8	19.7	22.1	25.4	30.0	37.2	50.5	84.9
10	4.8	5.5	6.5	8.1	11.0	18.5	19.7	21.2	22.9	25.0	27.7	31.1	35.6	42.1	52.2	70.8	119.1
20	6.1	7.0	8.3	10.3	14.0	23.5	25.1	27.0	29.2	31.9	35.3	39.6	45.4	53.7	66.6	90.3	151.8
30	6.9	7.9	9.4	11.6	15.7	26.5	28.3	30.4	32.8	35.9	39.7	44.5	51.0	60.3	74.9	101.5	170.7
40	7.4	8.5	10.1	12.5	17.0	28.5	30.5	32.7	35.4	38.7	42.8	48.0	55.0	65.0	80.7	109.4	184.0
50	7.9	9.0	10.7	13.2	17.9	30.1	32.2	34.5	37.4	40.8	45.1	50.7	58.1	68.7	85.2	115.5	194.3
100	9.1	10.5	12.4	15.4	20.8	35.1	37.4	40.2	43.5	47.5	52.5	59.0	67.6	79.9	99.2	134.4	226.1
500	12.1	13.9	16.4	20.4	27.6	46.5	49.6	53.3	57.6	63.0	69.6	78.1	89.6	105.9	131.4	178.1	299.5

Nota: Para la utilización de la fórmula referida en el apartado 2.8 de este manual, el tiempo de la duración de la tormenta en minutos de estas tablas deberá ser convertidas a horas.

Tablas elaboradas por el Dr. Jorge Ramírez Hernández del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California.

Fuente: Comisión Nacional del Agua; Estaciones climatológicas No. 16 de la Presa (E.Z.L.) de la ciudad de Ensenada y No. 23 Las Escobas de San Quintín, B.C.

TABLA 13.- ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE LA CIUDAD DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

Periodo de retorno Tr	ALTURA en mm																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	tiempo (horas)							tiempo (minutos)									
Años	12	10	8	6	4	2	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
2	27.1	25.9	24.5	22.8	20.6	17.3	16.9	16.5	16.1	15.6	15.1	14.6	13.9	13.2	12.2	11.1	9.3
5	49.1	46.9	44.3	41.3	37.3	31.4	30.7	30.0	29.2	28.3	27.4	26.4	25.2	23.8	22.2	20.0	16.8
10	63.6	60.8	57.5	53.5	48.4	40.7	39.8	38.8	37.8	36.7	35.5	34.2	32.7	30.9	28.7	26.0	21.8
20	77.6	74.1	70.1	65.2	59.0	49.6	48.5	47.4	46.1	44.8	43.3	41.7	39.8	37.7	35.1	31.7	26.6
30	85.6	81.8	77.4	72.0	65.1	54.7	53.5	52.3	50.9	49.4	47.8	46.0	44.0	41.6	38.7	35.0	29.4
40	91.3	87.2	82.5	76.8	69.4	58.3	57.1	55.7	54.3	52.7	51.0	49.0	46.9	44.3	41.2	37.3	31.3
50	95.7	91.4	86.4	80.4	72.7	61.1	59.8	58.4	56.9	55.2	53.4	51.4	49.1	46.4	43.2	39.1	32.8
100	109.2	104.3	98.7	91.8	83.0	69.8	68.3	66.7	64.9	63.0	61.0	58.7	56.1	53.0	49.3	44.6	37.5
500	140.5	134.2	126.9	118.1	106.7	89.8	87.8	85.8	83.5	81.1	78.4	75.5	72.1	68.2	63.5	57.4	48.2

TABLA 14.- ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE SAN QUINTIN, MUNICIPIO DE ENSENADA, BAJA CALIFORNIA

Periodo de retorno Tr	ALTURA en mm																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	tiempo (horas)							tiempo (minutos)									
Años	12	10	8	6	4	2	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
2	27.1	25.9	24.5	22.8	20.6	17.3	16.9	16.5	16.1	15.6	15.1	14.6	13.9	13.2	12.2	11.1	9.3
5	49.1	46.9	44.3	41.3	37.3	31.4	30.7	30.0	29.2	28.3	27.4	26.4	25.2	23.8	22.2	20.0	16.8
10	63.6	60.8	57.5	53.5	48.4	40.7	39.8	38.8	37.8	36.7	35.5	34.2	32.7	30.9	28.7	26.0	21.8
20	77.6	74.1	70.1	65.2	59.0	49.6	48.5	47.4	46.1	44.8	43.3	41.7	39.8	37.7	35.1	31.7	26.6
30	85.6	81.8	77.4	72.0	65.1	54.7	53.5	52.3	50.9	49.4	47.8	46.0	44.0	41.6	38.7	35.0	29.4
40	91.3	87.2	82.5	76.8	69.4	58.3	57.1	55.7	54.3	52.7	51.0	49.0	46.9	44.3	41.2	37.3	31.3
50	95.7	91.4	86.4	80.4	72.7	61.1	59.8	58.4	56.9	55.2	53.4	51.4	49.1	46.4	43.2	39.1	32.8
100	109.2	104.3	98.7	91.8	83.0	69.8	68.3	66.7	64.9	63.0	61.0	58.7	56.1	53.0	49.3	44.6	37.5
500	140.5	134.2	126.9	118.1	106.7	89.8	87.8	85.8	83.5	81.1	78.4	75.5	72.1	68.2	63.5	57.4	48.2

Tablas elaboradas por el Dr. Jorge Ramírez Hernández del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California.

Fuente: Comisión Nacional del Agua; Estaciones climatológicas No. 16 de la Presa (E.Z.L.) de la ciudad de Ensenada y No. 23 Las Escobas de San Quintín, B.C.

TABLA 15.- INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE TECATE, BAJA CALIFORNIA

Periodo de retorno Tr	ALTURA en mm																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	tiempo (horas)						tiempo (minutos)										
Años	12	10	8	6	4	2	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
2	2.5	2.8	3.4	4.2	5.6	9.5	10.1	10.9	11.8	12.9	14.2	16.0	18.3	21.6	26.9	36.4	61.2
5	5.1	5.9	7.0	8.6	11.7	19.7	21.0	22.6	24.4	26.7	29.5	33.1	38.0	44.9	55.7	75.5	126.9
10	6.9	7.9	9.3	11.6	15.7	26.4	28.2	30.3	32.8	35.8	39.6	44.5	51.0	60.3	74.8	101.4	170.5
20	8.6	9.8	11.6	14.4	19.6	32.9	35.1	37.7	40.8	44.6	49.3	55.4	63.5	75.0	93.1	126.2	212.2
30	9.6	11.0	13.0	16.1	21.8	36.6	39.1	42.0	45.5	49.7	54.9	61.6	70.6	83.5	103.6	140.5	236.2
40	10.2	11.7	13.9	17.2	23.3	39.3	41.9	45.0	48.7	53.2	58.8	66.0	75.7	89.5	111.1	150.5	253.1
50	10.8	12.3	14.6	18.1	24.6	41.3	44.1	47.3	51.2	56.0	61.9	69.4	79.6	94.1	116.8	158.3	266.2
100	12.4	14.2	16.8	20.9	28.3	47.6	50.8	54.5	59.0	64.5	71.3	80.0	91.7	108.4	134.6	182.4	306.7
500	16.2	18.6	21.9	27.2	36.9	62.1	66.3	71.2	77.0	84.1	93.0	104.4	119.7	141.5	175.6	238.0	400.3

TABLA 16.- ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE TECATE, BAJA CALIFORNIA

Periodo de retorno Tr	ALTURA en mm																
	DURACIÓN DE LA TORMENTA (D) EN MINUTOS																
	tiempo (horas)						tiempo (minutos)										
Años	12	10	8	6	4	2	110	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
2	29.7	28.4	26.9	25.0	22.6	19.0	18.6	18.1	17.7	17.2	16.6	16.0	15.3	14.4	13.4	12.1	10.2
5	61.6	58.9	55.7	51.8	46.8	39.4	38.5	37.6	36.6	35.6	34.4	33.1	31.6	29.9	27.8	25.2	21.2
10	82.8	79.1	74.8	69.6	62.9	52.9	51.7	50.5	49.2	47.8	46.2	44.5	42.5	40.2	37.4	33.8	28.4
20	103.0	98.4	93.1	86.6	78.3	65.8	64.4	62.9	61.3	59.5	57.5	55.4	52.9	50.0	46.5	42.1	35.4
30	114.7	109.6	103.6	96.4	87.1	73.3	71.7	70.0	68.2	66.2	64.0	61.6	58.9	55.7	51.8	46.8	39.4
40	122.9	117.4	111.1	103.3	93.4	78.5	76.8	75.0	73.1	71.0	68.6	66.0	63.1	59.7	55.5	50.2	42.2
50	129.3	123.5	116.8	108.7	98.2	82.6	80.8	78.9	76.9	74.6	72.2	69.4	66.4	62.8	58.4	52.8	44.4
100	148.9	142.3	134.6	125.2	113.1	95.1	93.1	90.9	88.5	86.0	83.1	80.0	76.4	72.3	67.3	60.8	51.1
500	194.3	185.7	175.6	163.4	147.7	124.2	121.5	118.6	115.5	112.2	108.5	104.4	99.8	94.3	87.8	79.3	66.7

Tablas elaboradas por el Dr. Jorge Ramírez Hernández del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California.

Fuente: Comisión Nacional del Agua; Estación climatológica No. 21 La Puerta de Tecate, B.C.

Para los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA**

El análisis estadístico y probabilístico de los registros de la estación climatológica ubicada en la Presa Abelardo L. Rodríguez, de precipitación máxima en 24 horas durante los años 1948-2008 para la ciudad de Tijuana, da como resultado la obtención de los valores de K24 indicados en la tabla 17 para diferentes períodos de retorno, respectivamente. Estos valores se obtuvieron aplicando el método Gumbel I a la raíz cuadrada de los eventos máximos observados.

Tabla 17.-CÁLCULO DE LOS VALORES DE HP24HR Y K24 PARA DIVERSOS PERÍODOS DE RETORNO. (DATOS ESTADÍSTICOS DE 1948 A 2008)

TR	HP	s HP	s N	s HP / s N	YN	$\frac{Tr}{Tr - 1}$ (i)	LN (LN (i))	HP24HR0.5	HP24HR	K24
1.5	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	3.00000	0.09405	4.90036	24.01351	2.71
2	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	2.00000	-0.36651	5.49539	30.19935	3.41
3	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.50000	-0.90272	6.18816	38.29338	4.33
5	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.25000	-1.49994	6.95976	48.43827	5.47
10	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.11111	-2.25037	7.92930	62.87379	7.10
15	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.07143	-2.67375	8.47630	71.84774	8.12
20	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.05263	-2.97020	8.85930	78.48726	8.87
25	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.04167	-3.19853	9.15431	83.80146	9.47
30	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.03448	-3.38429	9.39431	88.25311	9.97
50	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.02041	-3.90194	10.06310	101.26596	11.44
100	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.01010	-4.60015	10.96517	120.23505	13.58
150	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.00671	-5.00729	11.49120	132.04759	14.91
200	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.00503	-5.29581	11.86396	140.75350	15.90
500	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.00200	-6.21361	13.04973	170.29552	19.23
1000	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.00100	-6.90726	13.94591	194.48848	21.97
2000	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.00050	-7.60065	14.84177	220.27812	24.88
5000	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.00020	-8.51709	16.02579	256.82608	29.01
10000	5.73514	1.51765	1.17467	1.29198	0.55208	1.00010	-9.21029	16.92139	286.33351	32.34

Esta tabla deberá ser actualizada por la **Autoridad Correspondiente** cada dos años de acuerdo con los registros de las precipitaciones que se tengan respectivamente en la zona.

3.- DISEÑO DE CONDUCTOS A GRAVEDAD

3.1.- GASTO DE DISEÑO

El gasto de diseño para conductos, corresponde al gasto obtenido del análisis de aportación pluvial indicada en el apartado 2.1.- GASTO PLUVIAL.

3.2.- CONDUCTOS

La geometría de los conductos pluviales esta basada en el diseño hidráulico y en factores económicos, el conducto deberá diseñarse de manera que su capacidad sea tal, que el agua fluya sin presión, a gravedad y con un tirante que permita arrastrar las partículas sólidas.

Para el cálculo de la velocidad del flujo en conductos a gravedad, se utilizará la fórmula de Manning.

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

Donde:

V = Velocidad del flujo en m/s.

S = Pendiente geométrica del conducto, adimensional.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning del conducto, adimensional.

R_h = Radio hidráulico del conducto, en m.

$$R_h = \frac{A_h}{P_m}$$

Donde:

A_h = Área hidráulica transversal del flujo, en m².

P_m = Perímetro mojado del flujo en m.

3.2.1.- TUBERÍAS

3.2.1.1.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

Se obtendrá de la tabla siguiente para tuberías:

TABLA 18.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING

MATERIAL	n	
	Ensenada, Mexicali y Tecate	Playas de Rosarito y Tijuana
Acero soldado con revestimiento epóxico	0.011	-
Acero sin revestimiento	0.014	-
Acero galvanizado	0.014	0.020
Metal corrugado sin recubrimiento interior	0.024	-
25% de recubrimiento interior	0.021	-
50% de recubrimiento interior	0.018	-
100% de recubrimiento interior	0.013	-
Asbesto-Cemento	-	0.011
Concreto Simple y/o Reforzado	-	0.013
Concreto liso	0.013	-
Concreto rugoso	0.015	-
Hierro dúctil	0.014	-
Hierro dúctil con recubrimiento	0.010	-
PVC Policloruro de vinilo	0.010	0.010
PAD Polietileno alta densidad	0.010	0.011

Nota: para material diferente se deberá presentar las especificaciones a la Autoridad Correspondiente para su aprobación.

3.2.1.2.- PENDIENTE Y VELOCIDAD

Para un mejor funcionamiento hidráulico, la pendiente debe ser continua tanto como sea posible, de acuerdo con las condiciones del terreno.

Se aceptará como pendiente mínima, aquella que produce en el tramo una velocidad mínima para cada tipo de tubería, recomendándose una velocidad mínima permisible de **0.60 m/s**, para que no se depositen sólidos en las tuberías que provoquen azolves y taponamientos.

Para los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA**

Se recomienda una velocidad mínima permisible de **0.40 m/s** en conductos abiertos y **0.60 m/s** para conductos cerrados.

Desde el punto de vista de construcción y supervisión se recomienda, para tuberías hasta 61cm ø, pendiente mínima de 1 milésima y para diámetros mayores pendiente mínima hasta de 0.7 milésimas, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

Se aceptará como pendiente máxima aquella que produce en el tramo una velocidad máxima para cada tipo de tubería, recomendándose como velocidad máxima permisible los valores indicados en Tabla 19, para que no se erosione el conducto.

TABLA 19.- VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE EN TUBERÍAS

MATERIAL	V _{máx} (m/s)	
	Ensenada, Mexicali y Tecate	Tijuana y Playas de Rosarito
Asbesto Cemento	-	5.00
Acero sin revestimiento	5.00	-
Acero con revestimiento	5.00	5.00
Acero galvanizado	5.00	-
Hierro fundido	5.00	-
Hierro dúctil	5.00	-
Concreto simple, hasta 45 cm ø	3.00	3.00
Concreto reforzado > de 60 cm ø	3.50	3.50
Concreto preforzado	3.50	3.50
PVC Policloruro de vinilo	5.00	5.00
PAD Polietileno alta densidad	5.00	5.00

3.2.1.3.- DIÁMETRO MÍNIMO Y MÁXIMO PERMITIDO

El diámetro mínimo que deben tener los conductos será de 20 cm (8") para conexión de coladera pluvial a pozo de visita y de 25 cm (10") para tuberías de la red.

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA** el diámetro mínimo que deben tener los conductos será de 38 cm (15") para conexión de coladera pluvial y/o rejillas a pozo de visita y de 45 cm (18") para tuberías de la red.

El diámetro máximo será determinado en función de la capacidad de la conducción requerida, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

3.2.1.4.- PROFUNDIDAD DE INSTALACIÓN

La profundidad mínima a nivel de lomo de tubo será de 1.20 m, para tuberías principales de cualquier diámetro, para evitar rupturas de los conductos, ocasionadas por cargas vivas.

En redes, la profundidad mínima deberá permitir la correcta conexión de las coladeras pluviales, considerando que éstas tendrán como mínimo, una pendiente de 20 milésimas y que se localizan en la cuneta de la vialidad.

La profundidad máxima dependerá de las especificaciones del fabricante.

En casos extraordinarios se permitirá modificar la profundidad mínima y/o máxima de instalación de tuberías, de acuerdo con análisis de la resistencia y deflexión de la tubería para las condiciones específicas del sitio y previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

3.2.1.5.- ZANJA, PLANTILLA Y RELLENOS

Todas las tuberías deben instalarse en condición de zanja, debiendo ser ésta de paredes verticales como mínimo desde la plantilla de tubería hasta el lomo del tubo.

Los anchos de zanja **b** necesarios para la instalación de las tuberías, según la profundidad y el diámetro de tubería, se muestran en la tabla 20 y en ANEXO APL-1.

Los conductos de la red pluvial, deberán quedar perfectamente apoyados en la plantilla que deberá estar nivelada y compactada, de 10 cm de espesor mínimo, con material de banco clasificación SUCS tipo **SM**. Para que la tubería apoye en toda la longitud sobre la

plantilla, se excavarán a mano las cavidades para alojar la campana o cople de las juntas. Para plantilla bajo el nivel freático se utilizará material pétreo hasta estabilizar el desplante.

El relleno se realizará en dos etapas:

1.- Hasta 30 cm por arriba del lomo del tubo, formado con material de banco tipo **SM**, compactado en capas de 20 cm al 90% de la prueba Proctor. En tramos donde exista nivel freático se realizará con arena de banco tipo **SW** compactado por el método del entarquinado como mínimo al 90%, hasta rebasar el nivel freático.

2.- Hasta alcanzar el nivel superior de las terracerías, formado con material producto de la excavación libre de piedras, materia orgánica y desechos, en capas de 20 cm, compactado al 95% de la prueba Proctor.

TABLA 20.- ANCHO DE ZANJA b EN cm.

Diámetro Nominal		PROFUNDIDAD DE ZANJA						
cm	Pulgadas	hasta 125 cm	De 126 cm a 175 cm	de 176 cm a 225 cm	de 226 cm a 275 cm	De 276 cm a 325 cm	de 326 cm a 375 cm	de 376 cm a 425 cm
* 20	* 8	60	60	65	65	70		
* 25	* 10		70	70	70	70	70	75
* 30	* 12		75	75	75	75	75	75
38	15		90	90	90	90	90	90
45	18		110	110	110	110	110	110
53	21		125	125	125	125	125	125
61	24		135	135	135	135	135	135
68	27		145	145	145	145	145	145
76	30			155	155	155	155	155
91	36			175	175	175	175	175
107	42				190	190	190	190
122	48				210	210	210	210
152	60				245	245	245	245
183	72					280	280	280
213	84					320	320	320
244	96					360	360	360

* Solo el Municipio de Mexicali.

NOTAS:

- 1.- Las tuberías que se instalarán, serán con juntas de espiga y campana; a no ser que expresamente se indique otro tipo de junta, debiendo excavar conchas para facilitar el junteo de los tubos y la inspección de las juntas.
- 2.- Es indispensable que a la altura del lomo del tubo, la zanja tenga realmente como mínimo el ancho de zanja que indica esta tabla. A partir de ese punto, podrá dársele a la zanja, el talud a sus paredes que se haga necesario para evitar el ademe, a juicio del Residente Supervisor de Obra de la **Autoridad Correspondiente**.
- 3.- La amplitud dada a las zanjas permite el empleo de ademe; en algunos casos arriba del lomo o costilla del tubo, sin tener que aumentar el ancho de las mismas.
- 4.- Se deberá colocar una banda de plástico preventiva de ancho de 7.5 cm (3") de color blanco con la leyenda: **Precaución Tubería de Alcantarillado Pluvial**, colocada a 50 cm sobre el lomo del tubo y a todo lo largo del eje longitudinal de la tubería.

3.2.1.6.- MATERIALES DE TUBERÍAS

Las tuberías para alcantarillado pluvial en conducción a gravedad, deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

TABLA 21.- ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS PARA CONDUCCIÓN A GRAVEDAD

MATERIAL	TUBERÍA	JUNTA	EMPAQUE
PVC liso 4" a 30" de Ø mayor de 36" Ø	ASTM F-794 ASTM F-1803	ASTM D-3212	F-477
PVC Corrugado	ASTM F-949	ASTM D-3212	F-477
PVC apostillado	AASHTO M-304M	ASTM D-3212	F-477
PAD corrugado 8"- 10" de Ø	AASHTO M-252M	ASTM D-3212	F-477
12"- 48" de Ø	AASHTO M-294	ASTM D-3212	F-477
54"- 60" de Ø	AASHTO MP7	ASTM D-3212	F-477

Todas las juntas de las tuberías deberán garantizar que no habrá filtración, para las condiciones de trabajo y de prueba en campo.

Además de las tuberías de PVC y PAD, también podrán utilizarse las tuberías de concreto reforzado o presforzado, acero, acero galvanizado corrugado, acero aluminizado, hierro fundido o dúctil, con o sin recubrimiento interior y/o exterior, podrán ser utilizadas cuando no sea factible económicamente utilizar tuberías de PVC o PAD, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente** y sustentado en estudio que garantice que la tubería cumple con especificaciones para su operación e instalación en las condiciones específicas del sitio y de durabilidad.

Para los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA**

Además de lo anterior, excluye el uso de acero, aluminio galvanizado corrugado, debido al efecto de corrosión que produce los escurrimientos en la Ciudad. Cualquier otro material existente o innovador será puesto a consideración de la **Autoridad Correspondiente** y sustentado en estudio que garantice que la tubería cumple con especificaciones para su operación e instalación en las condiciones específicas del sitio y durabilidad.

