

MINISTERIO DEL AGUA
VICEMINISTERIO DE SERVICIOS BÁSICOS

Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros

Tercera revisión
ICS 13.060.30
Aguas residuales

Abril 2007



Ministerio del Agua
Viceministerio de
Servicios Básicos

ÍNDICE

	Página
REGLAMENTO TÉCNICO DE DISEÑO DE CUNETAS Y SUMIDEROS.....	193
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN.....	193
2 CONSIDERACIONES GENERALES.....	193
3 CUNETAS	193
3.1 Definición.....	193
3.2 Diseño de cunetas.....	193
3.2.1 Cunetas de sección triangular.....	195
3.2.2 Cunetas parcialmente llena.....	198
3.2.3 Cuneta con sección compuesta	198
3.3 Descarga admisible.....	198
3.4 Valores de los coeficientes “n” de Manning para cunetas.....	199
3.5 Recomendaciones generales para proyectos	199
3.6 Ejemplos de cálculo	200
3.6.1 Caudal máximo teórico.....	200
3.6.2 Lámina teórica de agua junto al cordón	200
3.6.3 Velocidad de escurrimiento	201
3.6.4 Capacidad máxima admisible de la cuneta.....	201
4 SUMIDEROS.....	201
4.1 Definición.....	201
4.2 Tipos de sumideros	202
4.2.1 Sumideros de acuerdo a la abertura o entrada.....	202
4.2.2 Sumideros de acuerdo a la localización.....	204
4.2.3 Sumideros de acuerdo al funcionamiento	205
4.3 Elección del tipo de sumidero	205
4.4 Ubicación y espaciamiento entre sumideros.....	206
4.5 Diseño de sumideros.....	207
4.5.1 Sumidero simple intermediario y de boca calle - lateral o de ventana	208
4.5.2 Sumidero intermediario y de boca calle - con reja y sin depresión	210
4.5.3 Sumidero de puntos bajos.....	212
4.5.3.1 Sumidero lateral o de ventana	212
4.5.3.2 Sumidero con reja	212
4.5.3.3 Sumidero combinado o mixto.....	213
4.6 Coeficientes de seguridad para sumideros	213
4.7 Ejemplos de cálculo	214
4.7.1 Sumidero intermedio lateral o de ventana con depresión.....	214
4.7.1.1 Referencia rápida para sumideros de ventana con depresión.....	216
4.7.2 Sumidero con reja	216
4.7.2.1 Referencia rápida para sumideros con reja	217
OTRAS FIGURAS.....	219

REGLAMENTO TÉCNICO DE DISEÑO DE CUNETAS Y SUMIDEROS

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

El presente Reglamento Técnico da vigencia y declara de obligatorio cumplimiento a la norma NB 688 “Diseño de Sistemas de Alcantarillado Sanitario y Pluvial”, especialmente en el Capítulo 6.

Este Reglamento está destinado a ingenieros proyectistas involucrados en el diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales. Contiene los principales aspectos que deben ser considerados con el objetivo de uniformar el diseño de cunetas y sumideros.

2 CONSIDERACIONES GENERALES

Las cunetas y los sumideros colectores son los elementos diseñados para recolectar el escurrimiento pluvial que drena a través de las calles. Estas estructuras deben ser convenientemente ubicadas y dimensionadas. Los sumideros tienen cajas o cámaras, las cuales están conectadas a la red de alcantarillado pluvial.

3 CUNETAS

3.1 Definición

Las cunetas son las depresiones en los extremos de las vías, calles o calzadas que recogen el escurrimiento pluvial que drena a éstas.

3.2 Diseño de cunetas

Para determinar la capacidad de un sumidero colector, es necesario conocer primero las características del escurrimiento en la cuneta aguas arriba de éste.

La capacidad de una cuneta depende de su forma, pendiente y rugosidad. Si se conocen las pendientes transversal y longitudinal de la calle, la cuneta puede representarse como un canal abierto de sección triangular y su capacidad hidráulica puede estimarse con la fórmula de Manning de flujo uniforme. La deducción de esta ecuación, se presenta en el numeral 3.2.1. Ésta ha sido usualmente representada mediante el nomograma de Izzard que resuelve la siguiente ecuación:

$$Q_o = 0,375 \cdot \sqrt{I} \cdot \left(\frac{z}{n} \right) \cdot y_o^{8/3}$$

donde:

Q_o	Caudal en la cuneta, en m ³ /s
I	Pendiente longitudinal
$1/z$	Pendiente transversal
n	Coefficiente de rugosidad de Manning
y_o	Profundidad de flujo, en m

Es necesario considerar que “n” debe ser incrementado para tener en cuenta el efecto de flujo lateral en la calle (véase tabla 1), pues el flujo extendido y poco profundo y la profundidad transversal variable, hace que no sea simétrico y que la distribución de los esfuerzos cortantes sea irregular.

La suposición de flujo uniforme en cunetas no es estrictamente correcta, pues se tienen condiciones de flujo espacialmente variado en la medida en que los aportes se incrementan en la dirección de flujo en la cuneta.

Para pendientes longitudinales del orden de 1 % el error de suponer flujo uniforme es de alrededor del 3 %; sin embargo, éste se incrementa en la medida en que la pendiente disminuye, de tal manera que para pendientes muy suaves, la capacidad de la cuneta es notoriamente menor que la estimada con la ecuación de Manning. En estos casos el flujo en la cuneta debe estimarse con base en flujo espacialmente variado.

Por otra parte, cuando el flujo en la cuneta se remansa alrededor del sumidero, la profundidad es controlada por las características de entrada a este último en lugar de la hidráulica de la cuneta.

En general las cunetas se construyen con una pendiente transversal del 2 %. Cuando el flujo es del orden de 100 L/s es conveniente interceptar el escurrimiento con un sumidero.

a) Nomograma de Izzard

El nomograma de Izzard, permite calcular la altura de agua en el cordón o bordillo de acera para un caudal dado o viceversa. En los cálculos se debe tener presente que la altura de agua obtenida es para una longitud de cuneta suficiente para establecer un escurrimiento uniforme, siendo esta longitud probablemente 15 m. Invariablemente, una cuneta va gradualmente acumulando agua de modo que el caudal no es constante a lo largo de su longitud.

Cuando la sección transversal de la cuneta consiste esencialmente de un pavimento con pendiente uniforme, el caudal puede ser rápidamente calculado usando el nomograma de Izzard para escurrimiento en un canal triangular. Este nomograma es también aplicable a secciones compuestas de dos o más partes de secciones diferentes.

El nomograma de Izzard fue construido con base a la anterior ecuación $Q_o = 0,375 \cdot \sqrt{I} \cdot \left(\frac{Z}{n}\right) \cdot y_o^{8/3}$, para el cálculo de cunetas o canales triangulares, fue presentada en 1946 en la publicación Proceedings Highway Research Board por el Ing. Izzard, de la Bureau Public Roads Washington. E.U.A. (figura 1).

El mismo nomograma también puede ser utilizado en el cálculo de cunetas en “V” para el caso de cunetas amplias.

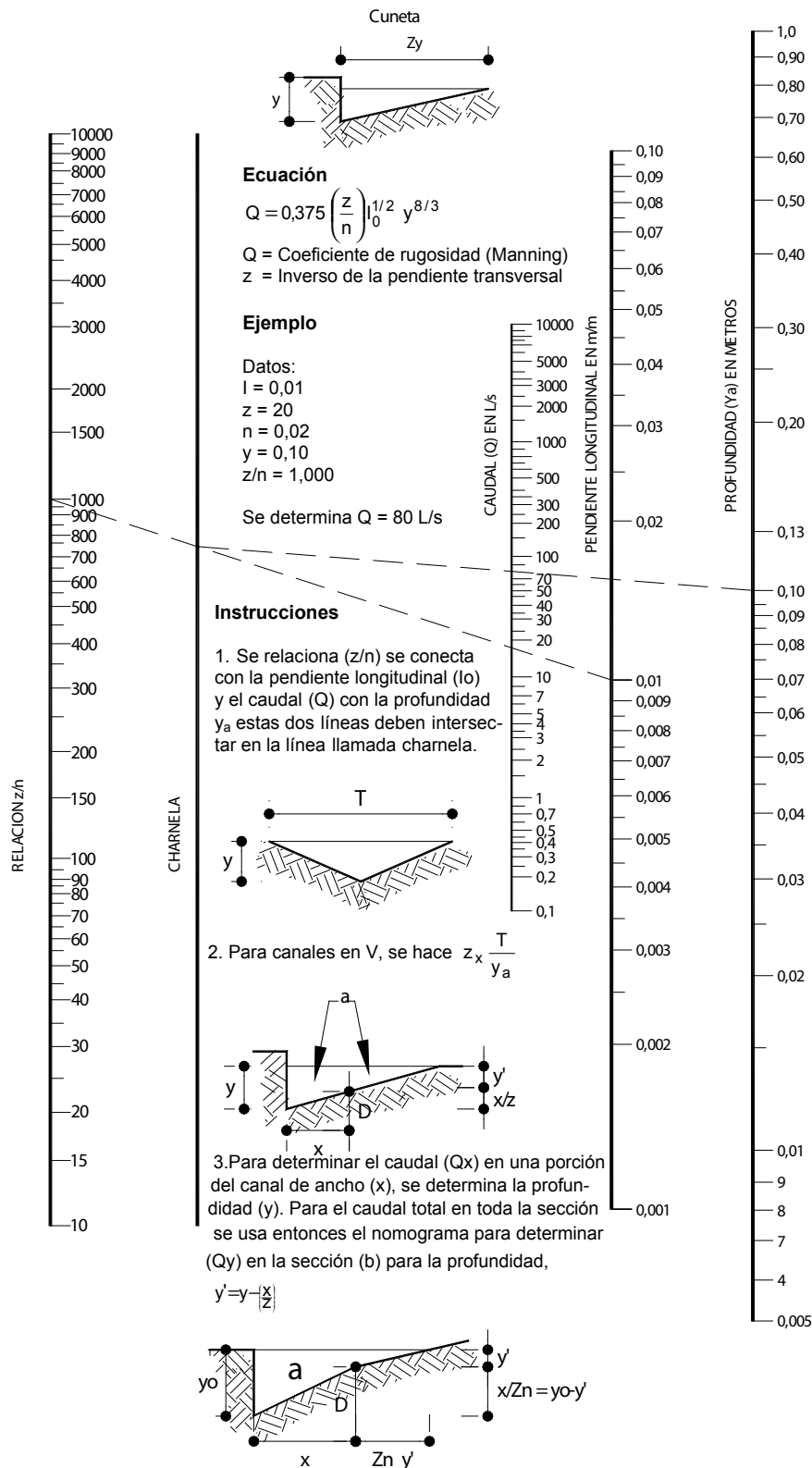


Figura 1 - Nomograma de Izzard para el cálculo de cunetas o canales triangulares

3.2.1 Cunetas de sección triangular

Son canales, en general de sección transversal triangular, situados en los laterales de las calles, entre el lecho vial y las aceras peatonales, destinados a colectar las aguas del escurrimiento

superficial y transportarlas hasta los sumideros colectores. Limitados verticalmente por el cordón de acera, tiene su lecho de concreto o el mismo material de revestimiento de la pista de rodadura (figura 2). En calles públicas sin pavimentación es frecuente la utilización de adoquín en la construcción del lecho de las cunetas, conocidas como líneas de agua.