Para evitar actos de vandalismo en tramos de cruce carretero se recomienda utilizar cajones de concreto armado cuando se justifique el gasto de diseño a conducir, en caso contrario podrán utilizarse tuberías de concreto. Otra opción será la utilización de tuberías de acero y/o aluminio galvanizado corrugado con recubrimiento interior y exterior de concreto, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente** y sustentado en estudio que garantice que la tubería cumple con especificaciones para su operación e instalación en las condiciones específicas del sitio y durabilidad.

3.2.1.7.- PRUEBA DE HERMETICIDAD EN TUBERÍAS

Todos los conductos pluviales que transporten el fluido por gravedad, deberán cumplir con la condición de hermeticidad, por lo que se deberá realizar la prueba correspondiente tan pronto como se tengan construidos los pozos de visita.

La prueba debe llevarse a cabo en las tuberías y en los pozos de visita o registros, en tramos comprendidos entre dos pozos de visita, asegurando la posición de las tuberías con material de relleno en el centro y dejando descubiertas las juntas.

3.2.1.7.1- PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN TUBERÍAS

La prueba hidrostática se hará manteniendo lleno de agua el tramo entre dos pozos durante un tiempo previo a la prueba, de acuerdo con el material de la tubería y aplicando una presión hidrostática de **0.5 kg/cm²** durante **15 minutos**. (Norma NOM-001-CNA-1995 y Normas vigentes aplicables).

El tramo de tubería se considera hermético si el volumen de agua agregado durante los 15 minutos del periodo de prueba no excede el valor indicado en TABLA 22.

Para llevar a cabo la prueba hidrostática se debe contar con el siguiente material y equipo:

- Agua.
- Tapones herméticos para los extremos del tramo a probar, del diámetro adecuado.
- Dispositivo para purga de aire.
- Bomba con manómetro, con escala de **0 kg/cm²** a **1.0 kg/cm²** y división mínima de escala de **0.01 kg/cm²**.
- Dispositivo para medir volumen con escala de 0.5 litros.
- Cronómetro.

TABLA 22.- PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA, VALORES PERMISIBLES DE ACUERDO CON EL MATERIAL DE LA TUBERÍA

Material	Diámetro Nominal	Tiempo de Preenado Horas	Agua agregada en l/m ² de área interna mojada	Presión de Prueba kg/cm ²
PVC	Todos	1	0.02	0.50
PAD	Todos	1	0.02	0.50
Concreto simple	Hasta 61 cm	24	0.15	0.50
Concreto reforzado	Todos	24	0.10	0.50

3.2.1.7.2- PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN EN TUBERÍAS

Cuando la **Autoridad Correspondiente** considere factible la ejecución de la prueba neumática, ésta se podrá aplicar, manteniendo una presión neumática mínima de **0.30 kg/cm²**, durante un tiempo de prueba **T_p**, con una caída permisible de presión, menor o igual a **0.07 kg/cm²**, (**Norma NOM-001-CNA-1995**).

Si la caída de la presión de 0.07 kg/cm² ó 0.035 kg/cm² ocurre antes del tiempo especificados en las tablas 23 y 24, la pérdida de aire será excesiva y se considera que el tramo no ha pasado la prueba; se determinará el origen de la fuga y reparará o sustituirá los materiales y trabajos defectuosos a satisfacción de la **Autoridad Correspondiente**. El tramo se volverá a probar hasta alcanzar los requerimientos de esta prueba.

El tramo de tubería se considera hermético si la caída de presión, durante el tiempo de prueba es menor o igual a **0.07 kg/cm²**, (**Norma NOM-001-CNA-1995**).

Cálculo del tiempo de prueba con aire

Para calcular el tiempo de prueba (Sistema Métrico), se utiliza la siguiente expresión, establecida por Ramseier:

$$T_p = 0.025908 \frac{DK}{Q}$$

Donde:

- T_p = tiempo de prueba en segundos (s) para una caída de presión de 0.07 kg/cm².
- D = Diámetro nominal en pulgadas.
- Q = 0.000457 m³/min/m² de superficie interna.
- K = 0.0013747 DL, mayor o igual a **1.0**.
- L = Longitud del tubo bajo prueba en metros.

TABLA 23.- PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN PARA CAÍDAS DE 0.070 kg/cm², VALORES PERMISIBLES DE ACUERDO CON EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA

Diámetro Nominal		Tiempo mínimo	Longitud máxima para tiempo mínimo	Tiempo para otras longitudes
cm	Pulgadas	min:s	m	segundos
20	8	7:34	90.8	4.984 L
25	10	9:26	72.9	7.784 L
30	12	11:20	60.7	11.207 L
35	14	13:13	52.0	15.250 L
38	15	14:10	48.5	17.515 L
45	18	17:00	40.6	25.220 L
53	21	19:50	34.8	34.328 L
61	24	22:40	30.2	44.833 L
68	27	25:30	26.8	56.741 L
76	30	28:20	24.4	70.052 L
83	33	31:10	22.0	83.875 L
91	36	34:00	20.1	100.878 L
106	42	39:48	17.4	137.321 L
122	48	45:34	15.2	179.361 L
137	54	51:02	13.4	227.003 L
152	60	56:40	12.2	116.315 L

TABLA 24.- PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN PARA CAÍDAS DE 0.035 kg/cm², VALORES PERMISIBLES DE ACUERDO CON EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA

Diámetro nominal		Tiempo mínimo	Longitud máxima para tiempo mínimo	Tiempo para otras longitudes
cm	Pulgadas	min:s	m	segundos
20	8	3:47	90.8	2.500 L
25	10	4:43	72.8	3.888 L
30	12	5:40	60.7	5.602 L
35	14	6:37	52.0	7.625 L
38	15	7:34	45.5	9.967 L
45	18	8:30	40.5	12.556 L
53	21	9:27	36.3	15.606 L
61	24	11:20	30.2	22.517 L

En el informe de la prueba deberá incluirse lo siguiente:

- Identificación completa del tramo probado.
- Resultados obtenidos de la prueba y comentarios relevantes.
- Referencia del método utilizado.
- Nombre y firma del responsable.

Para llevar a cabo la prueba neumática se debe contar con el siguiente material y equipo:

- Tapones herméticos para los extremos del tramo.
- Una válvula de cierre, una válvula de regulación de presión y una válvula de alivio calibrada.
- Manómetro con escala de 0 a 1.0 kg/cm² y división mínima de escala de 0.01 kg/cm².

- Compresor de 1000 litros de capacidad.
- Cronómetro.

Se recomienda que al instalar los tapones se atraquen adecuadamente contra la pared del pozo o registro y que no se utilicen presiones mayores de 0.6 kg/cm².

3.2.1.7.3- PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA EN POZOS DE VISITA Y REGISTROS

La prueba hidrostática se hará llenando el pozo con agua, en concordancia con Norma NOM-001-CNA-1995, hasta el nivel del brocal, durante 24 horas previas a la prueba, manteniendo la carga hidráulica durante un tiempo mínimo de 15 minutos, con una pérdida de volumen de agua, menor o igual al volumen permisible V_p .

$$V_p = 4\phi h$$

Donde:

- V_p = volumen de pérdida de agua (litros) permisible por agregar en una hora.
- ϕ = Diámetro de la base del pozo de visita, en metros.
- h = Carga hidráulica en metros.

El pozo se considera hermético si el volumen de agua perdido durante los 15 minutos del período de prueba no excede el volumen de pérdida de agua permisible.

Para llevar a cabo la prueba hidrostática en pozos, se debe contar con el siguiente material y equipo:

- Agua.
- Tapones herméticos para los extremos de los tubos, del diámetro o diámetros adecuados.
- Dispositivo para medir volumen con escala de 0.5 litros.
- Cronómetro.

3.2.1.7.4- NÚMERO DE PRUEBAS

La prueba de hermeticidad se aplicará acorde a la Norma NOM-001-CNA-1995 a todos los tramos de colectores, subcolectores y atarjeas, de acuerdo con el siguiente plan de muestreo:

1.- Se tomarán **10** muestras, cada una con longitud equivalente al **10%** de la longitud total de la red de alcantarillado por instalar.

2.- Se aplicará la prueba a la primera muestra, en tramos de pozo a pozo, hasta completar la longitud de la muestra, cuantificando el porcentaje de rechazo en función del número de juntas o tubos fallados.

3.- Se aplicará la prueba a la segunda muestra, de acuerdo con los resultados obtenidos en el muestreo anterior y los siguientes lineamientos:

- a) Si el rechazo en la muestra anterior fue menor al 5%, el muestreo se reduce al 50% en la segunda muestra.
- b) Si el rechazo en la muestra anterior fue mayor al 5%, el muestreo se aplicara al 100% en la segunda muestra.

4.- En las siguientes muestras se continuará con el muestreo indicado en el punto **3**.

3.2.1.8.- DERECHO DE PASO

El ancho de la servidumbre de paso para el municipio de **MEXICALI** queda definido, para cada diámetro de tubería, por el ancho de la parte superior de la excavación, la zona donde depositar los materiales producto de excavación, y por el tipo de maquinaria a utilizar.

TABLA 25.- DERECHO DE PASO

Diámetro del tubo		Ancho
cm	pulgadas	m
20 a 38	8 a 15	6.00
45 a 107	18 a 42	8.00
Mayor de 107	Mayor de 42	Arroyo de vialidad, previa autorización de la Autoridad Correspondiente

NOTAS:

- 1.- Cuando se coloquen dos o más tuberías, su ubicación en la sección transversal, deberá ser autorizada por la **Autoridad Correspondiente**.
- 2.- Cuando la servidumbre tenga colindancia con lotes habitacionales, comerciales, industriales y/o de servicios, se colocará una barda de bloque en ambos lados de la servidumbre, de 1.80 m de altura mínima y malla ciclónica en la colindancia con vías públicas y otras servidumbres.
- 3.- En caso de servidumbre con colindancia a zona federal marítima terrestre, se podrá permitir la libre circulación hacia la playa o zona federal marítima terrestre, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.
- 4.-Para la descarga de los escurrimientos superficiales a cielo abierto o en lavaderos (no tuberías), el ancho mínimo de servidumbre será de 6 metros.

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA** será:

TABLA 26.- DERECHO DE PASO

Tipo de estructura	ANCHO DEL PASO DE SERVICIO	
	Sección mínima	Área adicional
Redes	6.0 m	No requiere
Cajones	6.0 m	Según dimensiones de estructura
Canales	Ancho de corona	5.0 m (camino para mantenimiento)
Sistemas de cunetas, canaletas y lavaderos	3.0 m	Según dimensiones de estructura

NOTAS:

- 1.- Cuando se coloquen dos o más tuberías, su ubicación en la sección transversal, deberá ser autorizada por la **Autoridad Correspondiente**.
- 2.- Cuando la servidumbre tenga colindancia con lotes habitacionales, comerciales, industriales y/o de servicios, se colocará una barda de bloque en ambos lados de la servidumbre, de 1.80 m de altura mínima y malla ciclónica en la colindancia con vías públicas y otras servidumbres.
- 3.- En caso de servidumbre con colindancia a zona federal marítima terrestre, se podrá permitir la libre circulación hacia la playa o zona federal marítima terrestre, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.
- 4.-El ancho mínimo del paso de servicio corresponderá a la suma de ambos valores considerados en las columnas de sección mínima y área adicional, indicados en la tabla anterior, previa autorización de la **Autoridad correspondiente**.

3.2.2.- CANALES

La capacidad de los canales estará dada en función de los gastos de los análisis que por subcuenca y por tramo de cada cauce se presenten de acuerdo con la metodología anteriormente descrita.

3.2.2.1.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD EN CANALES

El coeficiente de rugosidad n para canales se obtendrá de la tabla siguiente:

TABLA 27.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING Y VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE EN CANALES

M A T E R I A L	n	Vmáx (m/s)
Canales sin revestimiento		
Limo	0.030	0.50
Arena	0.030	0.75
Arcilla	0.030	1.50
Arena con pasto	0.035	1.50
Arcilla con pasto	0.035	2.50
Grava gruesa	0.030	2.40
Roca acabado perfilado	0.025	3.00
Roca acabado burdo	0.033	3.00
Canales con revestimiento		
Mampostería ó concreto ciclópeo con acabado burdo	0.030	5.80
Mampostería con acabado perfilado	0.020	5.80
Concreto con acabado pulido, floteado o escobillado	0.014	7.40
Concreto lanzado	0.018	5.00
Piedra colocada a mano	0.030	5.80
Piedra colocada a volteo	0.035	5.00
Gavión	0.028	5.00
Cunetas en vialidades		
Concreto acabado pulido	0.012	5.0
Pavimento asfáltico acabado fino	0.013	3.5
Pavimento asfáltico acabado rugoso	0.016	3.5
Guarnición de concreto y pavimento asfáltico, acabado fino	0.013	3.5
Guarnición de concreto y pavimento asfáltico, acabado rugoso	0.015	3.5
Pavimento de concreto acabado floteado	0.014	5.0
Pavimento de concreto acabado escobillado	0.016	5.0

Nota: La velocidad mínima permisible en canales, para que no se formen azolves, será de 0.40 m/s en conductos abiertos y 0.60 m/s en conductos cerrados.

Para los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO** y **TIJUANA**:

TABLA 28.- VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE EN CANALES

MATERIAL	Velocidad Máxima (m/s)
Concreto armado	7.4
Mampostería	5.8

TABLA 29.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING

MATERIAL	Rugosidad (n)
Tepetates	0.027
Tierra	0.030
Roca	0.033
Revestimiento de mampostería burda o concreto ciclópeo	0.030
Revestimiento de mampostería	0.020
Revestimiento de concreto	0.014

3.2.2.2- FORMA GEOMÉTRICA

La forma geométrica de canales podrá ser rectangular (a cielo abierto o en cajón) o trapezoidal, por construcción y mantenimiento se recomienda utilizar la forma trapezoidal. La sección rectangular a cielo abierto se recomienda donde el cauce tenga limitaciones laterales y la sección rectangular en cajón se recomienda para cruces con instalaciones y vialidades.

Para facilitar las acciones de desazolve e inspección, la sección tipo cajón, tendrá una altura mínima de 1.70 metros y deberá dotarse de registros en todo cambio de dirección y en tramos intermedios, a una distancia máxima de 120 metros y acuerdo con el equipo de desazolve a utilizar.

Para los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA**

La sección tipo cajón, tendrá un dimensionamiento mínimo de 1.50 metros de altura por 1.50 de base a paños interiores y deberá dotarse de registros en todo cambio de dirección y en tramos intermedios, a una distancia máxima de 100 metros.

Los elementos geométricos de diseño de un canal o cajón son los siguientes:

- 1.- Ancho de plantilla **b**.
- 2.- Tirante del agua **t**. Se recomienda mantener tirantes menores al ancho de la plantilla del canal **b**.
- 3.- Pendiente **S**, con valor máximo para velocidad que no cause erosión del material en que este alojado el canal y con valor mínimo para velocidad que no cause depósito de azolves.
- 4.- Talud. Relación de la distancia horizontal a la vertical en las paredes del canal, valor de acuerdo con las características resultantes del estudio de mecánica de suelos del material en el que se excave el canal.

TABLA 30.- TALUD EN CANALES

M A T E R I A L	Talud
Roca sana	0.25 : 1
Roca fija ligeramente alterada	0.50 : 1
Roca alterada, tepetate duro, tierra arcillosa, areniscas blandas	1.00 : 1
Material poco estable, tierras arenosas	2.00 : 1
Areniscas Blandas	1.00 : 1

5.- Bordo libre. Desnivel entre la superficie libre del agua del tirante normal y la corona de los bordos, para margen de seguridad en la operación de los canales y depende del gasto a conducir y del tipo de revestimiento.

6.- Radio hidráulico. Una vez determinada la pendiente y el coeficiente de rugosidad, se puede hacer variar la velocidad en función del radio hidráulico, que es la relación área hidráulica y el perímetro mojado.

En función del talud se determinará la sección máxima de eficiencia que es aquella que da el radio hidráulico mínimo y partiendo de ésta se determina la relación plantilla-tirante que nos da la máxima eficiencia.

En canales con gasto muy grandes generalmente la relación plantilla-tirante de máxima eficiencia resultan plantillas muy chicas y esto origina que sean difíciles de construir por lo que en estos casos se fija una dimensión mínima de plantilla que constructivamente pueda hacerse con el equipo que se dispone.

Se recomienda por lo general mantener tirantes menores a la plantilla del canal.

Los tramos de canal que se consideran para revestir de concreto se escogerán con anchos de base tales para que las máquinas revestidoras puedan emplearse con pocos cambios de plantilla. En estas condiciones podrá variarse la altura del revestimiento, pero en ningún caso el tirante deberá exceder al ancho de la base.

Cuando se proyecten en detalle las secciones tipo se debe tomar en cuenta lo siguiente:

En secciones con tirantes menores de 2.00 m. se considerará una área adicional de 15% para canales con velocidades mayores a 0.60 m/s y del 20% para canales con velocidades menores a 0.60 m/s.

3.2.2.3.- CANALES CON REVESTIMIENTO

La colocación de revestimiento de cualquier tipo en un canal, permite:

- a) Reducir la erosión del canal.
- b) Aumentar capacidad de conducción.
- c) Reducir costos de conservación.
- d) Reducir pérdidas por filtración.

3.2.2.3.1.- APOYO DEL REVESTIMIENTO

Cuando se tenga sobre excavación, ésta se llenará con suelo-cemento u otro material adecuado de acuerdo con la **Autoridad Correspondiente** debidamente compactado, de manera que el espesor del revestimiento no se reduzca en más de un 10% y el espesor medio sea aproximadamente el de diseño.

Cualquiera que sea el tamaño del canal, se considera necesario que el concreto se apoye en una superficie lisa y regular, debidamente compactada.

Los terraplenes de los bordos en contacto con el revestimiento, deberán compactarse al 95% de la prueba Proctor en caso de que se trate de suelos arcillosos. En suelos arenosos se debe compactar al 75% usando el criterio de densidad relativa del U.S.B.R. empleando equipo vibratorio.

En zonas con arcillas expansivas, deberá removerse un espesor mínimo de ésta, para ser sustituido por material inerte compactado, cuyo espesor se determinará en cada caso de acuerdo con el estudio de geotecnia.

**TABLA 31.- CANALES CON REVESTIMIENTO DE CONCRETO,
ESPESOR DE REVESTIMIENTO Y BORDO LIBRE**

GASTO (Q) m ³ /s	ESPESOR cm	BORDO LIBRE cm	CORONA	
			CON CAMINO cm	SIN CAMINO cm
0 < Q ≤ 0.5	5	15	400	250
0.5 < Q ≤ 1	5	20	400	250
1 < Q ≤ 2	5	25	400	250
2 < Q ≤ 3	6	25	400	250
3 < Q ≤ 4	6	30	400	250
4 < Q ≤ 10	7	30	400	250
10 < Q ≤ 20	8	35	400	250
20 < Q ≤ 40	10	40	600	300
40 < Q ≤ 60	10	50	600	400
60 < Q ≤ 100	10	60	700	400

**TABLA 32.- CANALES CON REVESTIMIENTO
DE MAMPOSTERÍA, BORDO LIBRE Y CORONA**

GASTO (Q) m ³ /s	BORDO LIBRE		CORONA	
	AL REVESTIMIENTO cm	A LA CORONA cm	CON CAMINO cm	SIN CAMINO cm
0 < Q ≤ 1	25	50	400	200
1 < Q ≤ 2	30	60	400	200
2 < Q ≤ 3	30	60	400	200
3 < Q ≤ 10	35	70	400	250
10 < Q ≤ 20	40	100	400	250

3.2.2.3.2- DRENAJE EN CANALES CON REVESTIMIENTO

Cuando los suelos en que está alojado el canal son muy permeables y los mantos freáticos están muy profundos no se diseñará sistema de drenaje para el canal.

Cuando en canales de capacidades mayores de 10 m³/s, el nivel de aguas freáticas puede invadir el prisma del canal por lo que se colocarán aliviadores de charnela (bisagras, perno, gozne, etc.) colocados, en ambos lados de la plantilla y espaciados a la misma distancia que las juntas transversales de ranura hechas en el revestimiento cuando este es de concreto.

En otros tipos de revestimiento, tales como plásticos, el espaciamiento será como máximo 4.00 m aproximadamente.

En el caso de canales alojados totalmente sobre terraplenes, el revestimiento de concreto se diseñará como una estructura reforzada provista en las juntas de sellos flexibles y de material adecuado. Además los terraplenes se conservarán drenados mediante un sistema de drenes y filtros de espaciamiento y diseño conveniente con el fin de evitar la saturación del material y dar seguridad contra una falla por efecto de sismo.

Cuando el canal esté alojado en suelos permeables, se colocará una capa con espesor de 15 cm de grava y arena, extendida en la plantilla del canal y que conecte los aliviadores situados, uno frente a otro. En el caso de que la plantilla quede alojada en suelos impermeables, los aliviadores de charnela (bisagras, perno, gozne, etc.), serán rodeados de un filtro invertido con dimensiones adecuadas.

3.2.2.4.- CURVAS HORIZONTALES

En el trazo de curvas horizontales en canales, se recomiendan los siguientes radios mínimos en función del gasto.

Q	m ³ /s	< 0.5	1.0	5	10	15	20
Rmínimo	M	5	10	20	60	80	100

Nota: Para valores intermedios se deberá de interpolar linealmente.

3.2.2.5.- SOBRE ELEVACIÓN DEL TIRANTE EN CURVAS HORIZONTALES

El flujo a través de canales en curvas horizontales origina un incremento en el tirante hidráulico a todo lo largo de la cara exterior de la curva, razón por la cual es necesario se contemple una sobre elevación para evitar un desbordamiento. Esta sobre elevación se deberá considerar en ambos muros del canal pluvial.

Dependiendo de la sección geométrica del canal y del comportamiento hidráulico del flujo, se tienen las siguientes fórmulas:

CANALES RECTANGULARES.

$$\text{Flujo Subcrítico: } Se = \frac{3bV^2}{4gr}$$

$$\text{Flujo Supercrítico: } Se = \frac{1.2bV^2}{gr}$$

CANALES TRAPEZOIDALES.

$$\text{Flujo Subcrítico: } Se = \frac{[b + (2Kd)]V^2}{2(gr - 2KV^2)}$$

$$\text{Flujo Supercrítico: } Se = \frac{[b + (2Kd)]V^2}{(gr - 2KV^2)}$$

Donde:

Se = Sobre elevación, metros.

V = Velocidad del flujo en inicio de curva horizontal, m/s.

b = Ancho de la base del canal, metros.

g = Aceleración de la gravedad, (9.81 m/s²).

r = Radio de la curva al eje del canal, metros.

K = Cotangente de la relación del talud externo de la curva horizontal (horizontal / vertical).

d = Tirante hidráulico en inicio de curva horizontal, metros.

3.2.2.6.- TRANSICIÓN EN CANALES

Cuando en el trazo de un canal se presenta un cambio en el ancho de la sección, por modificación del gasto, de la pendiente o de las características del canal, se requiere un

tramo de canal para efectuar la transición, se recomienda un ángulo máximo de transición de 12°30'.

$$L = \frac{(B + b)}{2(\tan 12.5)}$$

L = Longitud de la transición, metros.

B = base mayor, en metros.

b = base menor, metros.

(Ambas relacionadas con los canales de llegada y salida de dicha transición)

4.- ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

Los elementos que integran un sistema de alcantarillado pluvial se agrupan de acuerdo con la función para la cual son empleados y se compone de las siguientes partes:

4.1.- ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN

Los escurrimientos pluviales son captados por las vialidades, vados, cunetas, contra cunetas, rejillas y bocas de tormenta y encauzados hacia las instalaciones de drenaje pluvial.

4.1.1- VIALIDADES

4.1.1.1- PENDIENTE EN VIALIDADES

Para el municipio de **MEXICALI**

Pendiente longitudinal es la pendiente que se da a la corona del pavimento paralela al eje de la vialidad, para conducir superficialmente el escurrimiento pluvial hasta su captación. La pendiente mínima longitudinal es de tres milésimas para las superficies de concreto hidráulico o asfáltico.

Pendiente transversal o bombeo, es la pendiente que se da a la corona del pavimento, perpendicular al eje de la vialidad, para evitar la acumulación del agua sobre la vialidad. La pendiente mínima transversal para superficies de concreto hidráulico o asfáltico es de 30 milésimas, para superficie de tierra o grava será de 30 a 40 milésimas.

Cuando la longitud de la sección transversal de la vialidad, con pendiente en un sentido (ancho en un sentido de circulación, sin considerar guarnición), sea de un ancho mayor de 10 m la pendiente transversal puede disminuirse previa justificación y autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA**

Las pendientes mínimas y máximas serán la que establece el Manual de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (S.C.T.).

Desde el punto de vista hidráulico las pendientes mínimas y máximas, longitudinales y transversales serán las que resulten de acuerdo a las características geométricas requeridas para la conducción del gasto de diseño considerado, previa justificación y autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

4.1.1.2.- GUARNICIONES EN VIALIDADES

Las guarniciones son elementos de concreto hidráulicos que se utilizan para canalizar los escurrimientos superficiales de las vialidades y de los predios sin dañar el pavimento, ya sea por volumen o velocidad, encauzándolos hacia las instalaciones de drenaje pluvial, además delimitan el pavimento y protegen el tránsito de peatones.

La parte del arroyo de una vialidad donde se canalizan los escurrimientos pluviales, recibe el nombre de cuneta de la vialidad, cuyo diseño hidráulico está basado en los principios de flujo uniforme de canales, con los métodos establecidos en capítulo 3.- Diseño de conductos a gravedad, y permiten drenar los escurrimientos pluviales en forma

superficial en la mayor área posible, sin dañar el pavimento, ya sea por volumen o velocidad.

De acuerdo con la sección requerida, con relación a los escurrimientos pluviales superficiales, se tienen los siguientes tipos de guarniciones:

a) **Tipo “L”.** Estructura formada por el alma o parte saliente vertical y el patín o parte horizontal de la guarnición, localizada en la parte baja de la sección de la vialidad o donde se requiere conducir los escurrimientos pluviales superficiales.

b) **Tipo “I”.** Estructura formada por el alma o parte saliente vertical, se utiliza en la parte alta de la sección de la vialidad, donde no se requiere conducir los escurrimientos pluviales superficiales.

c) **Tipo dentellón o remate.** Son elementos que se construyen enterrados en toda su sección y longitud, con la parte superior a nivel de la rasante del pavimento; con la finalidad de confinar y proteger la superficie pavimentada en su entronque con vialidades sin pavimento, de los daños causados por el tráfico y los escurrimientos pluviales superficiales.

Para todos los casos, la sección de las guarniciones a utilizar, deberán respaldarse con los cálculos hidráulicos correspondientes.

Para el municipio de **MEXICALI**

La altura máxima del nivel del escurrimiento pluvial en el alma o parte saliente vertical de la guarnición, no deberá rebasar los **2/3** de la altura total del peralte y el ancho del espejo del agua no sobrepasará el carril de estacionamiento (2.50 m) y para vialidades con arroyos de circulación de 9.00 m el área inundable será de 2.00 m de ancho, determinado mediante el diseño hidráulico, basado en los principios de flujo en canales abiertos y de flujo uniforme, con los métodos establecidos en el punto **3.- Diseño de conductos a gravedad.**

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA**

La altura máxima del nivel del escurrimiento pluvial en el alma o parte saliente vertical de la guarnición, no deberá rebasar los **2/3** de la altura total del peralte.

Para vialidades locales, el ancho del espejo del agua (área inundable) no sobrepasará el 70% del ancho de vialidad para pavimentos a base concreto hidráulico, y de 20% para pavimentos asfálticos.

Para vialidades de 1er. orden y de penetración, el ancho del espejo del agua (área inundable) no sobrepasará el 20% del ancho de vialidad para pavimentos a base de concreto hidráulico y asfáltico.

4.1.1.3.- CUNETAS Y CONTRACUNETAS EN VIALIDADES

Cuando se requiera realizar cruces de manera superficial se utilizarán vados de concreto hidráulicos, de tal forma que conduzcan el 100% de dichos escurrimientos y que la carpeta no sea perjudicada o erosionada por el paso de una corriente. Normalmente tienen una sección en forma de V, con los brazos extendidos horizontalmente y con una

sección geométrica tal que no presenten un obstáculo para el tránsito vehicular. Ver ANEXO APL-2

Las **cunetas** fuera de la zona urbana, son elementos tipo canal, con recubrimiento de concreto hidráulico o mampostería, generalmente de forma triangular o trapezoidal que se construyen contigua a los hombros y/o pateos de taludes y en forma paralelos en tramos carreteros para captar el escurrimiento pluvial y conducirlo hacia las instalaciones de drenaje pluvial o para alejarlos de la vialidad.

La forma, dimensiones y pendiente, se determinan mediante el diseño hidráulico, basado en los principios de flujo en canales abiertos y de flujo uniforme, con los métodos establecidos en el capítulo **3.- Diseño de conductos a gravedad** y en las condiciones del terreno.

El ancho mínimo de la cuneta, medido horizontalmente, deberá de ser de 1.0 m o mayor si se requiere por capacidad hidráulica.

El talud interno de la cuneta triangular tipo deberá ser de 3:1, del lado de la vialidad, con un tirante de 30 cm y para la cuneta tipo trapezoidal será de 2:1 y tirante de 30 a 45 cm. El talud externo para las cunetas tipo triangular y trapezoidal será de 1.5:1.

Concreto en cunetas:

Zona urbana $f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

Zona rural $f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$

Las **contracunetas** son obras complementarias del drenaje pluvial para vialidades que se construyen en zonas de corte, son elementos tipo canal con recubrimiento de concreto hidráulico o mampostería, ubicados paralelamente a la vialidad, en la parte alta de la ladera, arriba de la línea de los cerros de un corte, para interceptar los escurrimientos superficiales del terreno natural y para protección contra derrumbes producto de la erosión. Se proyectan perpendiculares a la pendiente del terreno.

La forma, dimensiones y pendiente se determinan con los mismos métodos establecidos para las cunetas.

El ancho mínimo de la contracuneta, será de 50 cm, el talud interno de la contracuneta triangular será de 1:1 pudiendo llegar a ser vertical.

Las contra cunetas se colocarán a una distancia media de **5.0 m** del talud del corte y la longitud será la necesaria para llevar el flujo hasta su descarga en depresiones del terreno adyacentes o alcantarilla de la vialidad y regularmente se une a la descarga de la cuneta.

4.1.1.4.- VADOS EN VIALIDADES

Los vados son elementos de concreto hidráulico o mampostería, que se proyectan en vialidades, para el cruce de corrientes de agua esporádicas y de bajo flujo, de tal manera que no se justifica la construcción de una alcantarilla.

Los vados deben cumplir con los siguientes requisitos:

- 1.- La geometría y estructura del vado debe facilitar el escurrimiento para evitar regímenes turbulentos y que la superficie de rodamiento no se erosione o socave.

2.- Contar con señales visibles que indiquen al conductor el nivel del agua, para no cruzar cuando el tirante sea demasiado alto y peligroso para el paso de los vehículos.

Cuando la corriente por cruzar es perenne, con poco flujo, se puede proyectar la combinación de un vado y una alcantarilla. La alcantarilla se diseñará con una capacidad hidráulica equivalente al gasto que cruza constantemente y con lluvia de poca intensidad. El vado se diseña para el gasto remanente de la lluvia de precipitación máxima probable.

4.1.2.- BOCAS DE TORMENTA Y REJILLAS DE PISO

Estructura que capta los escurrimientos pluviales superficiales y los conduce a la red para alcantarillado pluvial.

La boca de tormenta esta constituida por una coladera con su estructura de soporte que permite la entrada del agua, una caja que funciona como decantador en el cual se depositan las materias más pesadas que arrastra el agua y una tubería para conectar al pozo de visita de la red. Se construyen en la cuneta de la vialidad.

De acuerdo con su localización y la forma de la rejilla de la coladera, las bocas de tormenta pueden ser:

Tipo piso, ver ANEXOS APL-3.1 y APL-3.2.

Tipo banqueta, ver ANEXO APL-3.3, APL-3.4 Ti y APL-3.5 Ti.

Tipo piso y banqueta. (mixta), ver ANEXO APL-3.6 Ti

Tipo arroyo (rejillas de piso), ver ANEXO APL-3.7 Ti

Cualquier variación a los dos primeros deberán ser indicados en el proyecto correspondiente, con la justificación técnica del caso, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

El material de las rejillas de las coladeras, será de fierro fundido y en coladera tipo arroyo de acero estructural, la caja con muros de ladrillo o bloque, con piso, cubierta y estructura de concreto reforzado, o con piso, muros y cubierta de concreto reforzado.

La localización de las bocas de tormenta a instalar, dependerá de las instalaciones existentes (agua potable alcantarillado sanitario, gas, etc.) y de la red pluvial y no deberá interferir con la rampa para personas con capacidades diferentes ni con el acceso a la vivienda.

De acuerdo con el tipo de cruce el número de bocas de tormenta será:

- A. En la intersección de dos vialidades principales donde todas las pendientes longitudinales converjan formando un punto bajo, deberá colocarse una boca de tormenta en cada esquina evitando el cruce del agua sobre cualquiera de las vialidades.
- B. En la intersección de una vialidad principal y una secundaria donde las pendientes longitudinales converjan formando un punto bajo, se deberá colocar bocas de tormenta en la vialidad secundaria creando un cruce del agua por medio de cunetas de concreto tipo "V".
- C. En una intersección tipo "T" de una vialidad cuyas pendientes longitudinales converjan formando un punto bajo, se deberán colocar tres (3) bocas de tormenta como mínimo, una en cada esquina y la tercera sobre la vialidad principal, ubicada en el límite de lotes para que no interfiera con la entrada de vehículos.

D. En una intersección tipo “T” de una vialidad principal y una secundaria en las que las pendientes longitudinales converjan formando un punto bajo, se deberán colocar bocas de tormenta hacia un solo lado del cruce creando un cruce de agua por medio de una cuneta de concreto tipo “V”.

Ver ANEXO APL-4.

Otra ubicación será utilizada, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

En todos los casos se deberá cuidar el aspecto de seguridad vehicular y la comodidad del usuario.

Las bocas de tormenta ubicadas en las esquinas se colocarán de tal manera que no interfieran con las rampas para personas con capacidades diferentes, accesos vehiculares a locales o viviendas.

La boca de tormenta tipo arroyo (rejillas de piso) se deberán modular de tal forma que se garantice el paso seguro de ciclistas por la vialidad.

El número de bocas de tormenta en todos los casos estará en función de su capacidad hidráulica y el gasto aportado por la cuenca.

El diámetro y la pendiente de la tubería de conexión de la boca de tormenta con el pozo de visita, se diseñarán en función de los gastos pluviales captados correspondientes al área tributaria de la misma y a lo indicado en el **apartado 3.2.1.3** de éste documento.

La máxima separación de las bocas de tormenta no deberá exceder de 200 m o aquella que el tirante del gasto a conducir no sea mayor de 2/3 de la altura del peralte de la guarnición y el ancho del espejo del agua no sobrepase el carril de estacionamiento (2.50 m) y para vialidades con arroyos de circulación de 9.00 m el área inundable será de 2 m de ancho.

Para analizar la capacidad de la coladera de piso, se considera que funcionará como un orificio, determinada mediante la siguiente fórmula:

$$Q = 1000C_r C_d A \sqrt{2gh}$$

Donde:

Q = Gasto en l/s.

C_r = Coeficiente de reducción por obstrucción de basura = 0.50

C_d = Coeficiente de descarga = 0.60

A = Área neta de entrada a la coladera, área libre total entre rejillas en m².

G = Aceleración de la gravedad en m/s².

h = Tirante del agua sobre la coladera en m.

Además de lo anterior para los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA**, deberán de cumplir con lo siguiente:

BOCAS DE TORMENTA EN BANQUETA Y ARROYO. (En pendiente)

Para analizar la capacidad de captación de bocas de tormenta en banquetta y arroyo, ubicadas en “pendiente”, se utilizarán las siguientes fórmulas (Nomograma de Izzard):

Sin depresión en guarnición.

$$Q = K L Y \sqrt{Y g}$$

Con depresión en guarnición.

$$Q = (K + C) L Y \sqrt{Y g}$$

$$C = \frac{0.45}{1.12 M} \quad M = \frac{L F}{a \tan(\theta)} \quad F = \frac{V}{g Y} \quad \tan(\theta) = \frac{b}{(b S_x) + a}$$

Donde:

Q = Gasto captado, (m³/s).

K = Factor en función de S_x

L = Longitud de ventana de boca de tormenta, en metros.

Y = Tirante del flujo de aproximación en guarnición, en metros.

más el aumento correspondiente por depresión en llamada.

g = Gravedad de la tierra, (9.81 m/s²).

V = Velocidad del flujo de aproximación, (m/s).

S_x = Pendiente transversal de la vialidad, adimensional.

a = Depresión en la entrada a boca de tormenta, en metros.

b = Ancho de depresión, en metros.

S _x = (%)	0 a 5	5 a 6	6 a 8	8 ó +
K =	0.20	0.21	0.22	0.23

Nota: C, M y F son adimensionales.

REJILLAS DE PISO. (En pendiente)

Para analizar la capacidad de captación de rejillas de piso, ubicadas en "pendiente", se utilizarán las siguientes fórmulas (FHWA-NHI-01-021, U.S. Department of Transportation):

Captación de frente

Captación de lado

Eficiencia de captación $E_f = 1 - \left(1 - \frac{W}{T}\right)^{2.67}$

$$E_l = 1 - E_f$$

Radio de intercepción: $R_f = 1 - K_{uf} (V - V_0)^{(a)}$

$$R_s = \left[1 + \frac{(K_{ul}) V^{1.8}}{S_x L^{2.3}}\right]^{-1}$$

Velocidad de choque: $V_0 = 0.676 + 4.031L + 2.13L^2 + 0.598L^3 \text{ (b)}$

Gasto total interceptado: $Q_i = Q_d (R_f E_f + R_s EL)$

Donde:

W = Ancho de rejilla, (m).

L = Longitud de rejilla, (m).

T = Espejo de agua en vialidad, (m).

K_{uf} = 0.295

V = Velocidad de llegada, (m/s).

V₀ = Velocidad mínima donde ocurre el choque del flujo con la rejilla, (m/s).

K_{ul} = 0.0828

S_X = Bombeo de vialidad, (m/m).

Q_i = Gasto total captado, (m³/s).

Q_d = Gasto de diseño, (m³/s).

(a) = Solo aplica si V > V₀. Caso contrario se asume R_f = 1

(b) = Para rejillas con barras paralelas espaciadas a cada 5 cm

Nota: por cuestiones de mantenimiento, sin excepción alguna, se considerará un ancho mínimo de rejilla de 0.60 m.

BOCAS DE TORMENTA Y REJILLAS DE PISO. (En puntos bajos)

Cuando las bocas de tormenta y/o rejillas de piso se encuentren ubicadas en puntos bajos se analizará la capacidad de captación mediante las siguientes fórmulas (Torricelli):

$$Q = B C A \sqrt{2 g h}$$

Donde:

Q = Gasto de captación, (m³/s)

C = Coeficiente de descarga, (0.60)

B = Coeficiente de reducción por obstrucción de basura, (0.50)

A = Área hidráulica de abertura, (m²) – Para Bocas de Tormenta

Área hidráulica libre total entre rejillas, (m²) – Para Rejillas de piso

g = Gravedad, (m/s²)

h = Tirante hidráulico sobre estructura, (m).

BOCAS DE TORMENTA MIXTAS

Las bocas de tormenta mixtas se componen por la combinación de rejillas de piso con una boca de tormenta en banqueteta y /o arroyo y pueden ser utilizadas en caso donde se requiera una mayor captación respecto a una boca de tormenta convencional.

Para analizar la capacidad de captación de bocas de tormentas mixtas, se aplican las fórmulas descritas según su ubicación (puntos bajos y/o en pendiente) y se sumarán los datos algebraicamente.

4.2.- ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN

Transportan el flujo pluvial desde la captación, hasta el sitio de descarga. Los conductos que se utilizan en las redes de alcantarillado pluvial, reciben, de acuerdo con su función la denominación de:

- Atarjea pluvial.
- Subcolector pluvial.
- Colector pluvial.

4.2.1.- ATARJEA PLUVIAL

Conducto desde Boca de Tormenta al Pozo de Visita.

Para el municipio de **MEXICALI**

La conexión será mediante conducto de 20 cm (8") de diámetro como mínimo para coladeras de piso y banquetas, y de 30 cm (12") para boca de tormenta tipo arroyo. La lluvia captada se conducirá por medio del conducto denominado atarjea pluvial. El diámetro mínimo para atarjea pluvial será de 25 cm (10").

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA**

Las atarjeas pluviales denominadas cucharas, el diámetro mínimo será 38 cm (15") de diámetro, según apartado 3.2.1.3 de este manual.

En determinados casos en que la topografía de la localidad sea plana, o que el nivel freático del agua sea alto y se disponga de escaso desnivel respecto al sitio de vertido, puede proyectarse un conducto cerrado de sección rectangular o trapezoidal, previa aprobación de la **Autoridad Correspondiente**.

4.2.2.- SUBCOLECTOR PLUVIAL

Los conductos de la red pluvial, que reciben la aportación de la mayor parte de la captación, se denominan subcolectores pluviales.

Para el municipio de **MEXICALI**

El diámetro mínimo para un subcolector pluvial será de 25 cm (10").

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA**

El diámetro mínimo para un subcolector pluvial será de 45 cm (18"), según apartado 3.2.1.3 de éste documento.

Para el trazo de los subcolectores pluviales, se tomará en cuenta la topografía de la localidad (parteaguas, zonas bajas, etc.), la hidrología (ríos, arroyos, etc.), las restricciones que originen las instalaciones existentes de agua potable, alcantarillado sanitario, gas, vías de ferrocarril, carreteras, bordos, etc. el sitio o sitios de vertido más apropiados y la localización de los colectores correspondientes. Su localización se hará en la parte baja de la zona urbana y la correcta ubicación de subcolectores y bocas de tormenta deberá permitir captar el volumen máximo posible de lluvia en el área de aportación considerada.

Es conveniente tener dos o más sistemas de subcolectores para manejar diámetros reducidos y permitir la programación de construcción por etapas.

4.2.3.- COLECTOR PLUVIAL

Los conductos de la red pluvial, que reciben la aportación de los subcolectores y conducen el flujo hasta la descarga, se denominan colectores pluviales.

El colector pluvial podrá estar constituido por tuberías, o canales a cielo abierto o cajones, cuya sección dependerá del mejor funcionamiento hidráulico que se puede obtener para el gasto máximo a conducir, las condiciones de topografía y geotecnia del terreno en que quede localizado y la pendiente que se pueda dar al colector para obtener las mejores condiciones de descarga en el vertido.

En un proyecto y de acuerdo con la topografía e hidrografía de la zona, se puede tener varios colectores, según sean los sitios de vertido mas adecuados a utilizar.

4.2.4.- LOCALIZACIÓN

Para los municipios de **MEXICALI y TECATE**

La ubicación de los subcolectores y colectores pluviales en las vialidades, será a 3.00 m al **Sur** o al **Oeste** del eje de la vialidad. En el caso de que por existir instalaciones de otros servicios o condiciones específicas, sea necesario ubicar los conductos pluviales en otra posición, la localización propuesta requiere autorización previa de la **Autoridad Correspondiente**. Ver ANEXO APL-5.