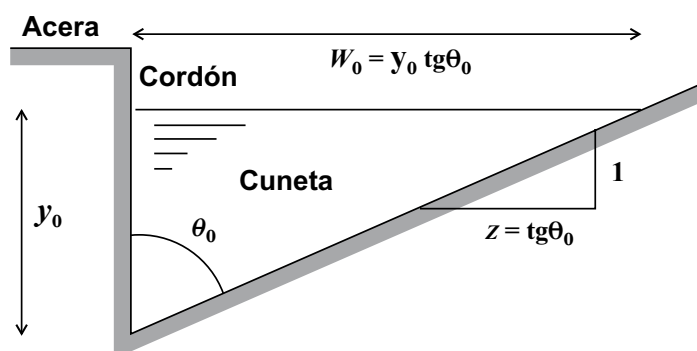


Figura 2 - Cuneta triangular

donde:

- y_0 Altura máxima del agua en el cordón de acera
- w_0 Ancho máximo del espejo de agua
- z y_0/w_0 , Inversa de la pendiente transversal

Para el cálculo del caudal de las cunetas es posible el empleo de la fórmula de Manning considerando una sección triangular:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

donde:

- v Velocidad de escurrimiento
- I Pendiente longitudinal de la cuneta
- n Coeficiente de rugosidad de Manning
- R Radio hidráulico
- Q $v \cdot A$. Ecuación de Continuidad
- A Área de la sección

A partir de la relaciones geométricas y considerando la figura 3, se tiene: $dQ = v \cdot dA$.

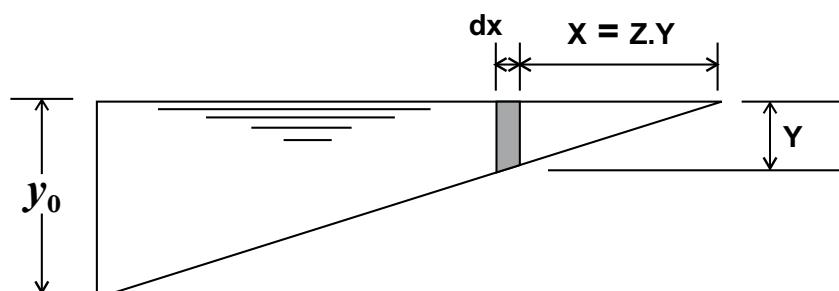


Figura 3 - Elementos de deducción de la capacidad de una cuneta en canal triangular

donde:

$$R = y \cdot dx / dx = y$$

$$dA = y \cdot dx$$

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = \frac{1}{n} \cdot y^{2/3} \cdot I^{1/2}; \quad y \quad dx / dy = z, \quad \text{o,} \quad dx = z \cdot dy$$

Luego,

$$dQ = \left(\frac{1}{n} \cdot y^{2/3} \cdot I^{1/2} \right) \cdot y \cdot dx; \quad \text{o,} \quad dQ = \left(\frac{1}{n} \cdot z \cdot y^{5/3} \cdot I^{1/2} \right) \cdot dy$$

Integrando la ecuación de dQ/dy para “y” variando de cero a y_o , se tiene:

$$Q_o = \sqrt{I} \cdot \frac{z}{n} \cdot \int_0^{y_o} y^{5/3} \cdot dy$$

De donde:

$$Q_o = \sqrt{I} \cdot \frac{z}{n} \cdot \left[\frac{y^{1+\frac{5}{3}}}{1+\frac{5}{3}} \right]_0^{y_o}$$

Resultando:

$$Q_o = 0.375 \cdot \sqrt{I} \cdot \left(\frac{z}{n} \right) \cdot y_o^{8/3}$$

Con Q_o en m^3/s y, y_o en metros. Para Q_o en L/s la ecuación toma la forma:

$$Q_o = 375 \cdot \sqrt{I} \cdot \left(\frac{z}{n} \right) \cdot y_o^{8/3}$$

Donde Q_o es el caudal máximo teórico transportado por una cuneta con pendiente longitudinal “I” y transversal “1/z”.

3.2.2 Cunetas parcialmente llena

El caudal transportado $Q (< Q_o)$ es calculado aplicando la ecuación anterior y substituyéndose “ y_o ” por “ y ” ($y < y_o$), como se muestra en la figura 4.

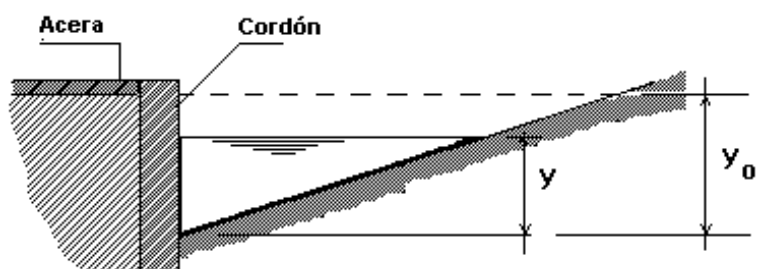


Figura 4 - Cuneta parcialmente llena

3.2.3 Cuneta con sección compuesta

Se calcula como si fuesen dos cunetas independientes y de la suma de ese cálculo se resta el caudal correspondiente al que escurre por la parte de la sección que les es común, es decir:

$$Q = Q_a + Q_b - Q_{a \cap b}; \quad y = y_o - y$$

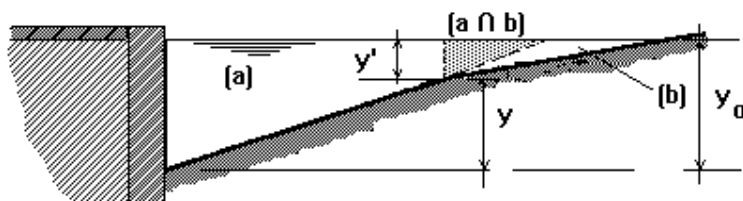


Figura 5 - Cunetas con sección compuesta

3.3 Descarga admisible

En el dimensionamiento de cunetas se debe considerar un cierto margen de seguridad en su capacidad, teniendo en cuenta los problemas funcionales que pueden reducir su poder de escurrimiento como provocar daños materiales con velocidades excesivas.

En las pendientes inferiores es frecuente el fenómeno de saturación y obstrucciones parciales a través de sedimentación de la arena y recojo de pequeñas piedras, reduciendo así, la capacidad de escurrimiento. En las pendientes mayores, la limitación de la velocidad de escurrimiento se torna un factor necesario para la debida protección a los peatones y al propio pavimento.

Ese margen de seguridad es conseguido por el empleo de “factor de reducción F ”, el cual puede ser obtenido de la figura 6. En este caso, cuando se calcula la capacidad máxima de proyecto, la ecuación está deducida en el numeral 3.2.1 y tiene la siguiente ecuación:

$$Q_{adm} = F \cdot Q_o = F \cdot \left[0,375 \cdot l^{1/2} \left(\frac{z}{n} \right) \cdot y_o^{8/3} \right]$$

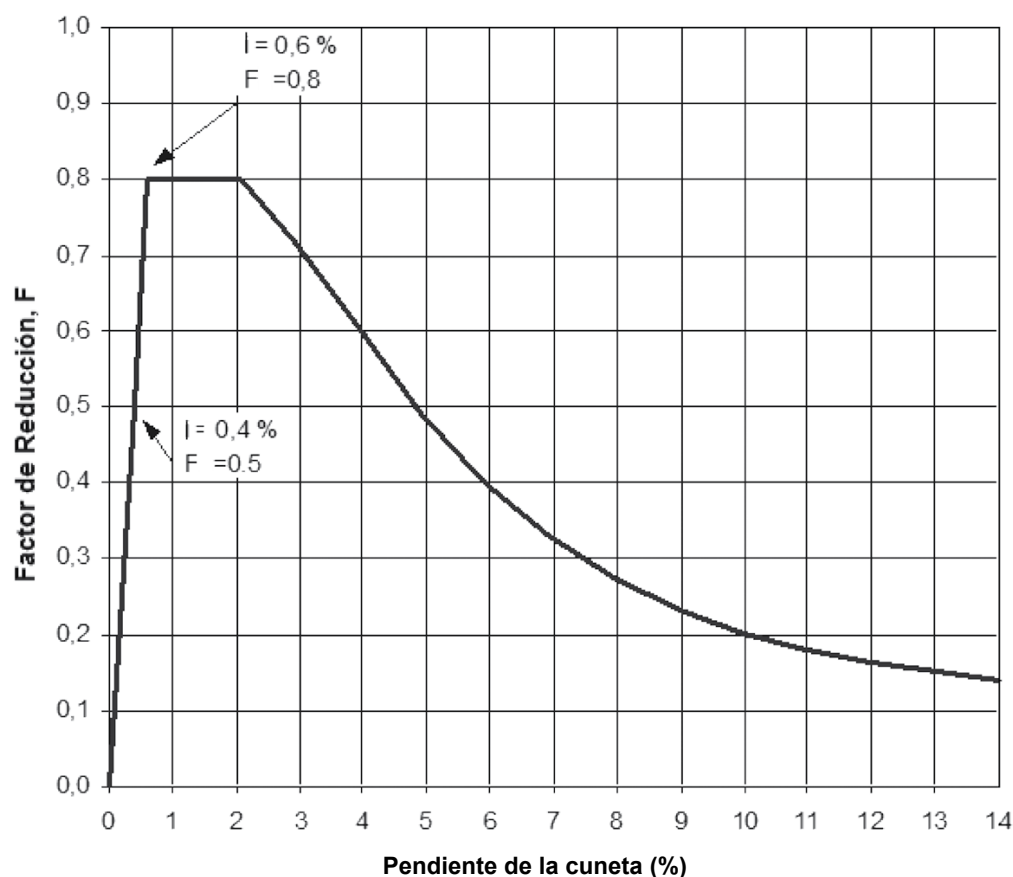


Figura 6 - Factor de reducción F

3.4 Valores de los coeficientes “n” de Manning para cunetas

Los valores de “n” pueden ser estimados en función de material y del acabado superficial de las cunetas, según la tabla 1.