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA**

La ubicación de los subcolectores y colectores pluviales en las vialidades, será a 3.00 m al Sur o al Este del eje de la vialidad y en casos de donde no sea posible por cuestiones propias del Proyecto a consideración del proyectista se alojarán en una franja de 2.00 metros (a paños exteriores de la tubería) libre de cualquier otra instalación subterránea. En el caso de que por existir instalaciones de otros servicios o condiciones específicas, sea necesario ubicar los conductos pluviales en otra posición, la localización propuesta requiere autorización previa de la **Autoridad Correspondiente**. Ver ANEXO APL-5.

4.3.- ESTRUCTURAS DE CONEXIÓN Y MANTENIMIENTO

Son estructuras que permiten la inspección y limpieza de los conductos. Se utilizan para la unión de tuberías y en todos los cambios de diámetro, material, dirección y pendiente.

La conexión entre conductos subterráneos de sección circular se hará por medio de una estructura de inspección (pozos de visita) y en cajones mediante registros.

Las conexiones en tuberías, se podrán efectuar haciendo coincidir los ejes, las plantillas o las claves de los tramos de los diferentes diámetros. Ver ANEXO APL-6

4.3.1.- POZOS DE VISITA

Los materiales utilizados en la construcción de los pozos de visita, deben asegurar la hermeticidad de la estructura y de la conexión con la tubería.

El cambio de diámetro se debe hacer por medio de una transición dentro de un pozo de visita indicándose en cada caso, en el plano de proyecto, las elevaciones de sus plantillas, tanto de llegada como de salida. La disposición de las plantillas de las tuberías en los pozos de visita debe facilitar las operaciones de limpieza.

Los pozos de visita se clasifican de la siguiente forma:

- 1.- COMUNES Y ESPECIALES.
- 2.- CAJA.
- 3.- ESTRUCTURAS DE CAÍDA.

4.3.1.1- POZOS COMUNES Y ESPECIALES

Los pozos de visita tienen forma cilíndrica en la parte inferior y troncocónica en la parte superior, son suficientemente amplios para darle paso a una persona y permitir maniobrar en su interior. Un brocal y tapa de fierro fundido, cubre su boca. El piso de los pozos de visita, es una plataforma en la cual se localizan canales (medias cañas) que prolongan los conductos y encauzan sus caudales.

Atendiendo al diámetro interior de la tubería, los pozos de visita se clasifican en comunes y especiales.

- Pozos de visita comunes. Tienen un diámetro interior de 1.20 m y se utilizan para tubería hasta de 61 cm (24") de diámetro y altura menor o igual a 3.0 m, ver ANEXOS APL-7.1, APL-7.1 Ti, APL-7.5 y APL-7.6.
- Pozos de visita especiales. Tienen un diámetro interior de 1.50 m, para altura mayor de 3.0 m, y/o tuberías de 69 cm (27") a 107 cm (42") de diámetro y tendrán 2.0 m de diámetro interior para tuberías de 122 cm (48") y mayores, ver ANEXOS APL-7.2 y APL-7.2.1 Ti.

A Excepción de los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO Y TIJUANA**, Los pozos de visita pueden ser construidos en sitio o prefabricados (concreto, PVC, PAD o fibra de vidrio, normados para uso en alcantarillado pluvial), su elección dependerá de un análisis técnico-económico que garantice su durabilidad durante la vida útil de proyecto.

Los pozos prefabricados de materiales ligeros (PVC, PAD y fibra de vidrio) se deben revisar por flotación y asegurar además, las características mecánicas de rigidez, estabilidad y deformación para garantizar su correcto funcionamiento, su utilización requiere autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

Los pozos de visita comúnmente se construyen de ladrillo o concreto reforzado. Cuando se use ladrillo, el espesor mínimo será de 28 cm, junteado con cemento-arena en proporción 1:3.

Todos los pozos de visita construidos con ladrillo, se deben aplanar y pulir interiormente con mortero cemento-arena en proporción 1:2, de dos (2) centímetros de espesor, con impermeabilizante. Cuando se presente nivel freático, el aplanado y pulido también se deberá efectuar en el exterior para evitar la entrada de agua.

4.3.1.2- POZOS CAJA

Los pozos caja están formados por el conjunto de una estructura prismática de concreto reforzado y una chimenea de ladrillo similar a la de los pozos comunes. Su sección transversal horizontal tiene forma rectangular o de un polígono irregular. Sus muros así como el piso y el techo son de concreto reforzado, iniciando de éste último la chimenea que al nivel de la superficie del terreno, termina con un brocal y su tapa, ambos de fierro fundido.

Generalmente a los pozos cuya sección horizontal es rectangular, se les llama simplemente pozos caja (ANEXO APL-7.3); a los pozos de sección horizontal en forma de polígono irregular, se les llama pozos caja unión (ANEXO APL-7.4) y a los pozos caja a los que concurre una tubería de entrada y tiene sólo una salida con un ángulo diferente a 180°, se les llama pozos caja deflexión (ANEXO APL-7.8).

Los pozos caja son estructuras de concreto reforzado, que se utilizan en las uniones de dos o más conductos con diámetros de 76 cm (30") y mayores, a los que se unen tuberías de 38 cm (15") y mayores.

4.3.1.3- ESTRUCTURAS DE CAÍDA

Por razones de carácter topográfico, limitaciones de pendiente y velocidad, o por tenerse elevaciones obligadas para las plantillas de algunas tuberías, suele presentarse la necesidad de construir estructuras de concreto reforzado, que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel.

Las estructuras de caída que se utilizan son:

- Caídas libres. Se permiten caídas hasta de 0.50 m de diferencia de nivel entre la plantilla de la tubería superior y la clave de la tubería inferior, sin la necesidad de utilizar alguna estructura especial.
- Pozos con caída y deflector interior. Son pozos constituidos por una caja, con una pantalla que funciona como deflector del caudal que cae. Se construyen para tuberías de 30 cm (12") a 76 cm (30") de diámetro y para desnivel hasta de 1.50 m (ANEXO APL-7.7), para los municipios de **PLAYAS DE ROSARITO Y TIJUANA** el diámetro mínimo será de 45 cm (18").
- Estructuras de caída escalonada. Son pozos caja con caída escalonada con desnivel de 0.50 m hasta llegar a 2.50 m como máximo, que están provistos de una chimenea a la entrada de la tubería con mayor elevación de la plantilla y otra a la salida de la tubería con la menor elevación de plantilla. Se emplean en tuberías con diámetros de 91 cm (36") a 244 cm (96") (Ver ANEXO APL-7.9).

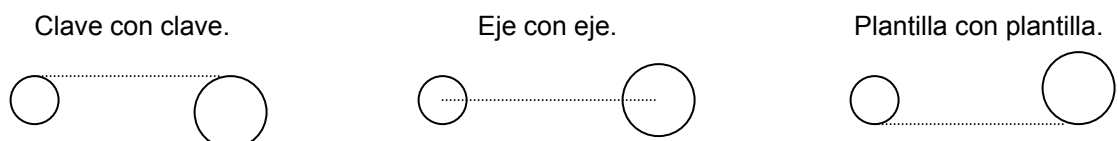
4.3.1.4- CAMBIOS DE DIRECCIÓN EN POZOS

Para los cambios de dirección, las deflexiones necesarias en los diferentes tramos de tuberías se efectúan como se indica a continuación:

- Si el diámetro es menor o igual a 61 cm (24") los cambios de dirección hasta de 90° de la tubería, pueden hacerse en un solo pozo común.
- Si el diámetro es mayor de 61 cm (24") puede emplearse un pozo especial o un pozo caja para cambiar la dirección de tubería hasta en 45°; si se requiere dar deflexiones mayores, se puede emplear tantos pozos como ángulos de 45° o fracción sean necesarios.

4.3.1.5- CONEXIONES

Desde el punto de vista hidráulico, se recomienda que las conexiones se igualen a los niveles de las claves de los conductos por unir, las conexiones a ejes y plantillas se recomiendan únicamente cuando sea indispensable y con las limitaciones, que para los diámetros más usuales se indican en la tabla del ANEXO APL-6 de acuerdo con la siguiente figura:



4.3.1.6- SEPARACIÓN MÁXIMA ENTRE POZOS

La separación máxima entre pozos de visita, debe ser la adecuada para facilitar las operaciones de inspección y limpieza. Por seguridad del personal de operación se recomienda:

Para el municipio de **MEXICALI**

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	LONGITUD
20 cm (8") $\leq \varnothing \leq$ 61 cm (24")	100 m
69 cm (27") $\leq \varnothing \leq$ 122 cm (48")	125 m
152 cm (60") $\leq \varnothing \leq$ 244 cm (96")	150 m
Para diámetros mayores deberá ser autorizada por la Autoridad Correspondiente.	

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA**

La separación máxima entre pozos de visita, debe ser la adecuada para facilitar las operaciones de inspección y limpieza. Por seguridad del personal de operación, por lo que no deberá de exceder de 100.00 metros entre estructuras.

4.3.2.- REGISTRO DE VISITA

Cuando el conducto empleado sea de sección diferente a la circular se emplearán registros de visita cuyo proyecto se realizará para cada caso específico. Por seguridad del personal de operación se recomiendan separación máxima de 100 m entre registros.

4.4.- ESTRUCTURA DE DESCARGA

Son estructuras que aseguran una descarga continua y segura de la red pluvial en el cuerpo receptor. De acuerdo con las condiciones topográficas de la zona servida y del cuerpo receptor, se localizará el sitio o sitios de vertido.

El vertido de las aguas pluviales se hará de preferencia a corrientes superficiales como ríos, arroyos, drenes o a depósitos naturales como son los lagos, lagunas o al mar, a un nivel que permita evitar los azolves en el sitio de vertido y el remanso cuando se presente nivel máximo en el cuerpo receptor. La construcción de la estructura de descarga se hará preferentemente en un tramo recto del cuerpo receptor, debiendo tomar en cuenta las características de socavación de la corriente en la sección de vertido.

Las características estructurales y funcionales de la estructura de descarga, dependerán de las condiciones topográficas de la zona, las características del colector (Conducto cerrado o abierto), del sitio elegido para vertido, del gasto máximo, etc. (Ver ANEXOS APL-8, APL-8.1 Ti, APL-8.2 Ti, APL-8.3 Ti, APL-8.4 Ti).

4.5.- ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS

Son estructuras que en casos específicos forman parte de una red pluvial, para resolver un problema determinado, tales como: estaciones de bombeo, estructuras de cruce, alcantarillas, estructuras para control de azolves, etc.

4.5.1.- ESTACIÓN DE BOMBEO

Una estación de bombeo se compone de un cárcamo de bombeo o tanque donde las aguas son descargadas por la red de alcantarillado y a su vez son extraídas por el equipo de bombeo, cuya función es elevar el agua hasta cierto punto para vencer desniveles y continuar la conducción hasta el vertido final.

4.5.1.1.- CÁRCAMO DE BOMBEO

El cárcamo o tanque se dimensionará en función de los siguientes parámetros: Gasto de diseño, Características del sistema, Nivel mínimo de sumergencia, Volumen de control, Nivel máximo del agua y características de la succión.

4.5.1.1.1- GASTO DE DISEÑO

El gasto de diseño, será el obtenido de acuerdo con lo establecido en el capítulo 2.1.- GASTO PLUVIAL.

4.5.1.1.2- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

Es necesario determinar cuantos equipos son requeridos en el sistema de bombeo y la forma de operar. En todos los casos deberá considerarse un equipo de reserva.

El sistema **1+1** se utiliza, cuando, conforme al análisis de la curva de la bomba, sea posible operar un solo equipo en el rango de 60 al 100% de la máxima eficiencia, para obtener el gasto mínimo a carga máxima y el gasto máximo a carga mínima. En cualquier otro caso, será necesario un sistema **N + 1** bombas, con **N > 1**.

4.5.1.1.3- NIVEL MÍNIMO DE SUMERGENCIA

El nivel mínimo de operación del cárcamo de bombeo será el resultante del cálculo del nivel mínimo de sumergencia requerido para evitar la generación del vórtice, con el gasto máximo y con todos los equipos funcionando:

$$S = D + 0.936 \left(\frac{Q}{D^{1.5}} \right)$$

Donde:

S = Sumergencia en m.

D = Diámetro de la campana en m.

Q = Gasto en m³/s.

4.5.1.1.4.- CARGA NETA POSITIVA DE SUCCIÓN

La revisión de la Carga Neta Positiva de Succión Disponible ($NPSH_d$ siglas en Inglés) se hará con los diferentes gastos y se tomará el más crítico, el cual deberá cumplir un factor de seguridad de 1.2, con respecto a la Carga Neta Positiva de Succión Requerida por el fabricante de los equipos seleccionados ($NPSH_r$), ó 0.60 m como mínimo.

$$\frac{NPSH_d}{NPSH_r} \geq 1.2, \text{ o bien } NPSH_d - NPSH_r \geq 0.60 \text{ m}$$

La Carga Neta Positiva de Succión Disponible ($NPSH_d$), es igual a la carga de presión absoluta en la succión de la bomba, más la altura de la velocidad en ese punto, menos la carga de presión absoluta de vapor a la temperatura de trabajo.

Para el cálculo de la Carga Neta Positiva de Succión ($NPSH_d$) para el sistema, se aplicarán las siguientes formulas:

Cuando el líquido está sobre la cota del centro del impulsor

$$NPSH_d = P_b + h_s - h_{fs} - P_v$$

Cuando el líquido está bajo la cota del centro del impulsor

$$NPSH_d = P_b - h_s - h_{fs} - P_v$$

Donde:

P_b = Carga de presión barométrica del lugar, en m.

h_s = Carga estática de succión, en m.

h_{fs} = Pérdidas de carga por fricción en la succión, en m.

P_v = Presión de vapor del agua, en m.

El fabricante del equipo de bombeo deberá proporcionar los requerimientos de las bombas suministradas para que no se presente el problema de cavitación, mediante el concepto de Carga Neta Positiva de Succión Requerida ($NPSH_r$), en función del gasto.

TABLA 33.- PRESIÓN DE VAPOR DEL AGUA

TEMPERATURA DEL AGUA		PRESIÓN DE VAPOR DEL AGUA		
° C	° F	Metros columna agua	Pies columna agua	Libras/pulgada ² PSI
15.66	60	0.18	0.59	0.26
21.11	70	0.27	0.89	0.36
26.67	80	0.37	1.20	0.51
29.44	85	0.43	1.40	0.60
32.22	90	0.49	1.60	0.70
37.78	100	0.67	2.20	0.95
43.33	110	0.91	3.00	1.27
48.89	120	1.119	3.90	1.69
54.44	130	1.52	5.00	2.22
60.00	140	2.07	6.80	2.89
65.56	150	2.68	8.80	3.72
66.11	151	2.74	9.00	3.81
66.67	152	2.80	9.20	3.90
67.22	153	2.87	9.40	4.00

DATOS TOMADOS DE "HYDRAULIC HANDBOOK (TABLE 23, PROPERTIES OF WATER)"

TABLA 34.- CONDICIONES ATMOSFÉRICAS APROXIMADAS SEGÚN LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR

ALTURA S.N.M. EN PIES	ALTURA S.N.M. EN METROS	PRESIÓN BAROMÉTRICA EN PULGADAS DE MERCURIO	PRESIÓN BAROMÉTRICA EN mm DE MERCURIO	ALTURA EQUIVALENTE EN PIES DE AGUA	ALTURA EQUIVALENTE EN METROS DE AGUA	PRESIÓN VAPOR, METROS / PIES
0	0	29.92	756	33.96	10.351	0.089/0.0292
1000	304.8	28.86	733	32.76	9.985	0.174/0.0571
2000	609.6	27.82	707	31.58	9.626	0.324/1.062
3000	914.4	26.81	681	30.43	9.275	0.577/1.892
4000	1219.2	25.84	656	29.33	8.940	0.977/3.206
5000	1524.0	24.89	632	28.25	8.611	-/-
6000	1828.8	23.98	609	27.22	8.297	-/-
7000	2133.6	23.09	586	26.21	7.989	-/-
8000	2438.4	22.22	564	25.22	7.687	-/-

4.5.1.1.5- VOLUMEN DE CONTROL

El volumen de Control de un equipo, deberá determinarse utilizando la fórmula siguiente (referencia Manual de normas de la CONAGUA Diseño de instalaciones mecánicas y selección de equipo mecánico libro V, 4.1, tomo I capítulo 8 Diseño de Cárcamo de Bombeo 1994):

$$V_c = \frac{QT_c}{4000}$$

Donde:

V_c = volumen de control requerido por el equipo, en m^3 .

Q = gasto bombeado por el equipo, en l/min.

T_c = Tiempo que debe transcurrir entre arranques sucesivos del equipo, en minutos.

El tiempo entre arranques sucesivos, se podrá determinar en función a los valores mostrados en la TABLA 35, de lo contrario se utilizará el criterio del fabricante del motor a instalar.

Cuando el sistema está constituido por $N + 1$ equipos, esto es N bombas trabajan y 1 de reserva con $N > 1$, el volumen de control de los equipos que entran en operación deberá determinarse conforme al método que a continuación se describe. Este método se aplica exclusivamente en sistemas de bombeo donde los equipos se ponen en operación en determinada secuencia y se sacan de operación (los N equipos) hasta el momento en que se abate el volumen de control total y se describe a continuación.

1).- El volumen de control (V_c) para N equipos se calcula con la formula siguiente:

$$V_{C(N \text{ equipos})} = F_t * F_g * F_v$$

Donde:

$V_{C(N \text{ equipos})}$ = en m^3 .

$F_t * F_g * F_v$, son Factores de tiempo, gasto y volumen respectivamente.

1).- los factores F_t , F_g y F_v ., Se determinan con las fórmulas:

$$F_t = \frac{T_c}{600}$$

Donde:

T_c = Tiempo que dura el ciclo entre arranques, en segundos.

$$F_g = \frac{Q}{1000}$$

Donde:

Q = Gasto del equipo, en l/s, operando en secuencia.

$$F_v = 20.3 + 129.7 \left(\frac{1}{N^{1.73}} \right)$$

Donde:

N = Número de equipos en operación.

2).- Finalmente el volumen del cárcamo total ($V_{c\ total}$) se determina con la siguiente expresión:

$$V_{c\ total} = V_{c\ (1\ equipo)} + V_{c\ (2\ equipos)} + \dots + V_{c\ (N\ equipos)}$$

En estas formulas los factores de tiempo F_t , y de gasto F_g para 1 equipo, 2 equipos,..., (N-1) equipos son iguales, el que cambia es el factor de volumen F_v .

TABLA 35.- TIEMPO DE ARRANQUE DE MOTORES

Potencia HP	2 Polos (3600 RPM)			4 Polos (1800 RPM)			6 Polos (1200 RPM)		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	15	1.2	75	30	5.8	38	34.0	15	33
1.5	12.9	1.8	76	25.7	8.6	38	29.1	23	34
2	11.5	2.4	77	23.0	11	39	26.1	30	35
3	9.9	3.5	80	19.8	17	40	22.4	44	36
5	8.1	5.7	83	16.3	27	42	18.4	71	37
7.5	7.0	8.3	88	13.9	39	44	15.8	104	39
10	6.2	11	92	12.5	51	46	14.2	137	41
15	5.4	16	100	10.7	75	50	12.1	200	44
20	4.8	21	110	9.6	99	55	10.9	262	48
25	4.4	26	115	8.8	122	58	10.0	324	51
30	4.1	31	120	8.2	144	60	9.3	384	53
40	3.7	40	130	7.4	189	65	8.4	503	57
50	3.4	49	145	6.8	232	72	7.7	620	64
60	3.2	58	170	6.3	275	85	7.2	735	75
75	2.9	71	180	5.8	338	90	6.6	904	79
100	2.6	92	220	5.2	441	110	5.9	1181	97
125	2.4	113	275	4.8	542	140	5.4	1452	120
150	2.2	133	320	4.5	640	160	5.1	1719	140
200	2.0	172	600	4.0	831	300	4.5	2238	265
250	1.8	200	1000	3.7	1017	500	4.2	2744	440

Datos tomados de catálogo de motores U.S. Motors

A = Número máximo de arranques por hora

B = Inercia del motor WK^2 en lb-pie²

C = Tiempo mínimo de reposo entre paro y arranque en segundos

Arranque por hora $\leq A \leq B / (Carga WK^2)$

WK^2 es inercia de la carga (bomba) acoplada al motor

Nota: los datos pueden variar dependiendo del tipo y características del equipo, así como el fabricante.

4.5.1.1.6- ZONA DE SUCCIÓN

La **zona de succión** de los Equipos de Bombeo, cuando el nivel mínimo del agua está por debajo de la cota del impulsor, se diseñará en base a los siguientes parámetros:

Nivel máximo del agua en el cárcamo $N_{m\acute{a}x}$, es el nivel máximo determinado por los dispositivos de control del sistema.

Nivel mínimo del agua en el cárcamo $N_{m\acute{i}n}$, es el nivel mínimo del agua determinado por la diferencia entre el nivel máximo de agua en el cárcamo y el nivel máximo de sumergencia requerido (Ver sección 4.5.1.1.3) por los equipos de bombeo para gasto máximo.

Nivel de la parte baja de la campana de succión. Es la diferencia entre el $N_{m\acute{i}n}$ y el nivel mínimo de sumergencia requerido (Ver sección 4.5.1.1.3).

Las características de la campana de succión serán las establecidas por la norma ANSI / AWWA A21.10 / C110. El diámetro de la tubería de succión **d** y el diámetro de la campana **D**, deben calcularse para los siguientes casos:

- 1).- Para gastos menores de 320 l/s (< 5,000 gpm), la velocidad recomendada para el cálculo de los diámetros **d** y **D** es: $0.6 \text{ m/s} \leq V \leq 2.7 \text{ m/s}$, (2 pies/s $\leq V \leq$ 9 pies/s).
- 2).- Para gasto igual o mayor a 230 l/s ($\geq 5,000$ gpm), pero menores a 1,200 l/s (< 20,000 gpm) la velocidad es de 0.9 m/s a 2.4 m/s (3 pies/s a 8 pies/s).
- 3).- Para gastos mayores de 1,260 l/s ($\geq 20,000$ gpm), la velocidad esta en el rango de 1.2 m/s a 3.7 m/s (4 a 7 pies/s).

La distancia mínima de la parte exterior de la campana de succión a los muros del cárcamo **C_w**, se determinará con la fórmula:

$$0.10 m \leq 0.025 D \leq C_w$$

La distancia del centro de la columna de succión (si no existe campana) a los muros del cárcamo **C_p**, se determina con la fórmula:

$$0.75 D \leq C_p$$

La distancia de la parte baja de la columna de succión a la losa inferior del cárcamo **C**, se determinará con la fórmula:

$$0.30 D \leq C \leq 0.50 D$$

En los tres casos “**D**” corresponde al diámetro de la campana.

4.5.1.2.- EQUIPO DE BOMBEO

Los equipos que se utilizarán en las estaciones de bombeo deben ser apropiados para proporcionar el gasto de diseño contra la carga dinámica total del sistema.

Los equipos, se seleccionarán en base a un análisis comparativo de los diferentes tipos de equipos disponibles en el mercado, considerando las cuatro opciones principales: Bombas Verticales, Bombas Centrífugas Horizontales, Bombas de caja partida y Bombas Centrífugas para Cárcamo Seco.

El sistema debe contar con dispositivos de control de paro y arranque de los equipos de bombeo, con sensores para el control de niveles, además de válvulas aliviadoras de presión, anticipadoras de golpe de ariete para la protección de los mismos y de la tubería de conducción, si el sistema lo requiere.

La memoria técnica deberá incluir la curva del sistema bomba-línea de impulsión, describiendo además el funcionamiento del mismo en sus distintas etapas y presentar análisis de golpe de ariete, así como manual de operación y mantenimiento.

4.5.1.2.1- CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS

El equipo de bombeo, deberá seleccionarse para que opere entre el 60% y 100% del punto de mayor eficiencia de la bomba. Los sistemas deberán diseñarse para operar, preferentemente con carga de succión positiva.

Para calcular la potencia de la bomba:

$$\text{Pot} = \frac{QH}{76 * \eta}$$

Donde:

- Pot = Potencia requerida en HP.
- Q = Gasto en l/s.
- H = Carga en m.
- 76 = Factor de conversión.
- η = La eficiencia de la bomba.

En el sistema métrico se tiene que Potencia es:

$$\text{Pot} = \frac{9.8QH}{\eta}$$

Donde:

- Pot = Potencia requerida en Kw.
- Q = Gasto en m³/s.
- H = Carga en m.
- 9.8 = Factor de conversión al sistema métrico.
- η = La eficiencia de la bomba

La relación entre Kw y HP es:

$$\text{Kw} = 0.7457 \text{ HP.}$$

El equipo de bombeo, se seleccionará en base a un análisis comparativo de los diferentes tipos de equipos disponibles en el mercado, que cumplan con la condición de contar con impulsor para paso de sólidos esféricos de 7.5 cm (3") de diámetro.

La velocidad máxima recomendable en cualquier punto de la tubería de succión es 2.4 m/s (8 pies/s). La velocidad máxima recomendable para la entrada a la campana de succión es de 1.8 m/s (6 pies/s).

Las velocidades en la tubería de descarga están limitadas al estudio del diámetro óptimo (técnico-económico).

4.5.1.2.2- CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES

El motor de la bomba se seleccionará para que los requerimientos de Potencia al Freno de la Bomba **BHP**, desde el punto de cero caudal hasta el punto de descarga libre, no excedan la potencia nominal **HP** del motor. Los motores que operen dentro del factor de servicio no serán aceptados.

Los motores que se vayan a utilizar, tendrán de preferencia las siguientes características:

- Trifásico, de inducción, con rotor tipo jaula de ardilla.
- Carcasa sellada enfriada por ventilador tipo **TEFC**.
- Aislamiento Clase **F**.
- Factor de servicio **F_s** de 1.15
- Diseño **NEMA B** con factor de deslizamiento menor a 3%.
- Código **NEMA F**. De alta eficiencia o eficiencia Premium.
- Voltaje de operación 230/460 V, AC, 3 fases, 60 Hz, el voltaje entre fases no debe presentar desbalances mayores al 5%.

4.5.1.2.3.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS

4.5.1.2.3.1.- NORMATIVIDAD

Las instalaciones eléctricas, se sujetarán a las normas oficiales mexicanas vigentes. La memoria técnica de cálculo de las instalaciones eléctricas deberá cumplir con todas las bases de diseño proporcionadas por la Comisión Federal de Electricidad.

4.5.1.2.3.2.- TABLEROS ELÉCTRICOS

Los gabinetes de los tableros eléctricos serán fabricados de lámina de acero de calibre 12 o mayor, ensamblados, cableados y verificados en fábrica. Los gabinetes deberán cumplir con la norma NEMA - 1 para servicio interior, NEMA -12 cuando sea necesario evitar el polvo, NEMA-3R para servicio a prueba de lluvia y NEMA 4X cuando se instale en ambientes corrosivos. La pintura exterior de los gabinetes será color gris ANSI 49.

4.5.1.2.3.3.- TENSIÓN ELÉCTRICA

La tensión de diseño de los gabinetes será de 600 voltios, todas las partes energizadas presentarán un frente muerto para el operador.

Dependiendo de las características de los equipos instalados, las tensiones de operación serán 230 voltios o bien 460 voltios.

4.5.1.2.3.4.- CONTROLADORES

La capacidad nominal del controlador del motor (en KW o HP) no debe ser menor a la capacidad del motor.

Los arrancadores de los motores podrán tener las siguientes características.

En motores hasta de 15 HP:	Arrancador a tensión plena
En motores de 20 HP en adelante	Arrancador a tensión reducida.

4.5.1.3.- EQUIPO DE EMERGENCIA

Con el objeto de asegurar un servicio continuo en caso de suspensión en el suministro de energía eléctrica, el sistema deberá incluir un equipo de combustión interna acoplado al equipo de bombeo, o generador eléctrico, para los sistemas en que se requiera asegurar el servicio de alejamiento de aguas pluviales.

4.5.1.4- OBRA CIVIL

Tanto los equipos de bombeo y el sistema de control eléctrico deberán estar alojados en un cuarto de protección, a base de muros de bloque con estructura de concreto reforzado, conteniendo en su interior grúa para el montaje y desmontaje del equipo, con polipastos y viga-puente viajero, cuya opción de operación y manejo pudiera ser manual o automatizado dependiendo del tamaño y peso de los motores y bombas.

Se deberán colocar rejillas y desarenador en una estructura adecuada, que permita su limpieza, aguas arriba del cárcamo, para detener los objetos flotantes y azolves que puedan obstruir la tubería de succión.

Para lograr un nivel de seguridad adecuado deberán construirle al predio una barda perimetral de muro de bloque, debidamente diseñado, con una altura mínima de 3.40 m, Esta barda podrá ser parte de los límites de la estructura de protección de los equipos de bombeo. El resto de las estructuras hidráulicas deberán tener una separación mínima de 5.00 m al muro colindante. Así también dependiendo del tamaño del predio en general,

éste deberá contar con un cerco perimetral de acuerdo a lo indicado por la **Autoridad Correspondiente**.

Una vez definido el equipo y la geometría del cárcamo, de la casa de bombas, de las obras de protección y de otras instalaciones que formarán parte del sistema de bombeo, se procederá al diseño estructural, a nivel ejecutivo, con memoria y planos específicos de construcción.

Se deberán realizar los convenios de afectaciones ocasionadas por la localización de las líneas y estaciones de bombeos. Indicando en plano la geometría con dimensiones, que se requieran para alojar las instalaciones, documentándose el terreno a nombre de la **Autoridad Correspondiente**, responsable del mantenimiento de la infraestructura.

4.5.1.5.- LÍNEA DE IMPULSIÓN

4.5.1.5.1- DISEÑO HIDRÁULICO

El cálculo hidráulico en líneas de conducción a presión, se basará en las fórmulas de Hazen – Williams o Manning, debiéndose calcular las pérdidas por fricción y locales por piezas especiales.

HAZEN – WILLIAMS	MANNING
$V = 0.355 C D^{0.63} S^{0.54}$	$V = \frac{(R_h)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n}$
$Q = \frac{0.2788 C (h_f)^{0.54} D^{2.63}}{L^{0.54}}$	$Q = VA$
$h_f = 10.66974 L \left(\frac{Q}{C} \right)^{1.85185} D^{-4.87037}$	$h_f = K L Q^2$
--	$K = \frac{10.293 n^2}{\frac{16}{D^3}}$

Donde:

- Q = Gasto o flujo en m³/s.
- C = Coeficiente de rugosidad de la tubería según Hazen - Williams, adimensional.
- D = Diámetro interior del tubo en metros.
- H_f = Pérdida de carga por fricción en metros.
- L = Longitud del conducto en metros.
- V = Velocidad media en m/s.
- S = Pendiente Hidráulica, adimensional.
- K = Constante, adimensional.
- A = Área hidráulica transversal del tubo en m².
- n = Rugosidad del conducto, coeficiente de Manning, adimensional.
- R_h = Radio hidráulico, en metros.

Los valores de los coeficientes de rugosidad **C** y **n**, para distintos tipos de materiales en tuberías; se enlistan en la TABLA 36, El valor del coeficiente de rugosidad, depende del material y estado de las paredes, grado de uso o de desgaste, etc.

TABLA 36.- COEFICIENTE DE RUGOSIDAD C DE HAZEN – WILLIAMS y n DE MANNING

Material	COEFICIENTE C		Coeficiente n
	Proyectos y obras nuevas, hasta 10 años	Con antigüedad, más de 10 años	
Asbesto-cemento	135	125	0.011
Concreto	130	120	0.014
Hierro fundido y/o acero, con Recubrimiento interior de material epóxido	125	115	0.014
Hierro dúctil, con recubrimiento interior de mortero	135	125	0.013
PVC	150	140	0.010
PAD	150	140	0.010

En el perfil de conducción, se hará el trazo de la línea piezométrica, que corresponde a los diámetros que satisfagan la condición de que la carga disponible sea mayor o igual a la pérdida de carga por fricción. Además se revisarán las clases de tubería con respecto a la línea estática y en sistemas de bombeo con la línea de sobrepresión producida por el golpe de ariete.

Para instalación de tuberías localizadas en caminos y cauces de arroyos ver ANEXO APL-9, deberá proponerse protecciones, para prevenir flotación y falla por socavación.

En la línea de conducción deberán diseñarse atraques en los cambios de dirección vertical y horizontal, de acuerdo con la deflexión, la presión del agua en la tubería y la capacidad de carga del terreno.

Cuando la topografía es accidentada, en la línea de impulsión se localizarán válvulas de admisión y expulsión de aire (VAYEA), en los sitios donde se presenten cambios de pendiente, en las partes altas. En topografía plana, se localizarán en puntos situados a cada 500 m como máximo; su diámetro será determinado en función del gasto de conducción y la presión o con nomogramas que para tal fin tienen los fabricantes.

En todos los sitios donde se proponga la instalación de VAYEA, se deberá contar con una presión dinámica mínima de 0.35 kg/cm².

En los puntos bajos de la línea, se proyectarán desfuegos para mantenimiento y limpieza.

Las válvulas de seccionamiento serán compuerta con asiento resilente conforme a los estándares AWWA C 515 ó C 509 para diámetros de 75 mm (3") a 300 mm (12"), para una presión de trabajo de 14.07kg/cm² (200 psi) como mínimo y para válvulas de 350 mm (14") conforme al estándar AWWA C515. Para diámetros de 400 mm (16") a 1200 mm (48") de diámetro serán de acuerdo a los estándares AWWA C 515, para una presión de trabajo de 17.60 kg/cm² (250 psi). Los extremos bridados o de junta mecánica serán conforme al estándar de referencia de la válvula.

Es deseable, que todas las tuberías queden alojadas en zanja, para obtener la máxima protección, con profundidad máxima de 3.00 m, sin embargo, las tuberías de acero podrán instalarse superficialmente, garantizando su protección al intemperismo y seguridad.

En caso de tener tramos obligados de tubería de acero expuesta a la intemperie, deberán preverse juntas de expansión.

TABLA 37.- TIPO Y ESPECIFICACIÓN DE LAS TUBERÍAS A PRESIÓN

MATERIAL	ESPECIFICACIÓN
PVC	AWWA C 900 , de 10 cm ø (4") a 30 cm ø (12").
PVC	AWWA C 905 , de 35 cm ø (14") o Mayor.
PAD	ASTM F 894, ASTM D 1248, ASTM D-2657, ASTM D 3350 NMX-E-018-1996-SCFI, Y AWWA C-906 de 10 cm ø (4") a 160 cm ø (63").
ACERO	ASTM A 53 B y NOM-B-177 , Espesor mínimo 6.35 mm (1/4"), recubrimiento interior con mortero cemento-arena AWWA C 205 .
ACERO	AWWA C200-80 , con recubrimiento interior y exterior de mortero de cemento-arena, con lanzamiento centrífugo y acero de refuerzo en el perímetro exterior del tubo.
HIERRO DÚCTIL	ANSI A21.51/AWWA C151 recubrimiento interior con asfalto y con ANSI A21.4 / AWWA C104 para recubrimiento interior con mortero cemento-arena, en suelos corrosivos instalar con manga de polietileno ANSI A21.5 / AWWA, C105 .
FIERRO FUNDIDO	ASTM A 74
CONCRETO	AWWA C 301-84 con cilindro interior de acero.

4.5.1.5.2- DIÁMETRO ECONÓMICO

En toda línea de conducción a presión, se hará el estudio del diámetro económico, determinando el costo total de amortización anual de la obra, más la operación anual para varias alternativas de diámetro, cuyo valor menor será el que fije el diámetro económico. Los cálculos se deben realizar tomando en cuenta la sobrepresión producida por los fenómenos transitorios por paros en el bombeo, imprevistos o programados. Ver ANEXO APL-10.

4.5.1.5.3- PROTECCIÓN ANTICORROSIVA PARA TUBERÍAS DE ACERO

Toda tubería de acero y piezas especiales, ya sea instalada superficial o subterránea, deberá ser protegida anticorrosivamente, según las siguientes especificaciones:

1).- LIMPIEZA

Limpieza con chorro de arena a metal blanco a fin de quitar todo el óxido, salpicadura de metal, grasa, etc.

2).- RECUBRIMIENTO

a.- TUBERÍA EN ZANJA

a1.- Recubrimiento exterior

Alquitrán de hulla con espesor total de 350 micras (14/1000 de pulgada), en varias capas, tiempo entre capas mínimo de 6 horas, máximo de 24 horas.

a2.- Recubrimiento interior

Dos capas de primario epóxico modificado, con espesor de película seca 1/1000 de pulgada por capa.

Dos capas de acabado epóxico de altos sólidos, color blanco, con espesor de película seca de 3/1000 de pulgada por capa.

b.- TUBERÍA EXPUESTA A LA INTEMPERIE

b1.- Recubrimiento exterior

Una capa de primario inorgánico de zinc autocurante, con espesor de película seca de 2/1000 de pulgada a 3/1000 de pulgada.

Dos capas de acabado epóxico de altos sólidos a base de resinas epóxicas, plastificante, en color azul, con espesor de película seca de 2/1000 de pulgada a 3/1000 de pulgada por capa.

b2.- Recubrimiento interior

Dos capas de primario epóxico modificado, con espesor de película seca, por capa de 1/1000 de pulgada.

Dos capas de acabado epóxico de altos sólidos, con espesor de película seca por capa de 3/1000 de pulgada, color blanco.

Todos los recubrimientos deberán cumplir con pruebas en laboratorio, de adherencia y espesor de película seca.

4.5.2.- ESTRUCTURA DE CRUCE

Una estructura de cruce permite el paso de la tubería por debajo o sobre obstáculos, que de otra forma impedirían la construcción de la red de alcantarillado. Entre estas se tienen:

4.5.2.1.- CRUCE ELEVADO

Cuando un trazo tiene que cruzar una depresión profunda de poca anchura, se utilizan estructuras ligeras como son puentes de acero, concreto o madera, los cuales soportan la tubería que conduce al pluvial.

El paso de este conducto por un puente vial o ferroviario existente, debe ser de acero y estar suspendido del piso del puente por medio de soportes que eviten la transmisión de vibraciones a la tubería, la que debe colocarse en sitio que permita su fácil inspección o reparación. A la entrada y a la salida del puente, se deben construir cajas de inspección o pozos de visita, sin olvidar que entre esa estructura y el conducto, debe existir cierta flexibilidad. La tubería de acero se debe proteger interior y exteriormente contra la corrosión.

4.5.2.2.- ALCANTARILLA PLUVIAL

Este tipo de estructuras de cruce son regularmente empleadas en carreteras, caminos e incluso en ciertas calles en localidades donde se ha respetado el paso de las corrientes naturales. Son tramos de tubería o conductos que se incorporan en el cuerpo del terraplén de un camino para facilitar el paso de las aguas de las corrientes naturales, o de aquellas conducidas por canales o cunetas, a través del terraplén. Cuando las dimensiones de los conductos son excesivas, es más conveniente el diseño de un puente en la vialidad.

4.5.3- CONTROL DE AZOLVES

Las obras de retención de azolves deberán ubicarse preferiblemente en los cambios de mayor a menor pendiente y en el caso de conductos cerrados, estos deberán dotarse de registros para limpieza con acceso total y con protección contra la intrusión de azolves.

Como medidas complementarias para los desarrollos dentro de la cuenca, se recomienda la construcción de estructuras retenedoras de azolve, la construcción de taludes estables y la protección de cortes con vegetación, mampostería, de acuerdo con estudios de geotecnia que proporcionen las recomendaciones precisas en cuanto a talud, altura de corte o terraplén, localización de banquetas, etc.

En las banquetas de taludes se recomienda la construcción de contracunetas pluviales que impidan el escurrimiento por encima del terraplén, con lavaderos para descarga a los arroyos o drenes pluviales.

Las obras de retención de azolves requerirán de un mantenimiento continuo, para lo cual deberán contar con acceso al equipo de limpieza y fijarse los sitios de tiradero de azolve, de tal manera que estos no vuelvan a inferir sobre las cuencas pluviales.

4.5.3.1.- TANQUES DESARENADORES

Una vez identificadas las zonas vulnerables a los efectos producidos por los escurrimientos y a volúmenes importantes de arrastres, deberá considerarse en el proyecto geométrico de cada tanque la disponibilidad de espacio para su construcción, así como en las recomendaciones de estudios de geotecnia y mecánica de suelos para el desplante de la estructura, previo levantamiento de detalle del sitio elegido. Los volúmenes máximos estimados de azolve que pueden generarse aguas arriba de cada sitio propuesto son calculados conforme a la ecuación universal de pérdida de suelo, descrita en capítulo 4 de este documento, mismo que se describe brevemente a continuación:

Para estimar el volumen de azolve y derivada de los criterios de Musgrave, Weischmeir y Smith, siendo estos dos últimos que en 1985 presentaron la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo de la manera siguiente:

$$W = R K L S C P F$$

Donde:

W = Pérdida de suelo en unidad de peso por unidad de área (ton/km²).

R = Factor de lluvia.

K = Factor de erosionabilidad del suelo.

L = Factor de longitud.

S = Factor de pendiente.

C = Factor de cultivo.

P = Factor de práctica de control de la erosión.

F = Factor de conversión de unidades.

a.- Factor de lluvia R

Representa la pérdida de suelo en el tiempo de lluvia considerado. Se obtiene en función de la precipitación máxima **P** en un tiempo determinado en que se requiere evaluar la erosión, al que se asocia el arrastre. Puede calcularse con la lluvia mensual, con el máximo registro de lluvia para un mes, transformando este factor mensual a una lluvia media de tres días, o bien considerando los datos de tres días de la lluvia máxima registrada según datos disponibles.

Según estudios del Instituto de Ingeniería de la **UNAM**

$$R = 0.005 P^{2.203}$$

b.- Factor de erosionabilidad del suelo K

Representa la medida de la facilidad con que el suelo puede ser erosionado, en función de sus características físicas y químicas, depende de la granulometría, cohesión, compactación natural y permeabilidad. Corresponde al promedio ponderado de los coeficientes de erosionabilidad particulares de cada material conformante del suelo (grava, arena, limo y arcilla), coeficientes obtenidos de las TABLAS 38 y 39.

$$K = \frac{\sum_{i=1}^4 (K_i P_i)}{1000}$$

Donde:

- i = Tipo de material que compone el suelo.
- K_i = Valor de **K** para el material i, obtenido de TABLAS 38 y 39.
- P_i = Porcentaje de cada material i que tiene el suelo **K**.

Cuando en una zona se tienen diferentes tipos de suelo, se utiliza un valor de **K** ponderado de acuerdo con el área que ocupe en la zona cada tipo de suelo.