Tabla 1 - Coeficientes de rugosidad de Manning

Tipo de superficie	“n”
Cuneta de hormigón con buen acabado	0,012
Revestimiento de asfalto con textura lisa	0,013
Revestimiento de asfalto con textura áspera	0,016
Revestimiento con lechada de cemento	
a) Acabado con frotachado	0,014
b) Acabado manual alisado	0,016
c) Acabado manual áspero	0,020
Revestimiento con adoquines	0,020
Cunetas con pequeñas pendientes longitudinales (hasta 2 %) sujetas a la acumulación de sedimentos, los valores “n” indicados deben ser incrementados en + 0,002 a 0,005	n

3.5 Recomendaciones generales para proyectos

Además de la recomendación de que las entradas de vehículos deben quedar para dentro del cordón de acera, una serie de recomendaciones prácticas deben ser observadas en

la definición de los perfiles longitudinales y transversales de las pistas de rodadura, para escurrimiento superficial y su conducción y captación sean facilitadas. La tabla 2, presenta una serie de valores límites y usuales que deben ser tomados en cuenta para la elaboración de proyectos de vías públicas.

Tabla 2 - Valores para proyectos de calles y avenidas

Datos característicos	Valores		
	Máximo	Mínimo	Usual
Pendiente longitudinal del pavimento	-	-	0,4 %
Pendiente transversal del pavimento	2,5 %	1,0 %	2,0 %
Pendiente transversal de la cuneta	10,05	2,0 %	5,0 %
Coeficiente de Manning	0,025	0,012	0,016
Altura del cordón de acera	0,20 m	0,10 m	0,15 m
Altura del agua en el cordón de acera	0,13	-	-
Velocidad de escurrimiento en la cuneta	3,0 m/s	0,75 m/s	-
Ancho de la cuneta sin estacionamiento	-	-	0,60 m
Ancho de la cuneta con estacionamiento	-	-	0,90 m

3.6 Ejemplos de cálculo

3.6.1 Caudal máximo teórico

Determinar el caudal máximo teórico en el extremo aguas debajo de una cuneta situada en un área con las siguientes características. $A = 2,0$ ha. $i = 700/t_c^{2/3}$, “i” en mm/h, y “t” en min, $C = 0,40$, y $t_c = 36$ min. Son datos de la cuneta $l = 0,01$ m/m, $z = 16$ y, $n = 0,016$.

Solución:

Siendo $Q = C.i.A$ para “i” en L/s ha, la ecuación de “i” para estas unidades está multiplicada por el factor 2,78, y así:

$$Q_o = 0,40 \cdot \left(\frac{700 \cdot 2,78}{36^{2/3}} \right) \cdot 2,0 = 143 \text{ L/s}$$

3.6.2 Lámina teórica de agua junto al cordón

Para el ejemplo anterior verificar la lámina teórica de agua junto al cordón de acera.

Solución:

$$y_o = \left[\frac{Q_o}{375 \cdot \left(\frac{z}{n} \right) \cdot l^{1/2}} \right]^{3/8} ; y_o = \left[\frac{143}{375 \cdot \left(\frac{16}{0,016} \right) \cdot 0,01^{1/2}} \right]^{3/8} = 0,12 \text{ m}$$

Que por ser menor que 13 cm es teóricamente aceptable.

3.6.3 Velocidad de escurrimiento

Para el mismo ejemplo anterior, verificar la velocidad de escurrimiento.

Solución:

$$v_o = Q / A ; \text{ donde } A = \frac{y_o \cdot w_o}{2} = \frac{y_o \cdot (z \cdot y_o)}{2};$$

donde:

$$v_o = \frac{0,143}{\left(\frac{0,122 \cdot 16}{2} \right)} = 1,24 \text{ m/s}$$

Como v_o es menor que 3,0 m/s, esto implica que en cuanto a la velocidad no habrá teóricamente problemas.

3.6.4 Capacidad máxima admisible de la cuneta

Calcular la capacidad máxima admisible de la cuneta del problema del numeral 3.6.1.

Solución:

$$Q_{adm} = F \cdot Q_o = F \cdot 0,375 \cdot l^{1/2} \cdot \left(\frac{z}{n} \right) \cdot y_o^{8/3}$$

Siendo:

$y_o = 13 \text{ cm}$; $l = 0,01 \text{ m/m}$; $z = 16$; y $n = 0,016$, se tiene, por la figura 6, $F = 0,80$;

Entonces,

$$Q_{adm} = 0,80 \cdot 375 \cdot 0,01^{1/2} \cdot \left(\frac{16}{0,016} \right) \cdot 0,13^{8/3} = 130 \text{ L/s}$$

4 SUMIDEROS

4.1 Definición

Los sumideros son elementos que pueden tener o no una capacidad establecida para interceptar el caudal pluvial que corre por la cuneta, para enseguida, conducirlo al sistema de drenaje pluvial. Son también frecuentemente llamadas bocas de tormenta.

Un sumidero ubicado en un punto bajo de una cuneta, puede captar eventualmente toda el agua que alcance (siempre que no quede completamente anegado). En los casos más comunes, de cuneta con pendiente uniforme en un único sentido longitudinal, las dimensiones significativas son el ancho de la reja normal y el ancho de abertura libre paralela al sentido de escurrimiento en la cuneta.

4.2 Tipos de sumideros

Los sumideros pueden ser de varios tipos y su selección está determinada por las características topográficas, el grado de eficiencia del sumidero, la importancia de la vía y la posibilidad de acumulación y arrastre de sedimentos en el sector.

Dependiendo del tipo de la estructura, localización y del funcionamiento, los sumideros colectores reciben varias clasificaciones agrupadas, como sigue:

a) Sumideros de acuerdo a la estructura de la abertura o entrada (figura 7)

- simples laterales o de ventana (figura 8)
- enrejados en cunetas
- combinados o mixtos
- enrejados en calzada
- especiales

b) Sumideros de acuerdo a la localización a lo largo de las cunetas

- intermedios
- de cruces o boca calles
- de puntos bajos

c) Sumideros de acuerdo al funcionamiento

- libres
- ahogados o saturados

4.2.1 Sumideros de acuerdo a la abertura o entrada

- a) **Sumideros laterales o de ventana**, consisten en una abertura en el bordillo o cordón de acera a manera de ventana lateral que permite la captación de agua que fluye por la cuneta. La ventana puede estar deprimida con respecto a la cuneta, lo cual permite mayor captación de escurrimiento.

Tienen la ventaja de que por su ubicación no interfiere con el tránsito, pero su mayor inconveniente radica en que captan fácilmente sedimentos y desperdicios, que puede mitigarse con la colocación de rejillas en la ventana.

Su eficiencia hidráulica disminuye si no existe depresión¹ en la cuneta o si se encuentra localizado en cunetas con pendiente longitudinal pronunciada.

Su longitud mínima es de 1,5 m, con una depresión mínima de 2,5 cm, con una pendiente hasta de 8 %. No es recomendable su uso en calles con pendientes longitudinales mayores al 3 %.

¹ Se llama sumidero de depresión a un rebaje hecho en la cuneta junto a la entrada del sumidero colector, con la finalidad de aumentar la capacidad de captación de este.