TABLA 38.- FACTOR DE EROSIONABILIDAD K DE ACUERDO A TEXTURA DEL SUELO

TEXTURA DE LA SUPERFICIE DEL SUELO	PERMEABILIDAD			
	Muy lenta	Lenta	Moderada	Rápida Muy rápida
Arcillosa, Arcillo – Limosa, Arcillo – Arenosa	0.37	0.32	0.28	0.24
Limo –Arcillosa, Limo-Arcillo-Arenosa	0.43	0.37	0.32	0.28
Limo, Limo y arena muy fina	0.49	0.43	0.37	0.32
Limo y arena fina, Limo arenosa	0.49	0.32	0.24	0.20
Arena, Areno-Limo-Arcillosa, Arena Limosa	0.28	0.24	0.20	0.17 a 0.15

TABLA 39.- FACTOR DE EROSIONABILIDAD K DE ACUERDO A TIPO DE SUELO

	S U E L O	K
1.-	Aluvión limoso de DUNKIRK	0.69
2.-	Aluvión limoso de KEENE	0.48
3.-	Limo de SHELBY	0.41
4.-	Limo de LODI	0.39
5.-	Aluvión limoso de FÁLLETE	0.38
6.-	Arena arcillosa	0.36
7.-	Aluvión limoso de MARSHALL	0.33
8.-	Aluvión limoso de IDA	0.33
9.-	Arcilla limosa de MANCIC	0.32
10.-	Aluvión arcilloso limoso de HAGARSTOWN	0.31
11.-	Arcilla limosa de MANSIC	0.29
12.-	Aluvión limoso de MÉXICO	0.28
13.-	Aluvión limoso de HONEOYE	0.28
14.-	Limo arenoso de CECIL	0.28
15.-	Limo de ONTARIO	0.27
16.-	Limo arcilloso de CECIL	0.26
17.-	Arena fina limosa de BOSWELL	0.25
18.-	Arena fina limosa de ZANEIS	0.22
19.-	Arena limosa de TIFTON	0.10
20.-	Arena limosa de FREEHOLD	0.08
21.-	Aluvión arcilloso BATH HAGGY, con remoción de 5 cm de piedras superficiales.	0.05
22.-	Limo gravoso de ALBIA	0.03

c.- Factor de topografía del terreno**1.- Factor de Gradiente o pendiente "S"****2.- Factor de Longitud**

1.- El factor de Gradiente o Pendiente "S", La pendiente que tenga un terreno, influirá de alguna manera a la capacidad de ese suelo a ser erosionado. Así de dos suelos con iguales características de composición de y cobertura vegetal, presentara más propensión a ser erosionado aquel que tenga mayor pendiente por dos efectos principales:

por tener un ángulo de inclinación mayor, ya que las partículas de ese suelo necesitan una mayor fuerza para ser transportados o movidos pendiente abajo, y porque en un terreno con mayor pendiente el agua adquiere mayor velocidad y por lo tanto mayor fuerza erosiva.

Los autores definen este factor como una función de la pendiente del terreno en estudio, comparándola con la erosión que se presento en las parcelas experimentales que tenían 9% de pendiente, de esta manera tenemos:

$$S = \frac{Sc}{9\%}$$

Donde:

Sc = Pendiente media de la cuenca, determinada por los métodos de Alvord o Horton, en porcentaje.

2.- El factor de Longitud, depende directamente del tamaño de la cuenca, pudiendo esperar que se presenten una mayor erosión en un terreno grande que en uno más pequeño, ya que para una lluvia de iguales características, el número de partículas que pueden desprenderse de un suelo es directamente proporcional a su tamaño.

El factor de longitud es la relación entre la longitud del terreno por estudiar y la longitud de los terrenos experimentales (72.6 pies). El valor numérico de dicho factor esta dado por:

$$L = \left(\frac{L_o}{72.6} \right)^m$$

Donde:

L_o = Longitud del terreno en estudio en pies.

m = Exponente que se determina de mediciones de campo y para este estudio se toma como 0.50.

$$L_o = \sqrt{\frac{1}{D\pi}}$$

Donde:

D = Densidad de drenaje.

$$D = \frac{L}{A}$$

Donde:

L = Longitud de las corrientes perennes e intermitentes en la cuenca, en Km.

A = Área total de la cuenca, en Km².

FACTOR TOPOGRÁFICO DEL TERRENO “LS”

Para simplificar el manejo de la Ecuación de Pérdida de Suelos, se deberá emplear la formula de Factor topográfico del terreno, el cual considera conjuntamente los factores de longitud y pendiente. Su expresión es la siguiente:

$$LS = 0.5 L_o (0.0076 + 0.0053 S_o + 0.000 S_o^2)$$

Donde:

L_o = Longitud de la cuenca o subcuenca en estudio, en pies.

S_o = Pendiente media de la cuenca, en porcentaje.

d.- Factor de cultivo C

Factor que toma en cuenta la protección contra la erosión que proporciona la cubierta vegetal, se obtiene de las TABLAS 40, 41 y 42 como función de los diferentes tipos de cubierta en toda la cuenca, terrenos de cultivo, pastizales y bosques. Su valor se pondera para diferentes tipos de cubierta vegetal en toda la cuenca.

TABLA 40.- FACTOR DE CULTIVO C PARA ÁREAS DE CULTIVO

Secuencia	Rendimiento	E T A P A				
		Barbecho	Mes 1	Mes 2	Madurez	Residuo
Primer año de maíz, después de pradera.	2	0.15	0.30	0.27	0.15	0.22
Segundo año de maíz después de pradera, residuos removidos del terreno.	3	3.20	5.10	4.10	2.20	2.60
		0.32	0.51	0.41	0.22	0.26
Segundo año de maíz después de pradera, residuos dejados en el terreno.	3	6.00	6.50	5.10	2.40	6.50
		0.60	0.65	0.51	0.24	0.65
Tercer o mas años de maíz	-	3.60	6.30	5.00	2.60	3.00
		0.36	0.63	0.50	0.26	0.30
Establecimiento de pasto y de prado de legumbres.	3	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

TABLA 41.- FACTOR DE CULTIVO C PARA PASTIZALES (Grass), TERRENOS EN DESCANSO Y FORESTALES (Wood)

Cobertura Vegetal		Tipo	% de cobertura del terreno					
Tipo y Altura	%		0	20	40	60	80	90-100
A.- Ninguna	0		G	0.45	0.20	0.10	0.042	0.012
		W	0.45	0.24	0.15	0.091	0.043	0.011
B.- Hierba o Maleza corta, 0.5 m	25	G	0.36	0.17	0.09	0.038	0.013	0.003
		W	0.36	0.20	0.13	0.083	0.041	0.011
	50	G	0.26	0.13	0.07	0.035	0.012	0.003
		W	0.26	0.16	0.11	0.076	0.039	0.011
	75	G	0.17	0.10	0.06	0.032	0.011	0.003
		W	0.17	0.12	0.09	0.068	0.038	0.011
C.- Maleza o Arbusto, 2 m	25	G	0.40	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
		W	0.40	1.22	0.14	0.087	0.042	0.011
	50	G	0.34	0.16	0.08	0.038	0.012	0.003
		W	0.34	0.19	0.13	0.082	0.041	0.011
	75	G	0.28	0.14	0.08	0.036	0.012	0.003
		W	0.28	0.17	0.12	0.078	0.040	0.011
D.- Árboles, 4 m	25	G	0.42	0.19	0.10	0.041	0.013	0.003
		W	0.42	1.23	0.14	0.089	0.042	0.011
	50	G	0.39	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
		W	0.39	0.21	0.14	0.087	0.042	0.011
	75	G	0.36	0.17	0.09	0.039	0.013	0.003
		W	0.36	0.20	0.13	0.087	0.041	0.011

TABLA 42.- FACTOR DE CULTIVO C PARA BOSQUES

Cobertura de Árboles %	Cubierta forestal %	Vegetación inferior	Factor C
100 -75	100 – 90	Controlada	0.001
		Sin control	0.003 a 0.011
70 – 40	85 – 75	Controlada	0.002 a 0.004
		Sin control	0.01 a 0.04
35 – 20	70 – 40	Controlada	0.003 a 0.009
		Sin control	0.02 a 0.09

e.- Factor de práctica de control de la erosión P.

Factor que toma en cuenta las obras que reduzcan la erosión, como la construcción de terrazas, surcos, etc. **P = 1.0**, si no existen obras y va disminuyendo en función de las obras existentes, su valor se obtiene de la TABLA 43 y se pondera en función a la regionalización que a este respecto se pueda hacer de la cuenca.

TABLA 43.- FACTOR DE PRÁCTICA DE CONTROL DE LA EROSIÓN P

Pendiente del terreno %	Cultivo a nivel	Cultivo en fajas de contorno	Terrazas	
			Cauces herbosos como desagües	Con desagüe subterráneo
1 a 2	0.60	0.30	0.12	0.05
3 a 8	0.50	0.25	0.10	0.05
9 a 12	0.60	0.30	0.12	0.05
13 a 16	0.70	0.35	0.14	0.05
17 a 20	0.80	0.40	0.16	0.06
21 a 25	0.90	0.45	0.18	0.06

f.- Factor de conversión de unidades F.

$$F = 224.2 \text{ Para obtener } W \text{ en t / km}^2$$

Volumen de diseño para obras de retención de sólidos.

Los pasos necesarios para calcular el volumen de diseño de las obras de retención de los sólidos serán los siguientes:

- 1).- Con el peso de los sólidos aportados por unidad de área en la cuenca o subcuenca en estudio en un determinado tiempo, se calcula el volumen **W** correspondiente a ese período, dividiendo el peso por unidad de área en un tiempo determinado entre un peso volumétrico promedio de 1.8 t/m³. El resultado obtenido estará en unidades de metros cúbicos por kilómetro cuadrado, en el lapso de tiempo considerado.
- 2).- Se calcula el volumen total aportado por la cuenca, multiplicando el resultado anterior por la superficie total de la cuenca, dada en kilómetros cuadrados.
- 3).- El dato calculado anteriormente será el volumen aportado por toda la cuenca, en el tiempo de lluvia considerado. A partir de este volumen se calculará de manera proporcional el volumen correspondiente a 72 horas, el cual será el volumen de diseño.

Los Tanques Desarenadores deberán construirse mediante estructuras de concreto armado, basados en los estudios antes descritos y en función de un análisis y cálculo estructural. Todos los tanques deberán dotarse de drenaje en el respaldo de sus muros. El sistema incluye una capa de material filtrante en toda la altura del respaldo, tubos perforados de recolección y un sistema de conducción y desalojo del agua. Para evitar la disgregación de los materiales del relleno hacia el filtro, se recomienda colocar una membrana geotextil de filtro entre ambos materiales, también podrán utilizarse filtros en la plantilla cuando exista el riesgo de los efectos de subpresión producto del empuje provocado por el nivel máximo del manto freático. Es importante utilizar escotaduras y drenes en los muros o estructuras vertedoras de los tanques, a fin de que los escurrimientos presentados en lluvias mínimas o ligeras, puedan desalojarse sin necesidad de que la estructura se encuentre trabajando a través del sistema de vertido

para el cual fue diseñado. De igual forma los tanques desarenadores deberán contar con una rampa estriada a base de concreto armado, por la cual se le dará acceso a equipo y maquinaria para realizar trabajos de limpieza y desazolve cuando así se requiera.

Por último deberá realizarse la revisión del sistema de evacuación y/o vertido de la estructura retenedora, para lo cual podrán utilizarse las fórmulas de vertedores y una revisión para determinar la carga hidráulica requerida para poder realizar el desalojo de manera favorable.

GAVIONES

Los gaviones al igual que los tanques desarenadores son estructuras que ayudan a mitigar los problemas de azolves hacia las zonas bajas de las cuencas, los gaviones pueden ser construidos a base de estructuras de concreto armado, concreto ciclópeo, mampostería y mediante jaulas de acero rellenas de piedra lascas o triturada, en cualquiera de sus modalidades estas estructuras ofrecen garantías respecto a su funcionalidad y comportamiento, sin embargo, los gaviones a base de jaulas metálicas se recomienda su utilización únicamente como estructura de soporte sobre los taludes de los cauces, ya que de manera perpendicular al eje de los cauces resultan estructuras vulnerables al desplome, por el resultado de la fricción y choque de los boleos que son arrastrados al presentarse una avenida.

También es de suma importancia considerar drenes sobre el muro del gavión, para abatir los escurrimientos presentados en lluvias mínimas o ligeras, y que puedan desalojarse sin necesidad de que la estructura se encuentre trabajando a través del sistema de vertido para el cual fue diseñado. Dentro de su concepción deberá considerarse una franja de fácil accesibilidad para habilitar una rampa de mantenimiento y poder realizar trabajos de desazolve cuando así se requiera.

La capacidad y el funcionamiento hidráulico de los gaviones puede calcularse de la misma forma en que se revisa un tanque desarenador, se identifica el sitio, se realizan los trabajos de campo y gabinete necesarios (topografía a detalle, geotecnia, mecánica de suelos y análisis estructural), se determinan los volúmenes máximos estimados de azolve que pueden generarse aguas arriba de cada sitio propuesto conforme a la ecuación universal de pérdida de suelo y se analiza hidráulicamente el vertedor.

VERTEDORES

Los vertedores son estructuras sobre las cuales fluye el agua cuando el represo se desborda, su función es mantener el vaso de captación en un nivel seguro para la estructura de retención, descargando el exceso de agua. El tamaño del vertedor de diseño para que sea capaz de descargar el volumen de agua que corresponda al nivel de la creciente máxima proyectada. La forma geométrica que comúnmente pueden presentar este tipo de estructuras son: rectangular, triangular, circular y trapezoidal.

Vertedor rectangular.

Para su análisis se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = CLH^{1.5}$$

Donde:

Q= Gasto de descarga en m³/s

C = Coeficiente igual a 1.84 (cresta aguda) y 1.44 (cresta extendida)

L = Longitud de la cresta en metros

H = Tirante por encima de la cresta en metros

Vertedor triangular.

Para su análisis se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = C H^{2.5}$$

Donde:

Q= Gasto de descarga en m³/s
C = 1.38 tan (θ/2)
θ = Angulo en grados
H = Tirante por encima de la cresta en metros

Vertedor circular.

Para su análisis se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = C A (H^{0.5})$$

Donde:

Q= Gasto de descarga en m³/s
C= Coeficiente igual a 1.84
A= Área hasta el tirante en m²
H= Tirante por encima de la cresta en metros

Vertedor trapezoidal.

Para su análisis se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = 3.1(B + 0.8 H_z) H^{1.5}$$

Donde:

Q= Gasto de descarga en ft³/s
B = Base de la cresta en pies
H_z = Tirante de energía del flujo del agua en pies
H = Tirante por encima de la cresta en pies

Las fórmulas de vertedores antes descritas se derivan del documento emitido por el U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Publication no. FHWA-NHI-01-021 Agosto 2001.

4.5.4.- ESTRUCTURAS DE RETENCIÓN Y DETENCIÓN

4.5.4.1.- DEFINICIÓN Y JUSTIFICACIÓN

4.5.4.1.1.- LAGUNA DE RETENCIÓN

La laguna de retención es una estructura que permite que el agua captada durante una tormenta se almacene con el propósito de que, parte de este volumen, se integre al sistema de agua subterráneo infiltrándose en el suelo hasta alcanzar el nivel freático y otra parte, se pierda por evaporación.

La construcción de esta estructura deberá estar justificada por la imposibilidad de conectarse con el sistema de drenaje pluvial para disponer de los volúmenes de agua captados durante una tormenta de diseño de período de retorno y deberá ser autorizado por la **Autoridad Correspondiente**.

La ubicación de la laguna queda condicionada a la opinión técnica del uso del suelo de la **Autoridad Municipal**.

4.5.4.1.2.- LAGUNA DE DETENCIÓN

Obra cuya función es detener de forma temporal volúmenes de agua precipitados durante una tormenta, de tal forma que sean descargados de forma gradual después de que se alcanza el volumen de escurrimiento máximo (caudal pico) en el sistema pluvial. El tiempo de detención en la laguna y el caudal al que serán vertidos al sistema pluvial deben ser parte de las variables de diseño.

En este procedimiento es preciso que se establezca mediante el uso del método racional e hidrogramas el tiempo mínimo requerido para detener el volumen de agua captado y el caudal que será vertido en función de la duración de la tormenta de diseño.

La construcción de esta estructura deberá estar justificada por la falta de capacidad del sistema pluvial más cercano para conducir el caudal captado en el área drenada y deberá ser autorizado por la **Autoridad Correspondiente**.

La ubicación de la laguna queda condicionada al dictamen técnico de uso del suelo de la **Autoridad Municipal**. Debiendo evitarse la colindancia con predios de uso habitacional.

En Ambos casos, el predio ocupado por la infraestructura pluvial (lagunas de retención o detención), deberá ser donado con todas sus accesiones libre de gravámenes y responsabilidades a favor de la **Autoridad Correspondiente** encargada del sistema pluvial.

Una vez terminado y recibido el sistema pluvial, quedará la operación, conservación y resguardo a cargo de la **Autoridad Correspondiente**.

4.5.4.2.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LA LAGUNA DE RETENCIÓN

La laguna consiste de tres elementos principales que son:

- a).- **La alimentación.** Esta podrá constar de uno o varios elementos constructivos: superficiales o subterráneos; las superficiales deberán ser canales revestidos con lavaderos. En el caso de alimentación subterránea los conductos no deberán quedar ahogados al descargar en la laguna, es decir, no se permite que el agua se almacene en los conductos.
- b).- **Laguna.-** El volumen de almacenamiento máximo será como mínimo el volumen captado por el área drenada durante una tormenta de diseño para un período de retorno de 100 años y una duración de 24 horas.

Profundidad máxima de la laguna de almacenamiento no deberá exceder 1.5 m de profundidad de tirante de agua para el volumen máximo almacenado.

El tiempo de retención del agua en la laguna no debe de superar los 20 días; ya que a partir de este tiempo se genera fauna nociva para la población. De no alcanzarse ese tiempo de vaciado porque la tasa de infiltración y/o evaporación no lo permiten, la laguna debe ser vaciada mediante bombeo.

Talud. La pendiente del talud deberá como mínimo a 4:1 por conservación, acceso y seguridad.

Cerco perimetral. Con el objeto de evitar la entrada de personas no autorizadas y aumentar la seguridad de la laguna, ésta deberá contar con un cerco perimetral de malla y una puerta de acceso con rampa vehicular controlado con candado.

- c) **Descarga de emergencia.**- La laguna deberá contar con un conducto de salida con capacidad para desalojar el gasto máximo, para una precipitación con período de retorno como mínimo 100 años.

Deberá dejarse instalada la tubería del colector de descarga hasta el límite del predio o poligonal, siendo la cota de descarga la indicada por la **Autoridad Correspondiente** de acuerdo con su Planeación, para la futura conexión al sistema pluvial de la zona.

4.5.4.2.1.- CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN

La tasa de infiltración depende de la textura del suelo, contenido de humedad inicial, contenido de humedad de saturación, cobertura vegetal, uso del suelo, aire atrapado, lavado de material fino, compactación y temperatura, entre otros; ésta debe ser evaluada por medio, de al menos, tres métodos en cada sitio:

- a) De forma superficial con el método de doble anillo (Norma: ASTM D3385-94).
- b) Pruebas tipo slug-test en al menos 3 niveles de profundidad.
- c) In situ. Mediante pruebas de permeabilidad a carga variable en laboratorio a núcleos de suelo tomadas a las mismas profundidades que las pruebas slug-test.

La cobertura de los sitios depende de la continuidad de los estratos de la zona, deberán realizarse como mínimo 2 sitios de prueba en 100 m² de piso de la laguna y un sitio de prueba por cada 1000 m² o fracción adicional. Los ensayos deben realizarse en el nivel del piso de la laguna.

Es necesario evaluar mediante un sondeo la profundidad del nivel freático y considerar ésta en la estimación de la capacidad de infiltración.

La tasa de infiltración obtenida de los tres tipos de ensayos de permeabilidad del suelo, debe asegurar que los volúmenes a infiltrar puedan ser desalojados en 20 días máximos.

4.5.4.2.2.- INTENSIDAD DE EVAPORACIÓN

Se deberá evaluar el volumen de agua evaporado máximo en la zona, por alguno de los métodos siguientes: mediante mediciones de evaporación directas (tanque tipo A), estimaciones indirectas por algún esquema de aproximación o por registros históricos cercanos a la zona.

4.5.4.3.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE LA LAGUNA DE DETENCIÓN

La laguna consiste de tres elementos principales que son:

- a).- **La alimentación.** Esta podrá constar de uno o varios elementos constructivos superficiales o subterráneos; las superficiales deberán ser canales revestidos con lavaderos. En el caso de alimentación subterránea los conductos no deberán quedar ahogados al descargar en la laguna, es decir, no se permite que el agua se almacene en los conductos.
- b).- **Laguna.**- El volumen de almacenamiento máximo será como mínimo el volumen captado drenada por el área durante una tormenta de diseño para un período de retorno de 50 años y una duración de 24 horas.

Profundidad máxima de la laguna de almacenamiento no deberá exceder 0.90 m de profundidad de tirante de agua para el volumen máximo almacenado.

El tiempo de retención del agua en la laguna no debe de superar los 20 días; ya que a partir de este tiempo se genera fauna nociva para la población. De no alcanzarse ese tiempo de vaciado porque las tasas de infiltración y/o evaporación no lo permiten, la laguna debe ser vaciada mediante bombeo.

Talud. La pendiente del talud deberá como mínimo a 4:1 por conservación, acceso y seguridad.

Cerco perimetral. Con el objeto de evitar la entrada de personas no autorizadas y aumentar la seguridad de la laguna, ésta deberá contar con un cerco perimetral de malla y puerta de acceso con rampa vehicular controlada con candado.

- c) **Descarga.**- La laguna deberá contar con un conducto de salida con capacidad para desalojar el gasto máximo, para una precipitación con período de retorno como mínimo 100 años.

4.5.4.3.1.- ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN ALMACENADO

El volumen máximo almacenado ($V_{\text{máx}}$), por lo cual las dimensiones de la laguna dependen de:

- a) El volumen total captado por el área de drenada.
- b) El caudal pico de entrada a la laguna de detención.
- c) El caudal de salida hacia el sistema pluvial.

a) EL VOLUMEN TOTAL CAPTADO POR EL ÁREA DE ESCURRIMIENTO

Este volumen debe ser estimado mediante la siguiente fórmula:

$$V_t = h_e \times A$$

Donde:

V_t = Volumen máximo almacenado, (m^3).

h_e = Altura de la precipitación efectiva para una tormenta con período de retorno dado, (m).

A = Área de escurrimiento, (m^2).

b) EL CAUDAL PICO DE ENTRADA A LA LAGUNA DE DETENCIÓN

Para estimar este caudal se recomienda la utilización de hidrogramas sintéticos, de entre los cuales, la aplicación del Hidrograma Triangular Unitario se describe a continuación:

$$q_p = 0.208 \frac{A}{t_p}$$

Donde:

q_p = Caudal pico, ($m^3/s/mm$).

t_p = Tiempo pico, (h).

A = Área de escurrimiento, (km^2).

El tiempo pico del hidrograma puede ser calculado como:

$$t_p = \sqrt{t_c} + 0.6t_c$$

Donde:

t_c = Tiempo de concentración, (h).

Para el cálculo de caudal pico de entrada a la laguna de detención en los Municipios de **PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA**, se recomienda utilizar hidrogramas sintéticos, de entre los cuales, la aplicación del Hidrograma Unitario Triangular es como sigue:

HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR

Este es un procedimiento para conocer la relación lluvia-escurrimiento necesaria para reducir la avenida de diseño, cuando la cuenca de estudio no dispone de control hidrométrico.

Primeramente se definen las características de la cuenca y la tormenta de diseño, enseguida se cuantifican la lluvia en exceso, se determinan las características del Hidrograma Triangular Unitario a utilizar y con ellos se hace la integración de la avenida de diseño.

1) TORMENTA DE DISEÑO, OBTENCIÓN DEL HIETOGRAMA.

- Se definen las características de la subcuenca hasta el punto de interés, área, coeficiente de escurrimiento y tiempo de concentración, así como el período de retorno a utilizar.
- Se define la duración de la tormenta, la cual puede considerarse de 2 a 3 veces el tiempo de concentración de la subcuenca analizada a manera de garantizar el pico de la avenida. También se recomienda utilizar una duración total igual al tiempo de concentración total de la cuenca hasta la salida y que en caso del río Tijuana sería hasta su descarga al mar, sin embargo, para este caso particular, como las subcuencas son en general de extensión pequeña, el

tiempo de pico se alcanza mucho antes de esa duración total. Por ello, se sugiere la primera opción analizando en todo caso 2 o 3 duraciones diferentes superiores al tiempo de concentración particular de cada subcuenca.

- Enseguida se divide la duración de la tormenta en intervalos constantes, por lo regular se recomiendan 4 partes, deduciéndose en forma redondeada el intervalo del tiempo del análisis.
- Con este intervalo, aceptándolo en forma acumulada, se obtiene el correspondiente valor de la altura de lluvia medio total, ello mediante la expresión que permita obtener la lluvia como función de una duración y período de retorno. Dicha expresión para obtener la altura de precipitación ya fue descrita en el apartado 2.3 de este documento.

Para el cálculo de hietogramas tenemos la siguiente expresión:

$$H_{p_{tr,i}} = \frac{K_{24} i^{0.025}}{0.25}$$

Donde:

$H_{p_{tr,i}}$ = Altura de precipitación acumulada en mm, para el período de retorno seleccionado y el intervalo de tiempo acumulado.

K_{24} = Factor función del período de retorno.

$i^{0.025}$ = Intervalo de tiempo acumulado en hora, es decir, si la duración de la lluvia se dividiera en 4 intervalos, entonces i valdrá: $d/4$, $d/2$, $3d/4$ y d , donde “ d ” es la duración de la tormenta redondeada.

- Se obtienen los incrementos de altura de lluvia por cada intervalo.
- Dado que el análisis de las curvas de nivel se hace en base a la duración total seleccionada de la tormenta, en ocasiones las alturas de lluvia deducidas para cada intervalo se requieren ordenar en forma lógica a como se presenta una lluvia, es recomendable situar primero el menor incremento de lluvia y enseguida los incrementos de mayor a menor, bajo la hipótesis de que el segundo incremento es el de mayor altura. Los incrementos de lluvia ordenados corresponden a las ordenadas del hietograma.

La siguiente relación muestra el ordenamiento de cálculo para la obtención del hietograma, considerando que la duración de la tormenta (d) se ha dividido en 4 intervalos de análisis.

Intervalo de análisis	Duración de análisis (hr)	Altura de lluvia media total (mm)	Incremento de lluvia		
			Mayor a menor	Hietograma	Hei
$T = d / 4$	$l = d / 4$	$h_{pi} = h_{ptr}, d/4$	$h_1 = h_{p1}$	$H_4; (h_4 < h_1)$	$he_1 = C h_4$
$T = d / 4$	$l = d / 2$	$h_{pi} = h_{ptr}, d/2$	$h_2 = h_{p2} - h_{p1}$	$h_1; (h_1 > h_2)$	$He_2 = C h_1$
$T = d / 4$	$l = 3d / 4$	$h_{pi} = h_{ptr}, 3d/4$	$h_3 = h_{p3} - h_{p2}$	$H_2; (h_2 > h_3)$	$He_3 = C h_2$
$T = d / 4$	$l = d$	$h_{pi} = h_{ptr}, d$	$h_4 = h_{p4} - h_{p3}$	H_3	$He_4 = C h_3$

El hietograma así definido es el insumo básico para la relación lluvia escurrimiento mediante el hidrograma triangular unitario. La última columna corresponde a la lluvia en exceso, calculada conforme al siguiente inciso.

2) LLUVIA EN EXCESO.

La lluvia en exceso se define como la parte de la lluvia que contribuye al escurrimiento superficial rápido.

Los factores que afectan directamente a la cantidad de lluvia en exceso o escurrimiento directo son: el uso de la tierra; condición de la superficie; tipo de suelo; y cantidad y duración de la lluvia.

Para tomar el efecto de estos factores se tiene el coeficiente de escurrimiento C para cuencas naturales, suburbanas o urbanas; coeficientes ponderados según los diferentes usos del suelo.

- Lluvias en exceso en base al coeficiente de escurrimiento C .

Para este caso, la lluvia en exceso se calcula como:

$$H_e = C h_p$$

Donde:

H_e = Lluvias en exceso, en cm o mm.

h_p = Lluvia total, en cm o mm.

C = Coeficiente de escurrimiento ponderado según el uso del suelo.

Para las barras del hietograma,

$$h_i = C h_{pi}$$

Donde:

h_{pi} = Lluvia correspondiente al intervalo i del hietograma, en cm o mm.

3) HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR (HUT).

Las ecuaciones características del modelo lluvia escurrimiento correspondiente al HUT, (ver figura) son:

$$tp = 0.60 tc (\Delta t / 2)$$

$$Qp = 0.556 (h_e / n) (A / tp)$$

$$Tb = n tp$$

Donde:

tc = Tiempo de concentración, en horas.

Δt = Intervalo de análisis, en horas.

A = Área de la cuenca, en km^2 .

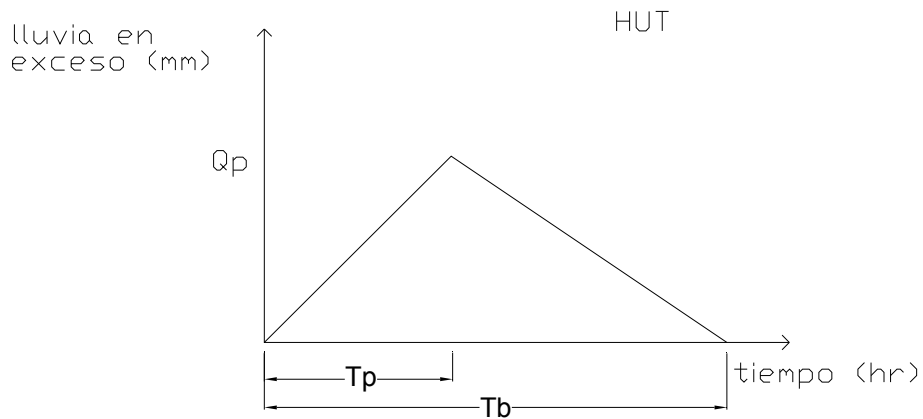
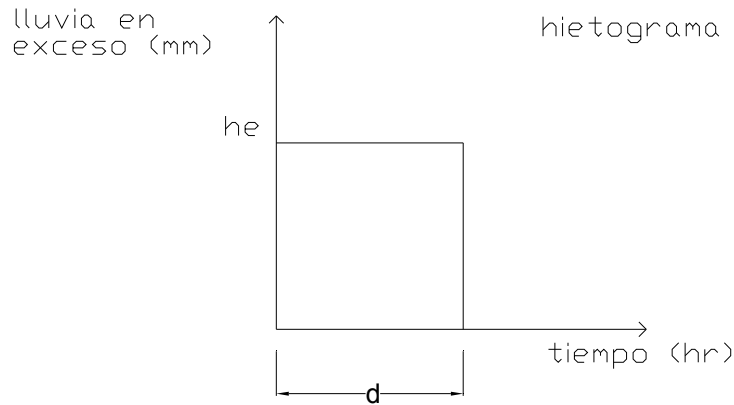
h_e = Lluvia en exceso, en mm.

n = Parámetro en función del tamaño de cuenca, que vale 2 hasta un área de cuenca de 250 km² a partir de donde se incrementa. Para las subcuencas de Tijuana, se mantiene en 2.

Q_p = Gasto pico, en m³/s

t_p = Tiempo pico, en horas.

T_b = Tiempo base, en horas.

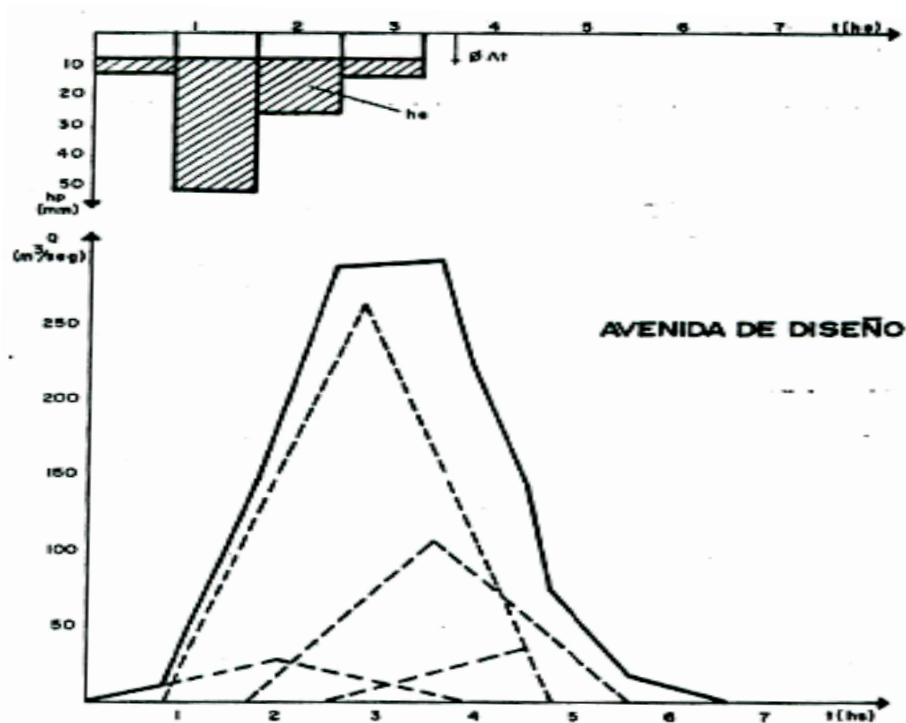


Este hidrograma se aplica a cada uno de los intervalos de tiempo considerados, para lo cual, observando que se tiene 4 intervalos de análisis, puede construirse la siguiente tabla:

HIETOGRAMA		HIROGRAMA TRIANGULAR			
Δt (hr)	h_{ei} (mm)	Q_p	Tiempo en horas		
			Inicio	Pico	Fin
$D/4$	h_{e1}	Q_{p1}	0	t_{p1}	t_{b1}
$D/4$	h_{e2}	Q_{p2}	$d/4$	t_{p2}	t_{b2}
$D/4$	h_{e3}	Q_{p3}	$3d/4$	t_{p3}	t_{b3}
$d/4$	h_{e4}	Q_{p4}	d	t_{p4}	t_{b4}

4) HIDROGRAMA DE LA AVENIDA RESULTANTE.

Se obtienen mediante la superposición y suma de los hidrogramas asociados a cada intervalo de tiempo, mismos que se encuentran desfasados según el tiempo de inicio de cada uno de ellos.



c) EL CAUDAL DE SALIDA HACIA EL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

El caudal máximo de salida del agua hacia el sistema pluvial será determinado por la Autoridad Correspondiente que opere dicho sistema y deberá ser utilizado por el proyectista para estimar el volumen máximo almacenado.

No obstante el caudal será variable en el tiempo ya que la laguna se llenará en función del hidrograma de la tormenta. Esta variación del caudal de salida debe ser calculada en función de las características hidráulicas de la descarga que se desee utilizar, se recomienda utilizar un hidrograma sintético para su estimación.

4.5.4.3.2.- EI VOLUMEN MÁXIMO DETENIDO EN LA LAGUNA (V_{máx})

El volumen máximo esperado en la laguna depende del caudal de entrada y del caudal de salida considerando que el caudal de entrada corresponde a un hidrograma triangular unitario y que el de salida corresponde a un hidrograma trapezoidal, se obtiene la siguiente expresión, en la que no se requiere especificar el número ni el tipo de descarga de la laguna (Abt y Grigg, 1978).

$$V_{\max} = V_t \left(1 - \frac{q_{p\text{-sal}}}{i_p} \right)^2$$

Donde:

V_{\max} = Volumen detenido máximo, (m³).

V_t = Volumen captado por la laguna, (m³).

Q_{p-sal} = Gasto de salida máximo deseado, (m³/h).

i_p = Intensidad de la precipitación para un período de retorno de 50 años,
(mm/h).

5.- PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto ejecutivo de alcantarillado pluvial, estará integrado como mínimo, por los siguientes conceptos y con aquellos que le sean indicados por la **Autoridad Correspondiente**:

- 1.- Memoria técnico descriptiva.
- 2.- Memoria de cálculo.
- 3.- Planos impresos.
- 4.- Especificaciones de materiales y procesos constructivos.
- 5.- Volúmenes de obra con números generadores y presupuesto base.
- 6.- Datos de campo.
- 7.- Respaldo digitalizado.

5.1.- MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA

Se describirá el proyecto en forma resumida, indicando como mínimo:

- La localización del predio a desarrollar y datos generales de ubicación, las colindancias, superficie, clave catastral y usos de suelo actual y características de construcción; desglosando las superficies servidas de uso habitacional, comercial y/o industrial.
- La configuración topográfica y las características geotécnicas del terreno.
- Los elementos que integran el sistema pluvial propuesto.

En caso de que las obras resultantes de los proyectos, tengan que cruzar derechos de paso de otras instalaciones (ferrocarril, carreteras, canales, drenes, gas, teléfonos, electricidad, alumbrado público, etc.), se deberá realizar ante la **Autoridad Correspondiente**, el trámite de aprobación de los proyectos de cruce e incluir dicha aprobación en el expediente.

Además se anexarán copias de la factibilidad de servicios y del anteproyecto geométrico del desarrollo autorizado por la **Autoridad Correspondiente**.

Asimismo cuando se tengan afectaciones a propiedades privadas, se deberán realizar los convenios respectivos y anexar copia de los mismos, previamente a la ejecución de las obras necesarias.

5.2 - MEMORIA DE CÁLCULO

Para el Municipio de **MEXICALI**

Se incluirán las memorias de cálculo hidráulico de cada parte del proyecto, escurrimientos superficiales en vialidades y conductos, conteniendo la descripción de las estructuras, los datos básicos (Coeficiente de escurrimiento, intensidad de lluvia, periodo de retorno, tiempo de concentración, superficie drenada, pendiente de la cuenca), criterios de diseño, procedimientos y resultados obtenidos.

Para el cálculo de la red se elaborará croquis a escala, indicando como mínimo:

- a).- Delimitación de la cuenca.
- b).- Área tributaria parcial en captaciones y acumulada en pozos o registros.
- c).- Área acumulada por tramo.
- d).- Número de pozo o registro.
- e).- Pendiente y diámetro del conducto o sección del canal de cada tramo.

Los cálculos hidráulicos de las estructuras de captación y conducción, deberán representarse en forma tabular, indicando como mínimo, para cada tramo lo siguiente:

- a).- Identificación del tramo entre pozos o registros, de acuerdo a croquis.
- b).- Área tributaria, propia y acumulada, en hectáreas, de acuerdo a croquis.
- c).- Longitud del tramo, en metros, de acuerdo a croquis.
- d).- Tiempo de ingreso, recorrido y concentración, en horas.
- e).- Intensidad de lluvia, en mm/ h.
- f).- Gasto pluvial en m³/s.
- g).- Pendiente en milésimas.
- h).- Diámetro de tubería o sección del canal en centímetros o metros.
- i).- Gasto (m³/s) y velocidad (m/s) a tubo lleno o tirante en centímetros o metros y velocidad en m/s, a gasto máximo en canal.
- j).- Velocidad en m/s y tirante en centímetros o metros para condiciones normales.
- k).- Estructuras de captación (detalle, ubicación, etc.) y obras de drenaje (cunetas, contracunetas, lavaderos, bordillos, etc.).
- l).- Cálculo hidráulico de guarniciones y cunetas (obras de drenaje).
- m).- Rasantes de pavimento (pendientes longitudinales y transversales, solución de cruceros, etc.).
- n).- Obras Complementarias (alcantarillas, muros de contención, etc.).

En el caso de estructuras e instalaciones que requieran diseño estructural, mecánico y/o eléctrico, se elaborarán las memorias respectivas de acuerdo con los lineamientos de diseño vigentes.

Para los Municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA.**

La memoria de cálculo estará conformada por el análisis hidrológico y el análisis hidráulico.

En el análisis hidrológico se describirá la metodología y los parámetros hidrológicos utilizados, posteriormente se presentarán los cálculos y análisis correspondientes en forma tabular debidamente referidos a los planos hidrológicos, tales como:

- a).- Longitud del cauce, propia y acumulada, en m.
- b).- Área tributaria, propia y acumulada, en m².
- c).- Pendiente media, en decimales.
- d).- Tiempo de concentración, en hrs.
- e).- Altura de precipitación, en mm.
- f).- Intensidad de lluvia, en mm/hr.
- g).- Gasto de diseño, en m³/s.

En el análisis hidráulico se describirá la metodología y se desarrollarán los cálculos y análisis correspondientes de todas las obras de captación y conducción ya sean resueltas de forma superficial, a cielo abierto y/o de forma subterránea. Dichos cálculos deberán presentarse de forma tabular y deberán estar debidamente referidos al plano de Solución Pluvial, siendo éstos los que se enumeran a continuación:

- a).- Identificación del tramo (número de estructura, kilometraje, nombre de vialidad, etc.).
- b).- Pendiente del tramo considerado.

- c).- Diámetro del conducto o sección de la estructura de conducción, en m.
- d).- Tirante real de trabajo en m.
- e).- Perímetro mojado en m.
- f).- Radio hidráulico en m.
- g).- Área hidráulica en m².
- h).- Velocidad en m/s.
- i).- Gasto en m³/s.
- j).- Bordo libre en m (solo en canales y cajones pluviales).
- k).- Espejo de agua en m (solo en conductos superficiales y/o a cielo abierto).

También se presentará la revisión de las obras de captación, ya sean bocas de tormenta, bocas de tormenta mixtas y/o rejillas de piso, de acuerdo con lo establecido en el capítulo anterior.

En el caso de estructuras e instalaciones que requieran diseño estructural, mecánico y/o eléctrico, se elaborarán las memorias respectivas de acuerdo con los lineamientos de diseño vigentes.

5.3.- PLANOS

Los planos se presentarán en formato con dimensiones y recuadros indicados en ANEXO APL-11 deberán dibujarse acorde a signos convencionales que se muestran en el ANEXO APL-12.1 y APL-12.2, utilizando escalas y tamaño de letras que permitan su fácil lectura, (unidades y simbología).

5.3.1.- PLANOS DE LA RED Y/O SOLUCIÓN PLUVIAL

Se incluirá en este plano, la localización de los conductos de proyecto y afectaciones, servicios públicos existentes y de detalles (cruces con otras instalaciones), se deberá recabar ante cada **Autoridad Correspondiente**, en una planimetría con simbología, indicando la nomenclatura de pozos o registros.

En la línea que representa un tramo de conducto, se indicará su longitud en metros, con hasta dos decimales, su pendiente en milésimas con un decimal y el diámetro de la tubería o dimensión de la sección del conducto en centímetros, en el orden descrito y separando cada número por un guión. Por ejemplo; 130.30-3.5-107, significa que el tramo tiene una longitud de 130.30 metros, una pendiente longitudinal de 3.5 milésimas y un diámetro de 107 centímetros.

En los pozos o registros, se indicarán la elevación del terreno o rasante de pavimento y las elevaciones de plantilla del tubo o tubos concurrentes. Se indicará en forma de fracción, colocando en el lugar del numerador la del terreno natural y en el denominador la de la plantilla, además se anotará la profundidad y el número de pozo.

El plano de la red, incluirá croquis de localización, bancos de nivel ligado a referencias oficiales (Bancos GPS), orientación, escalas, datos de proyecto, simbología, volúmenes de obra, notas, secciones de vialidades indicando la ubicación de las tuberías existentes y de proyecto, detalles necesarios y pie de plano.

En las notas generales, se indicará lo siguiente: unidades del sistema métrico decimal utilizadas en elevación, acotaciones, etc., aclaraciones respecto a otros planos de referencia, observaciones y aclaraciones relativas a topografía, diseño, aspecto constructivo, de operación y conservación de la obra proyectada y además se hará referencia a los anexos de los detalles tipo.

En los datos de proyecto, se indicará como mínimo lo siguiente: método de diseño, fórmula utilizada, área tributaria, coeficiente de escurrimiento, período de retorno, tiempo de concentración, intensidad de lluvia, gasto pluvial, sitio de vertido, etc.

El pie de plano incluirá la identificación del proyecto, el predio en que se ubica, clave catastral, número del plano, contenido del plano, fecha de elaboración, pies de firma del proyectista responsable, del propietario y de la **Autoridad Correspondiente** que autoriza el proyecto.

En la tabla de volúmenes de obra se anotarán los siguientes conceptos: longitud de conductos por tipo y diámetro.