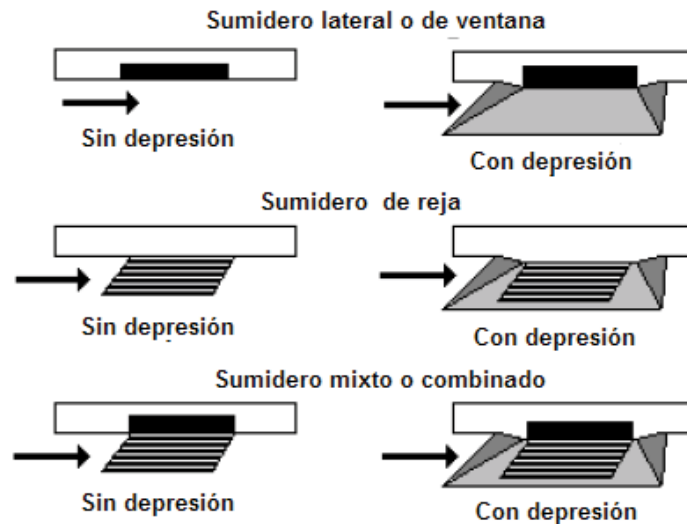


Figura 7 - Clasificación de sumideros de acuerdo a la abertura o entrada

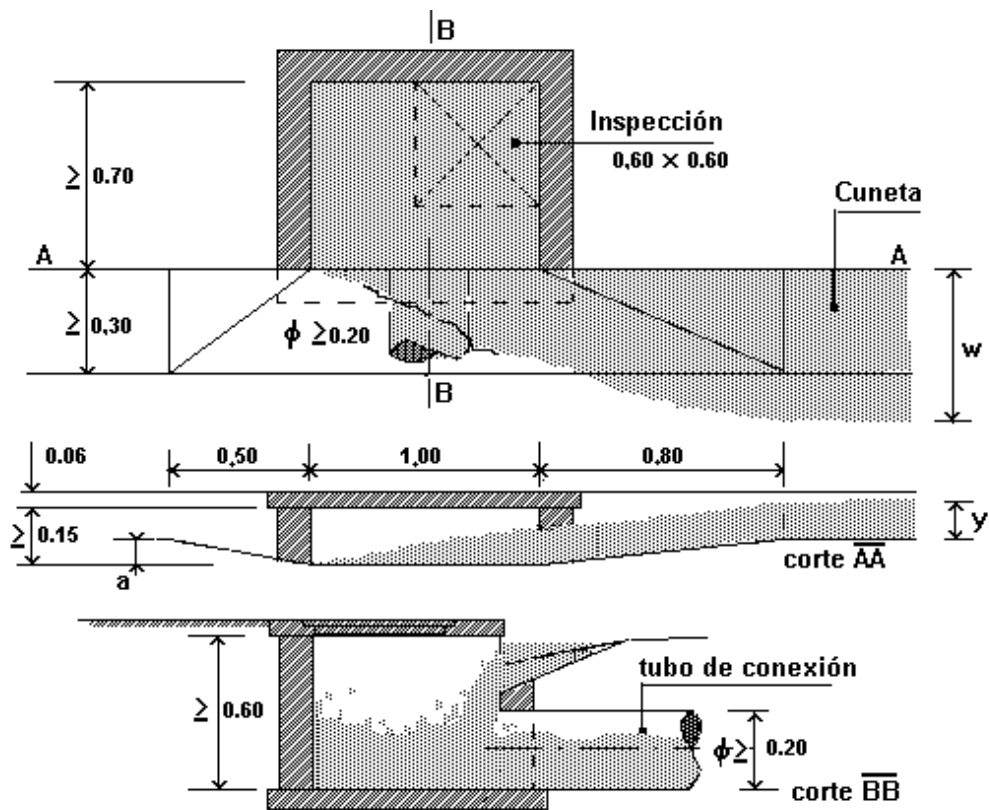


Figura 8 - Sumidero colector simple o lateral

- b) **Sumideros de reja en cunetas**, consisten en una caja o cámara donde penetran las aguas pluviales, cubierta con una rejilla, preferiblemente con barras en sentido paralelo al flujo, aunque pueden colocarse de manera diagonal para favorecer el tránsito de bicicletas, a menos que la separación de las barras paralelas al flujo sea de menos de 2,5 cm. Su mayor ventaja radica en su mayor capacidad de captación en pendientes longitudinales pronunciadas de las calles. Sin embargo, tiene la desventaja de que pueden captar desperdicios que reducen el área útil de la rejilla. Existen numerosos

tipos de rejillas, tales como aquellas de barras paralelas a la dirección de flujo (más común) a la calzada, de barras normales a dicha dirección. Las diferentes formas más comunes de barras son las rectangulares (pletinas) y las de sección circular. Utilizarlos de preferencia en calles o avenidas de pendientes pronunciadas (de un 3 % o más). No se deben utilizar sumideros deprimidos de rejillas cuando estos ocupen parte o la totalidad de la calzada. No se deben utilizar en puntos bajos, salvo cuando no sea posible colocar los de tipo ventana.

- c) **Sumideros combinados o mixtos**, consisten en una combinación de los dos tipos anteriores que pretende mejorar la eficiencia del sumidero de ventana y reducir la ocupación de la calzada del sumidero de rejillas. Su uso es recomendable en sitios donde en principio es preferible uno de ventana pero donde su eficiencia de captación es menor al 75 %. Es recomendable suponer un área efectiva del 67 % del área neta total de la reja y la ventana. Para calcular la capacidad combinada de estos sumideros, hay que considerar la ubicación relativa de los mismos y las variables determinantes de la capacidad de cada uno. La metodología consiste en sumar cuidadosamente los caudales de entrada, es decir, calcular por separado y sumar los caudales obtenidos. El cálculo debe hacerse con condiciones de aproximación diferentes; rara vez se puede determinar la capacidad sin recurrir a factores de seguridad.
- d) **Sumideros de rejillas en calzada**, consisten en una caja transversal a la vía y a todo lo ancho de ésta, cubierta con rejillas. Su mayor inconveniente es el daño frecuente por el peso de los vehículos y la captación de desperdicios que reducen su área de captación de flujo.
- e) **Especiales**, que no pueden clasificarse entre ninguno de los cuatro tipos anteriores, pero funcionan con alguna de las características hidráulicas descritas para uno de esos tipos. Se recomienda emplear una de las metodologías generales para la estimación de capacidades de obras de pequeña envergadura. En caso de sumideros de gran tamaño, sería recomendable determinar su comportamiento mediante modelos hidráulicos. De acuerdo con el diseño de la caja, los sumideros se clasifican como sumideros con o sin sello hidráulico y como sumideros con o sin desarenador.

El sumidero con sello hidráulico se utiliza en sistemas combinados y su propósito es evitar la salida de gases y olores y la proliferación de mosquitos, mientras que el sumidero sin sello es propio de sistemas pluviales donde la naturaleza de las aguas de escurrimiento no genera los anteriores problemas. El sumidero con desarenador se usa cuando es previsible el arrastre de arenas y/o gravas por falta de pavimentación o por áreas tributarias con cobertura vegetal deficiente. Los sumideros con sello hidráulico o con desarenador requieren de mayor mantenimiento. Son utilizados en los siguientes casos: 1) conexión de calles con canales abiertos o cauces naturales, 2) colección de aguas superficiales de áreas extensas y 3) conexión directa entre colectores y pequeñas calles naturales.

4.2.2 Sumideros de acuerdo a la localización

- a) Los sumideros intermediarios son aquellos que se sitúan en puntos a lo largo de las cunetas donde la capacidad de estas alcanzan el límite máximo admisible
- b) Los sumideros de boca calle se sitúan inmediatamente aguas arriba de las secciones de las cunetas, en las esquinas de los manzanos de casas, naciendo la necesidad de evitar el prolongamiento del escurrimiento por el lecho de los cruces o boca calles
- c) Los sumideros colectores de puntos bajos se caracterizan por recibir contribuciones por dos lados, puesto que se sitúan en puntos donde hay la inversión cóncava de la pendiente de la vía, o sea en la confluencia de dos cunetas de un mismo lado de la vía

4.2.3 Sumideros de acuerdo al funcionamiento

- a) Dependiendo de la altura del agua en la cuneta y de la abertura del sumidero colector las que funcionan como vertedero y orificio respectivamente, siendo estas mas frecuentes en puntos bajos y en la mayoría con rejas

4.3 Elección del tipo de sumidero

La elección del tipo del sumidero colector es de esencial importancia para la eficiencia del drenaje de las aguas de superficie. Para que esta opción sea correcta, se debe analizar diversos factores físicos e hidráulicos, tales como el punto de localización, caudal de proyecto, pendiente transversal y longitudinal de la cuneta y de la calle, interferencia en el tráfico y las posibilidades de obstrucciones.

A continuación son citadas, para cada tipo de sumidero colector, las situaciones en que mejor cada una se adapta.

a) Sumidero lateral (figura 9)

- Puntos intermedios en cunetas con pequeña pendiente longitudinal ($I \leq 5 \%$).
- Presencia de materiales obstructivos en las cunetas.
- Calles de tráfico intenso y rápido.
- Aguas arriba de los cruces.

b) Sumidero con reja (figura 10)

- Cunetas con limitación de depresión.
- Inexistencia de materiales obstructivos.
- En puntos intermedios en calles con alta pendiente longitudinal ($I \geq 10 \%$).

c) Combinada (figura 11)

- Puntos bajos de las calles.
- Puntos intermedios de la cuneta con pendiente media entre 5 y 10 %.
- Presencia de residuos o basura.

d) Múltiple

- Puntos bajos.
- Cunetas con grandes caudales

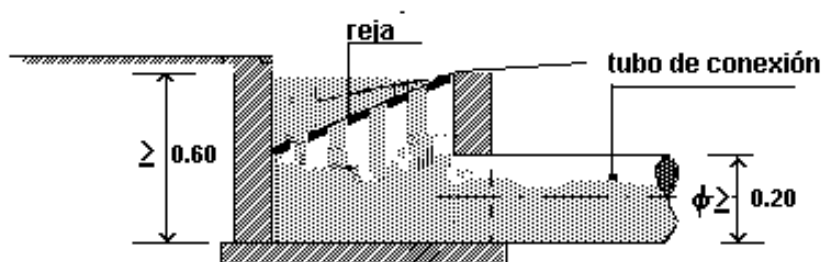


Figura 9 - Sumidero colector con reja

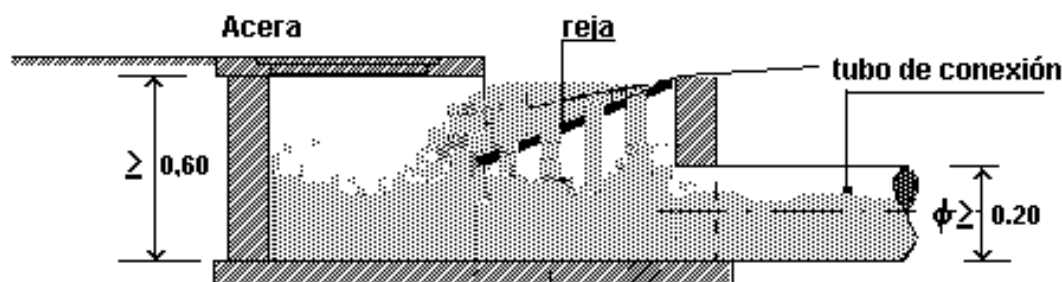


Figura 10 - Sumidero colector combinado



Figura 11 - Sumidero colector múltiple

4.4 Ubicación y espaciamiento entre sumideros

En general la ubicación y espaciamiento entre sumideros están definidos por la magnitud del caudal de escurrimiento pluvial que se concentra en un punto determinado y de las situaciones de inconveniencia para peatones y tráfico vehicular que este caudal pueda generar. Algunos criterios para su ubicación son los siguientes:

- a) Puntos bajos y depresiones de las calzadas.
- b) Reducción de pendiente longitudinal de las calles.
- c) Antes de puentes y terraplenes.
- d) Preferiblemente antes de los cruces de calles y pasos de peatones (cebras).

Se deben analizar los planos topográficos y de pendientes longitudinales de las calles para ubicar preliminarmente un determinado número de sumideros, el cual podrá ser aumentado o reducido mediante el cálculo de caudales que justifiquen la decisión.

También es necesario tener en cuenta otras recomendaciones que deben llevarse a la práctica durante la etapa de la construcción, las cuales son:

- a) Analizar el esquema geométrico de cada calle, particularmente su sección transversal, de tal forma de decidir si se debe o no construir un sumidero en cada lado, o solo en el lado bajo.
- b) En las intersecciones de calles y en especial cuando deba impedirse el flujo transversal, pueden crearse pequeñas depresiones para garantizar la completa captación de las aguas.
- c) No se deben ubicar sumideros en lugares donde puedan interferir otros servicios públicos como electricidad y teléfonos.

Los sumideros colectores intermedios son frecuentes en manzanos de casas con frentes extensos, o sea, donde los cruces de las calles consecutivos se encuentran bastante apartados uno del otro.

Un criterio racional es verificar la capacidad de la cuneta para, analíticamente, adecuarse a la necesidad o no de sumideros intermedios. Hay autores, que prefieren limitar el espaciamiento entre dos pares consecutivos usando como criterio el área de la calle y otros, la distancia entre ellos. Recomiendan, por ejemplo, un par de sumideros colectores a cada 500 m² de calle y otros a cada 40 m del eje.

De un modo general la frecuencia de pares de sumideros colectores ocurre a cada 40 m a 60 m., de longitud de calle o a cada 300 m² a 800 m² de área de la misma.

Se establece como norma de referencia el espaciamiento máximo entre sumideros en función a la pendiente de la calle según se muestra en la tabla 3.

Tabla 3 - Ubicación de sumideros y ubicación

Pendiente (%)	Espaciamiento (m)
0,4	50
0,4 a 0,6	60
0,6 a 1,0	70
1,0 a 3,0	80

En calles mayores a 20 m de ancho y pendientes mayores, la distancia máxima será de 50,0 m.

4.5 Diseño de sumideros

Los sumideros deben dimensionarse para que en conjunto puedan captar las aguas de escurrimiento esperadas para el período de retorno de diseño.

Como paso inicial en el dimensionamiento de los sumideros colectores, se debe observar que las de punto bajo deben ser dimensionadas con una holgura adicional, considerando la posibilidad de obstrucciones en sumideros situados a aguas arriba, en caso existan, en las cunetas contribuyentes. Aún, si su localización fuese en puntos donde no hubiere cruce de calles la unidad deberá captar obligatoriamente 100 % de los caudales afluentes.

La capacidad de una boca de tormenta/sumidero, cualquiera sea su tipo, depende de la altura de agua en el tramo de acera aguas arriba del sumidero. Si ésta estuviese ubicada en un tramo de pendiente uniforme, la altura de agua en la cuneta dependerá de sus características como conducto libre. Tales características incluyen la sección transversal, la pendiente y la rugosidad de la cuneta y de las superficies del pavimento sobre el cual escurre el agua.

En la determinación de la capacidad del sumidero, la primera condición es que las características de escurrimiento en conducto libre de la cuneta aguas arriba sean conocidas.

El dimensionamiento de la tubería de conexión del sumidero al sistema de alcantarillado, desde una cámara receptora, debe tener un diámetro mínimo de 200 mm (8 plg), pendiente superior al 2 % y en general, no debe tener una longitud mayor de 15 m.

Se conectará directamente la boca de tormenta con la cámara de inspección. El diámetro mínimo de los tubos de descarga de los sumideros será de 200 mm (8 plg).

4.5.1 Sumidero simple intermediario y de boca calle - lateral o de ventana

Son sumideros colectores situados sobre aceras y abertura en el cordón, en general dotados de depresión como se muestran en la figura 7. Se utilizan como elementos de captación del escurrimiento pluvial en vías confinadas por cordones de acera. Así, el caudal de proyecto a ser captado y de la lámina de agua junto al cordón, se procura un caudal por metro lineal, para una depresión adecuada, de modo que la longitud de la abertura no sea inferior a 0,60 m y ni superior a 1,50 m.

Estos elementos y la pendiente transversal de la calzada determinan una sección triangular para el flujo de aproximación al sumidero, el cual tiene poca profundidad y un ancho superficial condicionado por las normas que limitan el grado de interferencia con el tránsito de vehículos.

Método Hsiung-Li

Para sumideros colectores estándares o normalizados con dimensiones en función de la depresión “a”, conforme lo mostrado en la figura 12.

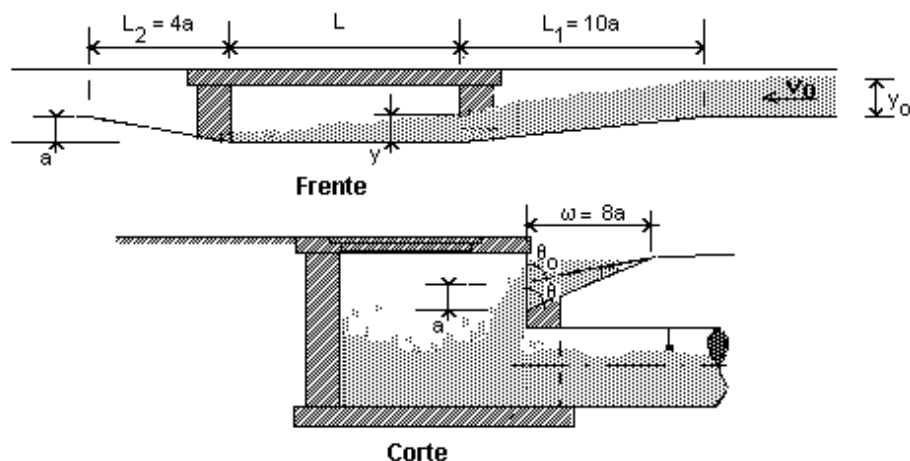


Figura 12 - Sumidero lateral con depresión “a”

donde:

$$\frac{Q}{L} = (K + C) \cdot (\sqrt{y^3 \cdot g})$$

Con $K = 0,23$ si $z = 12$ y $K = 0,20$ si $z = 24$ y 48 . El valor de “C” es determinado por la expresión:

$$C = \frac{0.45}{1.12^M}$$

Siendo “M” definido como:

$$M = \frac{L \cdot F^2}{a \cdot \tan \theta}$$

Con:

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{w}{\left[\left(\frac{w}{\operatorname{tg} \theta_o} \right) + a \right]} \quad ; \quad F^2 = 2 \cdot \left(\frac{E}{y} - 1 \right)$$

donde:

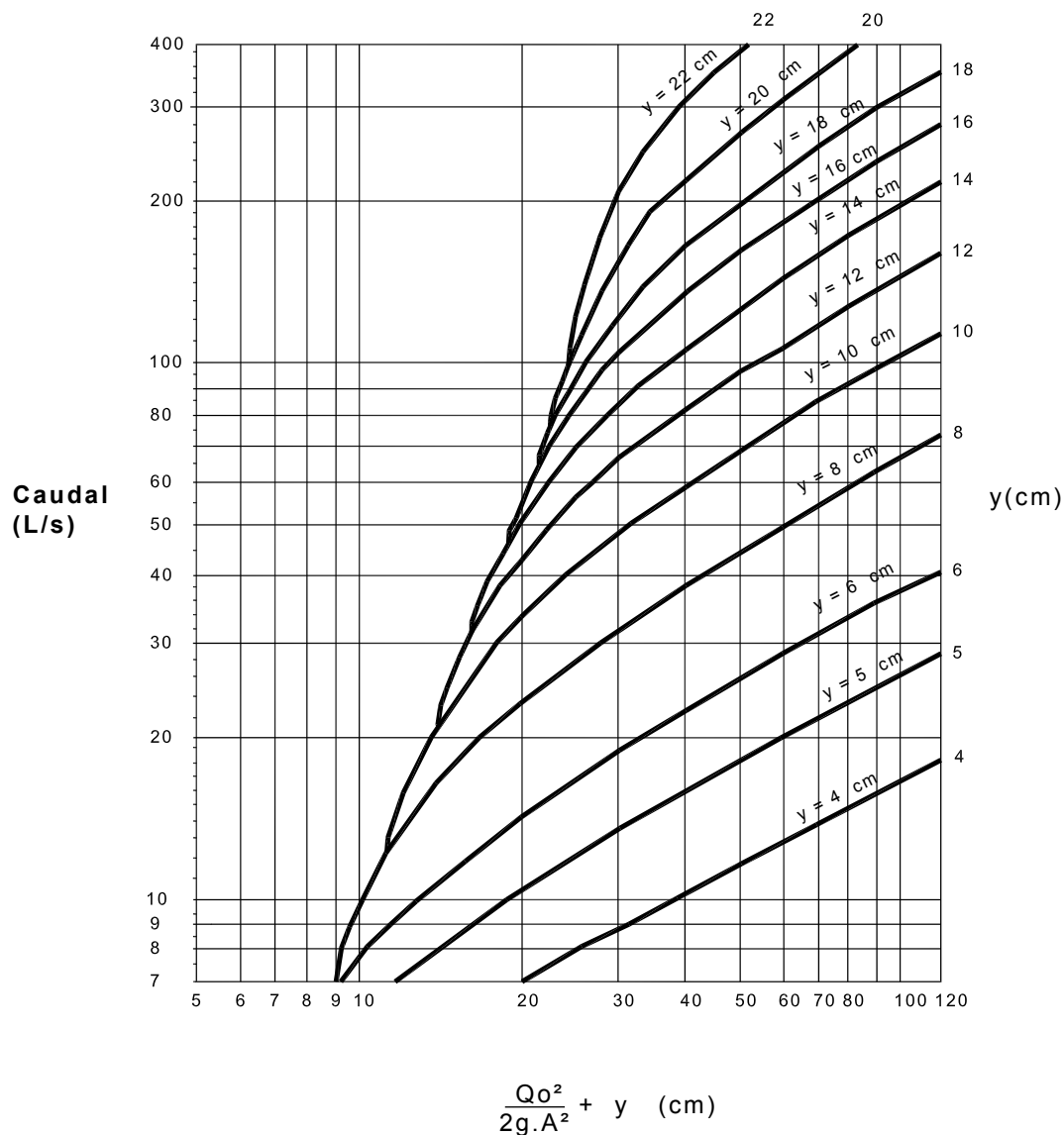
w Ancho del rebaje.