Para los municipios de **MEXICALI** y **TECATE**

La ubicación de los conductos para alcantarillado pluvial será a 3.00 metros al Sur o al Oeste del eje de la vialidad (ver ANEXO APL-5), excepto cuando por condiciones topográficas o por estructuras existentes se requiera otra ubicación, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO y TIJUANA**

La ubicación de los conductos para alcantarillado pluvial será a 3.00 metros al Sur o al Este del eje de la vialidad (ver ANEXO APL-5), excepto cuando por condiciones topográficas o por estructuras existentes se requiera otra ubicación, previa autorización de la **Autoridad Correspondiente**.

Para los municipios de **ENSENADA, PLAYAS DE ROSARITO, TECATE y TIJUANA**

Además de lo anterior se deberá presentar planos hidrológicos, planos de rasantes, planos de estructuras especiales. Cuando así lo requiera podrán requerirse perfiles y secciones transversales.

Para el Municipio de **MEXICALI**

El Proyectista Responsable del proyecto del alcantarillado pluvial deberá de contar con una cédula profesional estatal vigente, de una licenciatura o postgrado en que las materias involucren entre otras el alcantarillado pluvial como parte de los estudios cursados y además deberá contar con registro de responsable de Director de Proyecto certificado de acuerdo a lo indicado en el artículo 253 del Reglamento de la Ley de Edificaciones del municipio de Mexicali, Baja California.

5.3.2.- PLANOS DE RASANTES

En lo relativo al pluvial, el plano de rasantes contendrá la representación de la superficie de las vialidades, en una planta con simbología, indicando en cada vialidad la sección tipo, la pendiente longitudinal y transversal, las elevaciones en eje y cunetas, dirección del escurrimiento en cunetas así como su elevación y la localización de bocas de tormenta, así como detalles de las garniciones propuestas.

En la línea que representa el eje de la vialidad, se indicará: el cadenamamiento en metros, las pendientes longitudinal y transversal o bombeo en milésimas con un decimal.

El plano de rasantes, incluirá croquis de localización, bancos de nivel ligados a referencias oficiales (Bancos GPS), orientación, escalas, simbología, notas, secciones de vialidades, detalles necesarios y pie de plano.

El pie de plano incluirá la identificación del proyecto, el predio en que se ubica, clave catastral, número del plano, contenido del plano, fecha de elaboración, pies de firma del proyectista responsable, del propietario y de la **Autoridad Correspondiente** que autoriza el proyecto.

5.3.3.- PLANOS DE ESTRUCTURAS ESPECIALES Y DETALLES

Se incluirán todos los detalles de las obras de control, retención, captación, conducción y descarga propuesta, las cuales estarán debidamente referidas al plano de red y/o solución pluvial.

En el caso de estructuras e instalaciones que requieran diseño estructural, mecánico y/o eléctrico, los planos deberán contener la planta de conjunto, la geometría, el proyecto estructural, mecánico y/o eléctrico y especificaciones particulares de construcción y operación.

Las líneas de conducción por bombeo se representarán en planta y perfil, en donde se indicarán la línea piezométrica, con la línea de sobrepresión y subpresión resultante del análisis de los fenómenos transitorios y deberá incluir el perfil de la plantilla de las tuberías con pendientes, ángulos verticales, localización de válvula de admisión y expulsión de aire (VAYEA) y desfuegos. En la línea piezométrica se incluirán los datos referentes al gasto, velocidad, pendiente y coeficiente de rugosidad de la tubería; además el perfil indicará el diámetro, longitud, material y clase de ésta; detalle de cruces con otras tuberías, con carreteras, vías de ferrocarril, ríos, arroyos o canales; atraques, protección en arroyos en caso necesario, sección de zanja, etc.

5.4.- ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y PROCESOS CONSTRUCTIVOS

Se anexarán especificaciones en forma resumida, de los materiales y procesos constructivos que intervienen en el proyecto, tales como excavación, plantilla, colocación y prueba de tubería, rellenos, tuberías, pozos y registros de visita, bocas de tormenta, estructuras de descarga, concreto, acero de refuerzo, equipos para bombeo, instalación eléctrica y/o mecánica, etc.

Cuando el material propuesto no sea de uso común, se anexarán las normas, catálogos y especificaciones respectivas.

Los procedimientos constructivos no convencionales, deberán ser aprobados previamente por la **Autoridad Correspondiente**.

Si un material o proceso constructivo está considerado en alguno de los ANEXOS TÉCNICOS en las presentes Normas, se hará referencia a las mismas.

5.5.- VOLÚMENES, GENERADORES DE OBRA Y PRESUPUESTO BASE

Se integrará un catálogo de volúmenes de obra del sistema pluvial, que incluya todos los conceptos de los elementos que resulten, referentes a mano de obra y materiales; especificando de éstos últimos, las características propias, relacionadas con tuberías, equipos, estructuras, etc., con cantidades de obra y presupuesto base del proyecto.

Se hará un resumen considerando por separado cada una de las redes que se tengan, incluyendo su emisor, obra de vertido y estructuras especiales en su caso.

Para la elaboración del presupuesto, en lo relativo a las profundidades de las excavaciones y plantillas en zanja para la instalación de tuberías y a las profundidades de los pozos de visita común, especiales y pozos caja, se atenderán las especificaciones de los **ANEXOS TÉCNICOS** correspondientes de las presentes Normas Técnicas.

6.- CONSTRUCCIÓN

Para el Municipio de **MEXICALI**

La construcción de las obras pluviales deberá llevarse a cabo mediante un responsable de obra, el cual vigilará que los materiales y procedimientos de construcción sean los indicados en los planos de proyecto y en las Normas de Construcción vigentes.

El Responsable de Obra del alcantarillado pluvial deberá de contar con cédula profesional estatal vigente, de una licenciatura o postgrado en que las materias involucren entre otras el alcantarillado pluvial como parte de los estudios cursados y además deberá contar con registro de responsable de Director de Obra certificado de acuerdo a lo indicado en el artículo 253 del Reglamento de la Ley de Edificaciones del municipio de Mexicali, Baja California.

Si en el proceso de la obra es necesario modificar el proyecto, se deberá de notificar a la Autoridad Correspondiente y presentar la propuesta para su revisión y autorización. Una vez terminada la obra, el responsable de obra presentará a la **Autoridad Correspondiente** los planos de obra terminada.

El responsable de la obra tendrá a su cargo la bitácora de obra, bajo la vigilancia y coordinación de la **Autoridad Correspondiente**, en la cual se indicará lo relacionado con la construcción, el avance de obra, las pruebas de los materiales y procedimientos de construcción así como las indicaciones que se dirijan al contratista y a la supervisión de la **Autoridad Correspondiente**.

7.- ÍNDICE DE TABLAS

No.	CONTENIDO	PÁG.
1	VALORES DEL COEFICIENTE C, PARA ZONAS URBANIZADAS	8
2	VALORES DEL COEFICIENTE C, PARA ZONAS NATURALES	9
3	VALORES DEL PERÍODO DE RETORNO T_r	12
4	TIPO DE USO DEL SUELO Y SU CORRESPONDIENTE PERÍODO DE RETORNO	13
5	TIPO DE VÍA Y SU CORRESPONDIENTE PERÍODO DE RETORNO	13
6	VALORES DE b	17
7	INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO MEXICALI, B.C.	19
8	INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO SAN FELIPE, B.C.	19
9	ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO MEXICALI, B. C.	20
10	ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO SAN FELIPE, B. C.	20
11	INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE LA CIUDAD DE ENSENADA, B.C.	21
12	INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO SAN QUINTIN MUNICIPIO DE ENSENADA, B.C.	21
13	ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE LA CIUDAD DE ENSENADA, B. C.	22
14	ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO SAN QUINTIN MUNICIPIO DE ENSENADA, B. C.	22
15	INTENSIDAD ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE TECATE, BAJA CALIFORNIA	23
16	ALTURA ASOCIADA A DIFERENTES DURACIONES Y PERÍODOS DE RETORNO DE TECATE, BAJA CALIFORNIA	23
17	CÁLCULO DE LOS VALORES DE HP_{24HR} Y K_{24} PARA DIVERSOS PERÍODO DE RETORNO (DATOS ESTADÍSTICOS DE 1948-2005)	24
18	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING n	26
19	VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE EN TUBERÍAS	27
20	ANCHO DE ZANJA b EN cm	28
21	ESPECIFICACIONES DE TUBERÍAS PARA CONDUCCIÓN A GRAVEDAD	29
22	PRUEBA DE PRESIÓN HIDROSTÁTICA, VALORES PERMISIBLES DE ACUERDO CON EL MATERIAL DE LA TUBERÍA	30
23	PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN PARA CAÍDAS DE 0.070 kg/cm^2 , VALORES PERMISIBLES DE ACUERDO CON EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	31
24	PRUEBA CON AIRE A BAJA PRESIÓN PARA CAÍDAS DE 0.035 kg/cm^2 , VALORES PERMISIBLES DE ACUERDO CON EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA	31
25 Y 26	DERECHO DE PASO	33
27	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING Y VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE EN CANALES	34
28	VELOCIDAD MÁXIMA PERMISIBLE EN CANALES	34
29	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING	34

30	TALUD EN CANALES	35
31	CANALES CON REVESTIMIENTO DE CONCRETO, ESPESOR DE REVESTIMIENTO Y BORDO LIBRE	37
32	CANALES CON REVESTIMIENTO DE MAMPOSTERÍA, BORDO LIBRE Y CORONA	37
33	PRESIÓN DE VAPOR DEL AGUA	53
34	CONDICIONES ATMOSFÉRICAS APROXIMADAS SEGÚN LA ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR	54
35	TIEMPO DE ARRANQUE DE MOTORES	56
36	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD C DE HAZEN - WILLIAMS y n DE MANNING	61
37	TIPO Y ESPECIFICACIÓN DE LAS TUBERÍAS A PRESIÓN	62
38	FACTOR DE EROSIONABILIDAD K DE ACUERDO A TEXTURA DEL SUELO	65
39	FACTOR DE EROSIONABILIDAD K DE ACUERDO A TIPO DEL SUELO	66
40	FACTOR DE CULTIVO C PARA ÁREAS DE CULTIVO	68
41	FACTOR DE CULTIVO C PARA PASTIZALES (G), TERRENOS EN DESCANSO Y FORESTALES (W)	68
42	FACTOR DE CULTIVO C PARA BOSQUES	68
43	FACTOR DE PRÁCTICA DE CONTROL DE LA EROSIÓN P	69

8.- TERMINOLOGÍA

A

Acotamiento. Franja comprendida entre la orilla de la superficie de rodamiento y la orilla de la corona de un camino.

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

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

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

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

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

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

ANSI. American National Standards Institute.

Aplanado. Recubrimiento con mortero para proteger superficies.

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

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

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

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

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

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

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

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

Autoridad Correspondiente. Término que se utiliza para hacer referencia a los Organismos y Dependencias gubernamentales responsables de determinadas acciones, autorización, recepción, operación y/o construcción de alcantarillado pluvial en el municipio de Mexicali.

Avenida. Crecida extraordinaria de una corriente natural.

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

B

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

Banco con GPS. Vértice de control horizontal y vertical que sirve de referencia y en el cual sus coordenadas X, Y y Z fueron determinadas con equipo GPS (Global Position System).

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

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

Bordo. Terraplén de materiales sueltos o compactados.

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

C

Caída. Diferencia de nivel entre dos puntos de la rasante de un conducto.

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

Carpeta. Superficie de rodamiento de una vialidad.

Cauce. Conducto natural o artificial por donde escurre una corriente de agua.

Cimentación. Elemento estructural que transmite cargas al terreno.

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

Clima. Conjunto de condiciones meteorológicas que caracterizan a una región.

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

Coefficiente de rugosidad. Valor asignado a la superficie de un material que da el grado de resistencia que se opone al escurrimiento del agua. Coeficiente de fricción.

Colchón. Espesor de material comprendido entre la parte superior de un conducto enterrado y la superficie de rodamiento.

Colector. Conducto que puede ser abierto o cerrado que recibe la aportación de los subcolectores y conducen el flujo hasta el punto de descarga.

Compactación. Procedimiento de estabilización mecánica para aumentar la densidad de un material.

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

Corona. Superficie de una vialidad pavimentada.

Corriente. Flujo de agua.

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

Cota. Diferencia de elevación contra un plano horizontal de comparación.

Cuenca. Área determinada por los parteaguas hacia una superficie de escurrimiento.

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

D

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

Dentellón. Elemento de concreto que se coloca al final de cualquier estructura para protegerla contra la socavación.

Derecho de vía o paso. Franja de terreno cuyas dimensiones fija la Autoridad Correspondiente, que se requiere para el uso adecuado y mantenimiento de cualquier vía de comunicación, canal, tuberías y sus servicios auxiliares.

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

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

Descarga. Punto de vertido en donde desemboca una corriente de agua.

Deslinde. Delimitación de los linderos de un predio.

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

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

Dren. Conducto para el encauzamiento de las aguas residuales.

E

Encauzamiento. Obras que se ejecutan dentro o fuera del cauce de una corriente de agua que sirve para modificar su curso.

Erosión. Desgaste del terreno.

Escala. Relación entre las dimensiones de un objeto contra el dibujo, plano, maqueta o modelos.

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

Escurrimiento. Cantidad de agua que fluye por un cauce natural o artificial.

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

Estructura. Elemento que cumple una función específica.

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

F

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

G

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

Gasto de diseño. Volumen con el cual se realiza el diseño de una obra.

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

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

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

H

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

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

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

I

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

L

Levantamiento topográfico. Conjunto de procedimientos necesarios para representar todos los accidentes topográficos del terreno de un plano.

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

N

NAA. Nivel de agua actual

NAME. Nivel de aguas máximo extraordinario.

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

Nivel freático. Nivel de la superficie del agua subterránea en reposo.

NTN. Nivel de terreno natural.

P

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

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

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

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

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

Plantilla. Parte horizontal formada por el fondo de la sección de un canal o dren. Capa que se construye sobre un terreno para desplantar cimientos o asentar tuberías.

Pluviógrafo. Aparato o dispositivo también llamado pluviómetro registrador, integrado por un recipiente y un sistema graficador que registra la altura del agua caída en función del tiempo.

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

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

Pozo de absorción. Estructuras construidas en suelos permeables para infiltración del agua.

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

Precipitación Pluvial.- Se da este nombre al agua, granizo o nieve que cae en forma de lluvia cuando el vapor del agua que forma las nubes se condensa y cae a la superficie del suelo.

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

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

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

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

PVSM. Peso Volumétrico Seco Máximo.

R

Rasante. Proyección del desarrollo del eje del fondo de un conducto para escurrimiento de agua.

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

Rejilla. Estructura metálica para evitar el paso de cuerpos que arrastra el agua.

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

S

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

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

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

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

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

T

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

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

Tirante. Distancia vertical entre la plantilla de un cauce o conducto y la superficie libre del agua.

Trazo. Plasmar en campo la línea base o trayectoria de la obra

U

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

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

V

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

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

ANEXOS TÉCNICOS

CLAVE	CONTENIDO
APL-1	SECCIÓN DE ZANJA Y REPOSICIÓN DE PAVIMENTO
APL-2	CUNETA DE CONCRETO
APL-3.1	BOCA DE TORMENTA TIPO PISO
APL-3.2	BOCA DE TORMENTA TIPO PISO DE CONCRETO REFORZADO
APL-3.3	BOCA DE TORMENTA TIPO BANQUETA
APL-3.4 Ti	BOCA DE TORMENTA TIPO BANQUETA
APL-3.5 Ti	BOCA DE TORMENTA TIPO BANQUETA
APL-3.6 Ti	BOCA DE TORMENTA MIXTA
APL-3.7 Ti	REJILLA DE PISO
APL-4	UBICACIÓN DE BOCA DE TORMENTA
APL-5	LOCALIZACIÓN DE TUBERÍA EN VIALIDAD
APL-6	CONEXIÓN EN TUBERÍAS
APL-7.1	POZO DE VISITA COMÚN
APL-7.1 Ti	POZO DE VISITA COMÚN
APL-7.2	POZO DE VISITA ESPECIAL
APL-7.2 Ti	POZO DE VISITA ESPECIAL
APL-7.3	POZO CAJA
APL-7.4	POZO CAJA UNIÓN
APL-7.5	POZO DE VISITA PREFABRICADO DE FIBRA DE VIDRIO
APL-7.6	POZO DE VISITA PREFABRICADO DE CONCRETO REFORZADO
APL-7.7	POZO CON CAÍDA Y DEFLECTOR INTERIOR
APL-7.8	POZO CAJA DEFLEXIÓN
APL-7.9	ESTRUCTURA DE CAÍDA ESCALONADA
APL-7.10	TAPA CIEGA DE FIERRO FUNDIDO
APL-7.11 Ti	TAPA CIEGA DE FIERRO FUNDIDO DE 91 cm Ø (36")
APL-8	ESTRUCTURA DE DESCARGA
APL-8.1 Ti	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN Y DESCARGA
APL-8.2 Ti	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN Y DESCARGA

APL-8.3 Ti	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN Y DESCARGA
APL-8.4 Ti	ESTRUCTURA DE CAPTACIÓN Y DESCARGA
APL-9	PROTECCIÓN DE TUBERÍAS
APL-10	DIÁMETRO ECONÓMICO
APL-11	TAMAÑO DE LOS PLANOS
APL-12.1	SIMBOLOGÍA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL I
APL-12.2	SIMBOLOGÍA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL II
APL-13	VADO POR BANQUETA

BIBLIOGRAFÍA

Documentos normativos para Vialidades publicados por la SIDUE en el Periódico Oficial del Estado:

- “Manual de Dispositivos para el Control del Tránsito en Vialidades en el Estado de Baja California”, (Sección III, 19 de Octubre de 2001).
- “Normas Técnicas de Proyecto y Construcción para Obras de Vialidades del Estado de Baja California”, (Sección IV, 19 de Octubre de 2001).
- “Normas Técnicas de Construcción de Pavimentos para Obras de Vialidades del Estado de Baja California”, (Sección I, 22 de Octubre de 2004).
- “Normas Técnicas de Mantenimiento de Pavimentos para Obras de Vialidades del Estado de Baja California”, (Sección II, 22 de Octubre de 2004).
- “Normas Técnicas para Proyecto de Sistemas de Agua Potable y Normas Técnicas para Proyecto de Sistemas de Alcantarillado Sanitario”, (Sección III, 29 de Agosto de 2003).
- “Normas Técnicas de Construcción para Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario”, (13 de Agosto de 2004).

Otros Documentos utilizados:

- “Normativa para la Infraestructura del Transporte de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (Normativa SCT)”.
- “Manual de Proyecto Geométrico de Carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes”.
- “Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) DE LA Comisión Nacional del Agua”.
- “Norma Oficial Mexicana NOM-001-CNA-1995, Sistema de Alcantarillado Sanitario, Especificaciones de Hermeticidad”.
- “Manual General para Supervisión y Control de Proyectos y Obras de Infraestructura del Estado de Baja California”.
- “Manual para Proyectos de Alcantarillado Pluvial, edición 2000 de la Comisión Nacional del Agua.”
- Bibliografía para calcular el Brake Horse Power (BHP) de una bomba centrífuga:
“[1].- PUMP HANDBOOK. Edited by Igor J. Karassik, William C. Krutzsch, Warren H. Frazer; Worthington Puma, Inc. And Joseph P. Messina. Public Service Electric and gas Company. New Jersey Institute of Technology. 1976, McGraw-Hill, Inc.”
- Para cárcamos de bombeo:

Hydraulic Institute. Section 9.8 "Pump Intake Design Standard", páginas 109 y 110
Appendix B-2 Minimum Pump Volum Sequence.

- Para datos de cavitación en las bombas centrifugas
Selecting Large Pumping Units. Williams Duncan, Jr. And Carlos G. Bates. United States Department of the Interior. Bureau of Reclamation. A Water Resources Technical Publication Engineering Monograph No. 40, 34 pages."
- CNA, 1996. Manual de Ingeniería de Ríos, Capítulo 3. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos.
- Sistema General de Unidades de Medida (NOM-008-SCFI-2002) publicado en el Periódico Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
- Manual de normas de la CONAGUA Diseño de instalaciones mecánicas y selección de equipo mecánico libro V, 4.1, tomo I capítulo 8 Diseño de Cárcamo de Bombeo 1994

COMITÉ TÉCNICO DE ELABORACIÓN DE LAS “NORMAS DE PROYECTO PARA OBRAS DE ALCANTARILLADO PLUVIAL EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA”.

**Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado
Subsecretaría**

Arq. Sergio Eduardo Montes Montoya

Dirección de Agua y Saneamiento
M.C. Ing. Luis Manuel Venegas Rodríguez

Coordinación de la Norma
Ing. Ignacio Gómez Bravo

Delegación de la SIDUE
Tijuana - Playas de Rosarito
Ing. Mario Alberto Mayen Arias

Comisión Nacional del Agua
M.C. Ing. Arturo Paredes Rodríguez

Comisión Estatal de Agua
Ing. Salvador Zamora Lara

XIX Ayuntamiento de Ensenada
Dirección de Control Urbano
Ing. Roberto Contreras Lofra

XIX Ayuntamiento de Mexicali
Comité Técnico de elaboración de las “Normas de Proyecto para Obras de Alcantarillado Pluvial en el Municipio de Mexicali”

IV Ayuntamiento de Playas de Rosarito
Dirección de Obras y Servicios Públicos
Ing. Henry Alberto Castro Garcís

XIX Ayuntamiento de Tecate
Dirección de Obras y Servicios Públicos
Ing. Miguel Carpio Brito
Ing. Ramses Tapia Ordóñez

XIX Ayuntamiento de Tijuana
Dirección de Obras e Infraestructura Urbana Municipal
Ing. José Antonio Jaén Olmos

Universidad Autónoma de Baja California
Instituto de Ingeniería
Dr. Jorge Ramírez Hernández