Se determina el valor de “E” a través de la ecuación:

$$E = \frac{v^2}{2 \cdot g} + y$$

$$E = \frac{v_o^2}{2 \cdot g} + y_o + a$$

Luego, “y” con la figura **13**, en función de E y Q_o


 Figura 13 - “y” en función de E y Q_o

4.5.2 Sumidero intermediario y de boca calle - con reja y sin depresión

Estudios realizados por el Prof. Wen-Hsiung-Li, de la Universidad Johns Hopkins, Baltimore, U.S.A, indicaron para el cálculo de las dimensiones del sumidero enrejado, la ecuación:

$$L = 0,326 \cdot \left(\frac{z}{n} \cdot l^{1/2} \right)^{3/4} \cdot \left[\frac{Q_o^{1/2} \cdot (w_o - w)}{z} \right]^{1/2}$$

Con la utilización de la figura 14:

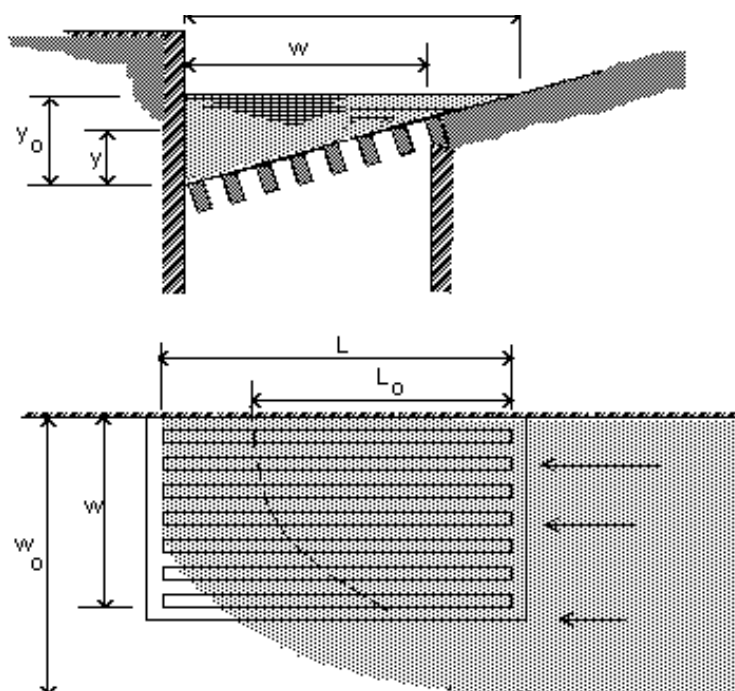


Figura 14 - Sumidero colector intermediario y de boca calle con rejas y sin depresión

donde:

- L Longitud total de la reja, en m
- z Inverso de la pendiente transversal
- I Pendiente longitudinal, en m/m
- N Coeficiente de rugosidad de Manning
- Q_o Caudal de proyecto, en m^3/s
- w_o Ancho del espejo de agua en la cuneta, en m
- w Ancho horizontal de la reja, en m

Calculada la extensión se puede verificar que tipo de enrejado que puede o debe ser utilizado. Para esto se emplean las siguientes ecuaciones:

- a) $L_o = 4 \cdot v_o \cdot \left(\frac{y_o}{g} \right)^{1/2}$, para barras longitudinales, y
- b) $L'_o = 2 \cdot L_o$, para barras transversales.

donde:

- L_o Longitud necesaria para captar todo el caudal inicial sobre la reja longitudinal
- L'_o Ídem para la reja transversal
- V_o Velocidad media de aproximación del agua en la cuneta
- g Aceleración de la gravedad

La determinación del tipo de reja es hecha a través de las siguientes comparaciones:

- a) Caso L_o sea menor que L se puede emplear barras longitudinales, y
- b) Si L'_o es menor que L calculado, barras transversales también pueden ser empleadas en la construcción de la reja.

4.5.3 Sumidero de puntos bajos.

Estos sumideros de colectores pueden ser calculados para el funcionamiento ahogado, o así no sean, pueden llegar a funcionar como tal, contribuyendo para esto tormentas excesivas u obstrucciones de sumideros colectores aguas arriba por motivos imprevistos en el proyecto.

4.5.3.1 Sumidero lateral o de ventana

La capacidad de sumideros de ventana ubicados en puntos bajos, se determina en otras condiciones ya que su comportamiento hidráulico difiere de los ubicados en vías con pendiente. Si para el caudal de proyecto y las dimensiones de la abertura prevalece un régimen con superficie libre, la estructura opera como un vertedero de cresta ancha. Sin embargo cuando la carga de agua llega a ser mayor que la altura de la ventana, el sumidero se comportará como un orificio.

Entonces, siendo:

h	Altura en el cordón (y_o + depresión), en m
y	Altura máxima del agua a la salida de la cuneta, en m
L	Longitud de la abertura, en m
Q	Caudal de proyecto, en m^3/s

Se tiene que:

- a) Para cargas correspondientes a " $y \leq h$ ", el funcionamiento es como un vertedero y se dimensiona a través de la expresión:

$$\frac{Q}{L} = 1,703 \cdot \sqrt{y^3}$$

- b) Para cargas donde " $y \geq h$ " el comportamiento de la entrada es de orificio y la expresión de cálculo es:

$$\frac{Q}{L} = 3,101 \cdot h \sqrt{y - 0.5 \cdot h}$$

Para la relación $1,0 < y < 2,0$ el funcionamiento del sumidero es indefinido cabiendo al proyectista evaluar el comportamiento como vertedero o como orificio ahogado.

4.5.3.2 Sumidero con reja

Como se indicó anteriormente, el agua que fluye por la vía es interceptada mediante una reja constituida por pletinas metálicas separadas por una distancia tal, que sin resultar objetable para el tráfico, permita una máxima captación del escurrimiento.

Desde el punto de vista hidráulico, generalmente el flujo puede asimilarse a un flujo variado con descarga de fondo.

La ubicación de un sumidero de reja en punto bajo de la calzada, equivale hidráulicamente a la descarga por un orificio, dependiendo su capacidad de área del orificio y de la profundidad o carga de agua sobre la reja.

Entonces:

- Q Caudal de proyecto a ser captada, en m³/s
 P Perímetro del área con abertura, en m
 A Área total de las aberturas, en m² (ver figura 15)
 y Altura del agua sobre la reja, en m
 e Espaciamiento entre barras consecutivas (máximo 2,5 cm)

a) Para cargas de hasta 12 cm, reja como vertedero

$$\frac{Q}{P} = 1,655 \cdot \sqrt{y^3},$$

b) Para cargas iguales o superiores a 42 cm, reja como orificio

$$\frac{Q}{A} = 2,91 \cdot \sqrt{y}$$

Donde, para ambos casos se debe tomar un coeficiente de seguridad igual a 2,0, o sea, una holgura sobre la capacidad teórica una vez más.

c) Si $12 < y < 42$ cm, la situación es de transición entre vertedero y orificio, quedando el proyectista con la opción de escoger la hipótesis de cálculo que él mismo juzgara mas adecuada.

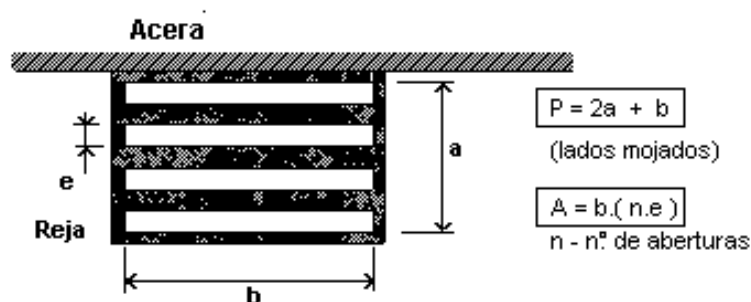


Figura 15 - Perímetro y Área de un sumidero con rejillas

4.5.3.3 Sumidero combinado o mixto

Normalmente usados para captación de caudales en puntos bajos, las ecuaciones serían las indicadas en sumideros con rejillas para las situaciones similares, sin aplicación de los coeficientes de seguridad.

4.6 Coeficientes de seguridad para sumideros

Como toda obra de ingeniería el sumidero no debe ser dimensionado para funcionamiento con su capacidad de captación límite igual al caudal de llegada, esto es, el caudal de definición de sus dimensiones debe ser un poco superior al caudal de proyecto de la cuneta que abastecerá.

Algunos factores pueden ser citados como razonables para este procedimiento, tales como:

- Obstrucciones causadas por residuos acarreados por el agua
- Irregularidades en los pavimentos de las calles, en la cuneta y en la entrada del propio sumidero
- Hipótesis de cálculo irreales

La ocurrencia de por lo menos una de estas situaciones ciertamente provocará perjuicios al buen funcionamiento del proyecto cuando se solicite en sus condiciones límites. Por motivo de estos argumentos se acostumbra utilizar los coeficientes de seguridad indicados en la tabla 4.

Tabla 4 - Coeficientes de seguridad para sumideros

Localización	Tipo	Factor de corrección
Punto bajo	Simples	1,25
	Con rejas	2,00
	Combinada	1,50
Punto intermedio	Simples	1,25
	Reja longitudinal	1,65
	Reja transversal	2,00
	Combinada con longitudinal	1,50
	Combinada con transversal	1,80

4.7 Ejemplos de cálculo

4.7.1 Sumidero intermedio lateral o de ventana con depresión

Calcular un sumidero colector intermedio con depresión $a = 10,5$ cm, capaz de captar un caudal teórico de 64 L/s, bajo las siguientes condiciones:

$w \quad 8a = 84$ cm.
 $z \quad \text{tg}\theta = 12$
 $l \quad 2,5 \%$
 $n \quad 0,016$

Solución:

a) Factor de seguridad (tabla 4) para un sumidero lateral intermedio es 1,25.

b) Caudal de proyecto

$$Q_p = 64 \times 1,25 = 84 \text{ L/s}$$

c) Valor de K, para $a \neq 0$, y $z = 12$, se tiene $K = 0,23$.

d) Cálculo de y_o

$$y_o = \left[\frac{Q_p}{375 \cdot \left(\frac{z}{n}\right) \cdot l^{1/2}} \right]^{3/8} ; y_o = \left[\frac{80}{375 \cdot \frac{12}{0,016} \cdot 0,025^{1/2}} \right]^{3/8} = 0,093 \text{ m}$$

e) Cálculo de v_o

$$v_o = \left[\frac{Q_p}{\frac{1}{2} \cdot y_o^2 \cdot \text{tg}\theta_o} \right] ; v_o = \left[\frac{0,080}{\frac{1}{2} \cdot 0,093^2 \cdot 12} \right] = 1,54 \text{ m/s}$$

f) Energía “E”

$$E = \frac{v_o^2}{2 \cdot g} + y_o + a; E = \frac{1,54^2}{2 \cdot 9,81} + 0,093 + 0,105 = 0,32 \text{ m}$$

g) Valor de “y”,

Por la figura 6, con E = 0,32 y Q_p = 80, se lee y = 13 cm.

h) Cálculo de F

$$F = 2 \cdot \left(\frac{E}{y} - 1 \right); F = 2 \cdot \left(\frac{0,32}{0,13} - 1 \right) = 2,92$$

i) Cálculo de tgθ

$$tg\theta_o = \frac{w}{\left(\frac{w}{tg\theta} + a \right)}; tg\theta_o = \frac{84}{\left(\frac{84}{12} + 10,5 \right)} = 4,8$$

j) Cálculo de C

La expresión de M exige un valor para “L”, y como aún no es conocido se admite L = 100 cm, como valor inicial para posteriormente verificar este valor. Así para L = 1, se tiene:

$$M = \frac{L \cdot F^2}{a \cdot tg\theta}; M = \frac{100 \cdot 2,92^2}{10,5 \cdot 4,8} = 5,79$$

$$C = \frac{0,45}{1,12^M}; C = \frac{0,45}{1,12^{5,79}} = 0,23$$

k) Caudal por metro lineal

$$\frac{Q}{L} = (K + C) \cdot (\sqrt{y^3 \cdot g}); \frac{Q}{L} = (0,23 + 0,23) \cdot \sqrt{0,13^3 \cdot 9,81} = 68 \text{ L/s}$$

Que es un resultado insatisfactorio porque, como fue admitido L = 1,0 m habría un defecto de más de 10 % del caudal de proyecto para sobrepasar el dimensionamiento del sumidero colector, lo que implica entonces que L > 1,0 m

i) Admitiendo L = 1,20 m, entonces C = 0,21 y Q/L = 65 L/s m, la capacidad de captación del sumidero es Q = 1,20 x 65 = 78 L/s, lo que proporciona un exceso de apenas 2 L/s (< 10 % Q_p), con lo que se acepta este diseño.

Observación: si a = 0, entonces C = 0 y y = y_o, y Q/L = 20 L/s, o sea, L = 4,0 m.

4.7.1.1 Referencia rápida para sumideros de ventana con depresión

En la tabla 5, se presentan valores que fueron obtenidos para sumideros laterales de 1,37 m de largo y 15 cm. de altura de ventana.

Tabla 5 - Valores para sumideros de ventana con depresión

Pendiente Calle %	Capacidad en L/s - para diferentes depresiones "a"			
	0 cm	5 cm	10 cm	15 cm
1,0	2,25	11,70	33,60	64,50
2,0	1,40	9,85	28,60	55,00
3,0	1,12	7,55	23,50	44,30
4,0	0,66	5,33	18,70	34,20
5,0	0,00	3,36	14,00	23,80

4.7.2 Sumidero con reja

Dimensionar un sumidero con reja para colectar un caudal de proyecto igual a 80 L/s, tomándose como ancho máximo de enrejado 0,60 m. Son conocidas también $I = 0,04$ m/m, $n = 0,020$ y $z = 20$.

Solución:

a) Cálculo de y_o

$$y_o = \left(\frac{Q_p}{375 \cdot \frac{z}{n} \cdot I^{1/2}} \right)^{3/8} ; y_o = \left(\frac{80}{375 \cdot \frac{20}{0,020} \cdot 0,04^{1/2}} \right)^{3/8} = 0,08 \text{ m}$$

b) Cálculo de w_o

$$w_o = y_o \cdot \operatorname{tg} \theta_o ; \quad w_o = 0,08 \cdot 20 = 1,6 \text{ m.}$$

c) Cálculo de L

$$L = 0,326 \cdot \left(\frac{z}{n} \cdot I^{1/2} \right)^{3/4} \cdot \left[\frac{Q_o^{1/2} \cdot (w_o - w)}{z} \right]^{1/2}$$

$$L = 0,326 \cdot \left(\frac{20}{0,020} \cdot 0,04^{1/2} \right)^{3/4} \cdot \left[\frac{0,08^{1/2} \cdot (1,60 - 0,60)}{20} \right]^{1/2} = 2,00 \text{ m}$$

d) Elección de la reja

d.1) Ensayando para barras longitudinales

$$v_o = \left[\frac{Q_p}{\frac{1}{2} \cdot y_o^2 \cdot \text{tg} \theta_o} \right]; \quad v_o = \left[\frac{0,08}{\frac{1}{2} \cdot 0,08^2 \cdot 20} \right] = 1,25 \text{ m/s}$$

Entonces,

$$L_o = 4 \cdot v_o \cdot \left(\frac{y_o}{g} \right)^{1/2}; \quad L_o = 4 \cdot 1,25 \cdot \left(\frac{0,08}{9,81} \right)^{1/2} = 0,45 \text{ m} < 2,0 \text{ m}$$

Entonces pueden ser usadas barras longitudinales

d.2) Ensayando para barras transversales

$$L'_o = 2 \cdot L_o; \quad L'_o = 2 \cdot 0,45 = 0,90 \text{ m.}$$

También indica que las barras transversales podrán ser utilizadas para la reja de la situación.

4.7.2.1 Referencia rápida para sumideros con reja

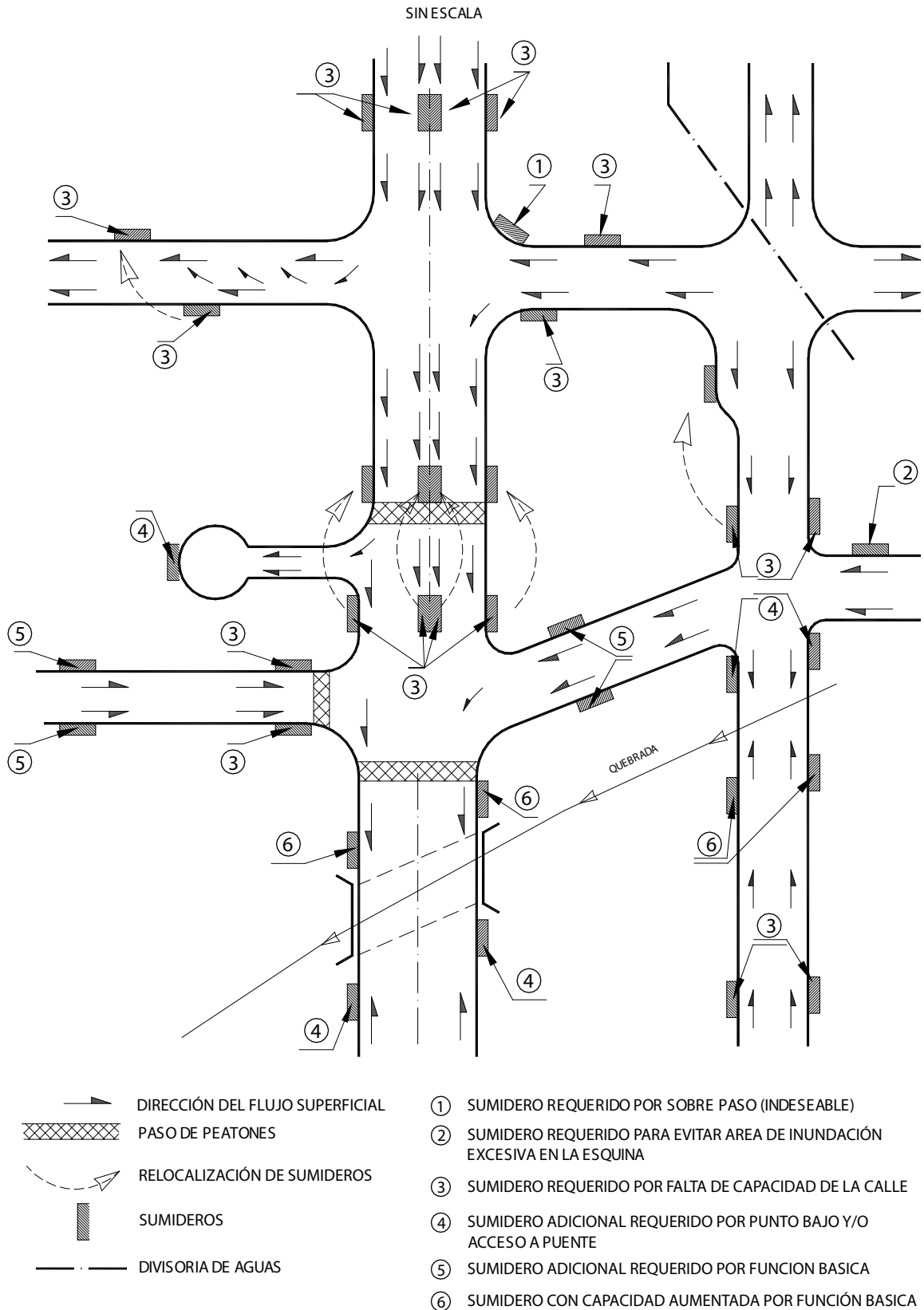
Como una referencia rápida y práctica para el diseño de sumideros de rejillas normalizados con dimensiones de 0,61 m x 0,90 m con una depresión de 5 cm se presenta la tabla 6.

Tabla 6 - Valores para sumideros de reja

Pendiente Calle (%)	Capacidad Sumidero (L/s)
0	104,0
1	99,0
2	94,5
3	89,5
4	84,5
5	79,70
6	75,30
7	70,70
8	66,50
9	63,00
10	59,30
12	52,50
14	47,80
16	43,90
18	41,10
20	39,00

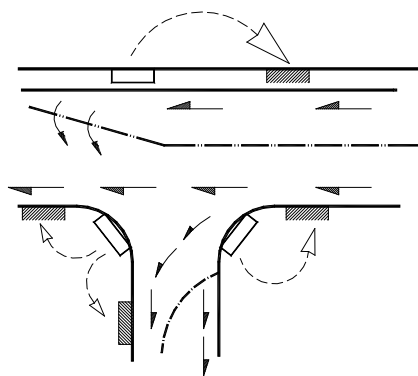
OTRAS FIGURAS

LOCALIZACIÓN DE SUMIDEROS

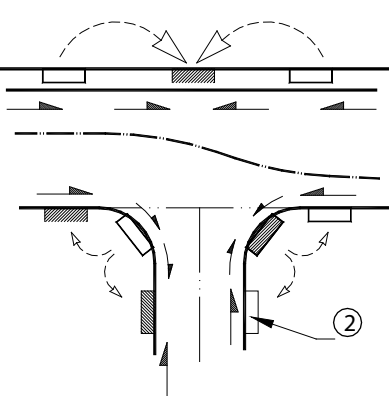


LOCALIZACIÓN DE SUMIDEROS

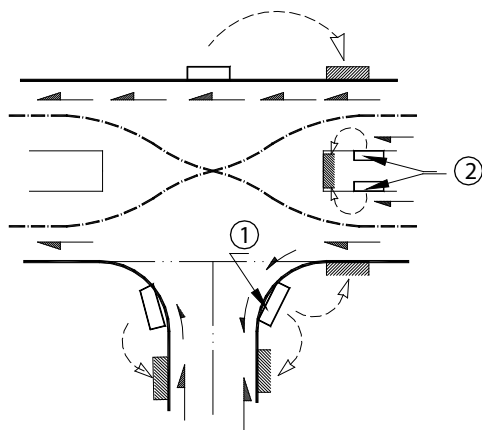
SIN ESCALA



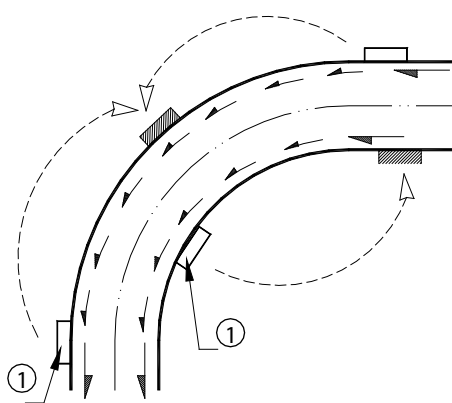
a) CRUCE CALLES LOCALES



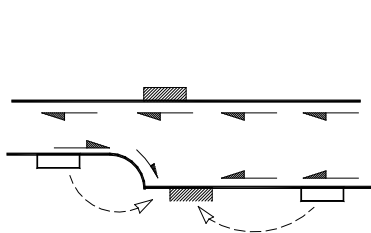
b) CRUCE CALLE LOCAL Y DISTRIBUIDORA



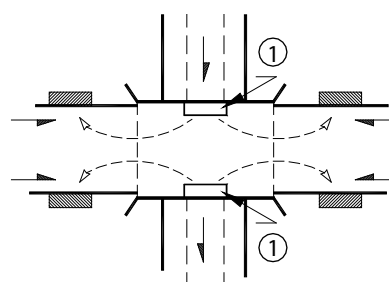
c) CRUCE CALLE LOCAL Y ARTERIAL



d) CURVA EN CALLE LOCAL



e) ENSANCHAMIENTO EN CALLE LOCAL

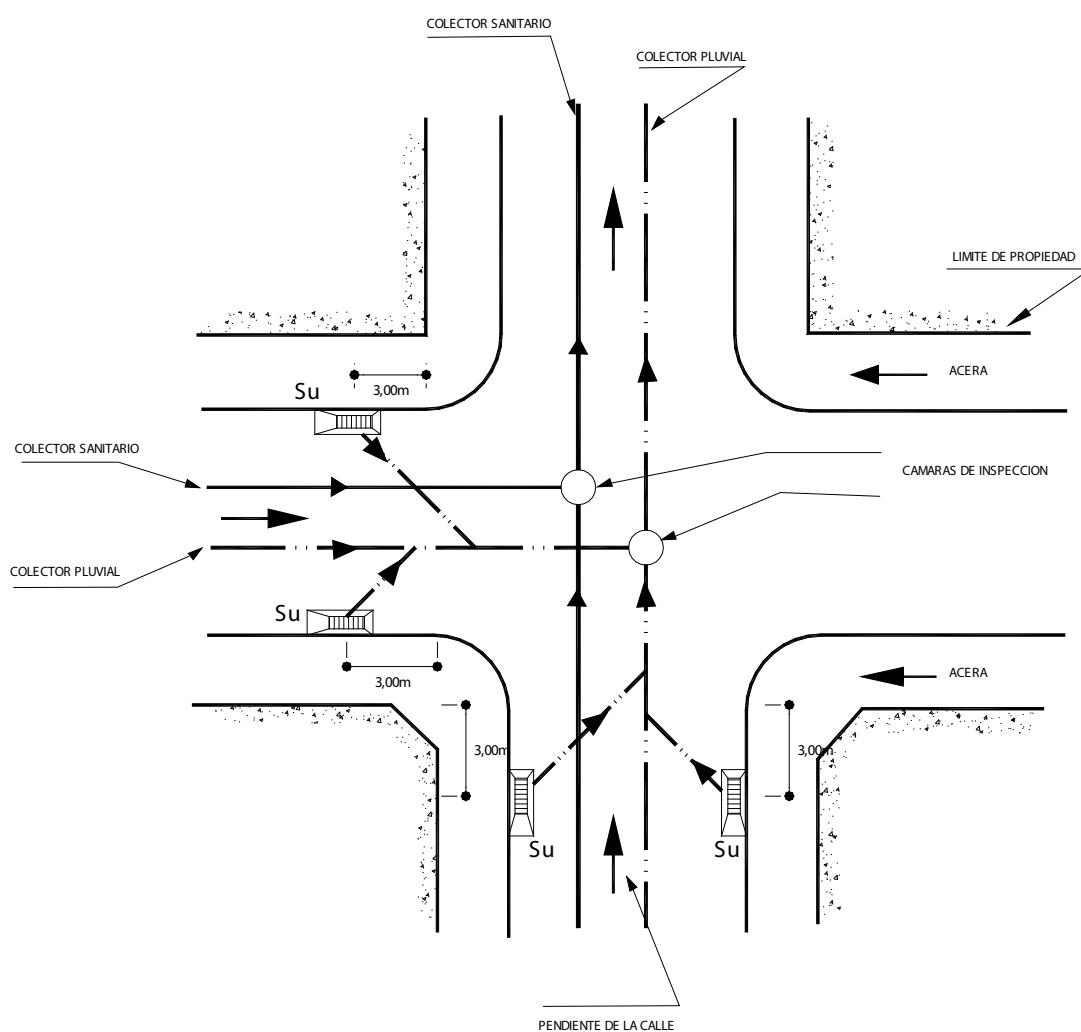


f) CALLE LOCAL CON PUENTE SOBRE CANAL O RÍO

- > DIRECCIÓN DEL FLUJO SUPERFICIAL
- · — · — LINEA DE CORONACIÓN
- - -> RELOCALIZACIÓN DE SUMIDEROS
- SUMIDERO CORRECTAMENTE UBICADO
- SUMIDERO INCORRECTAMENTE UBICADO
- ① SUMIDERO NECESARIO SOLO SI HAY SOBRE PASO (INDESEABLE)
- ② SUMIDERO NECESARIO SI EL AREA INUNDADA REMANENTE ES EXCESIVA

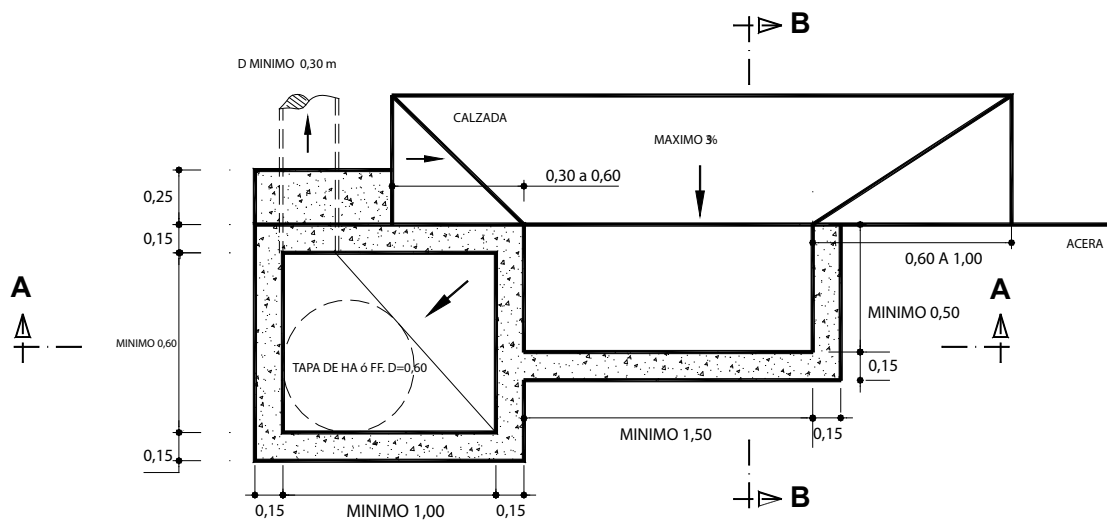
CONEXIÓN AL COLECTOR PÚBLICO MEDIANTE PIEZA ESPECIAL (T ó Y)

SIN ESCALA

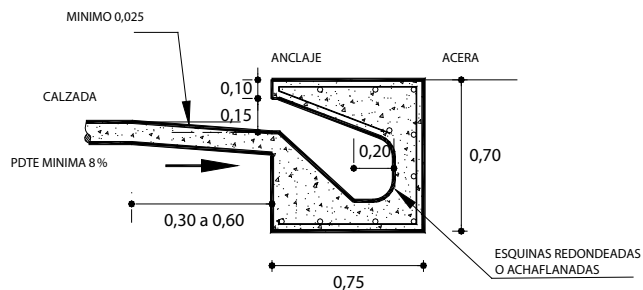
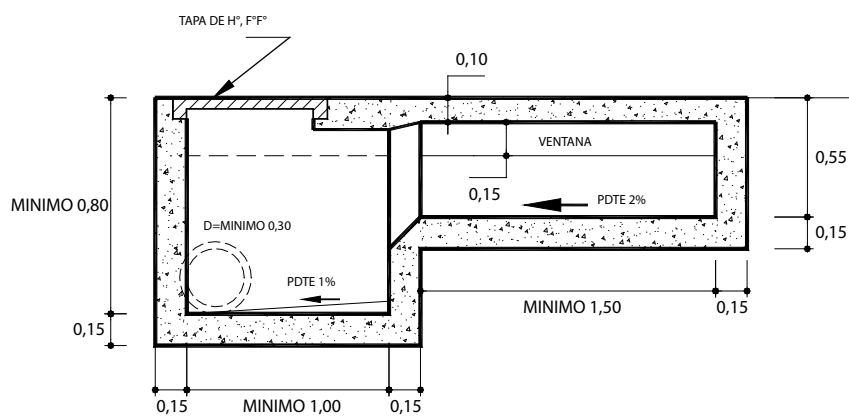


SUMIDERO TIPO VENTANA

SIN ESCALA
UNIDADES EN m



CORTE A - A

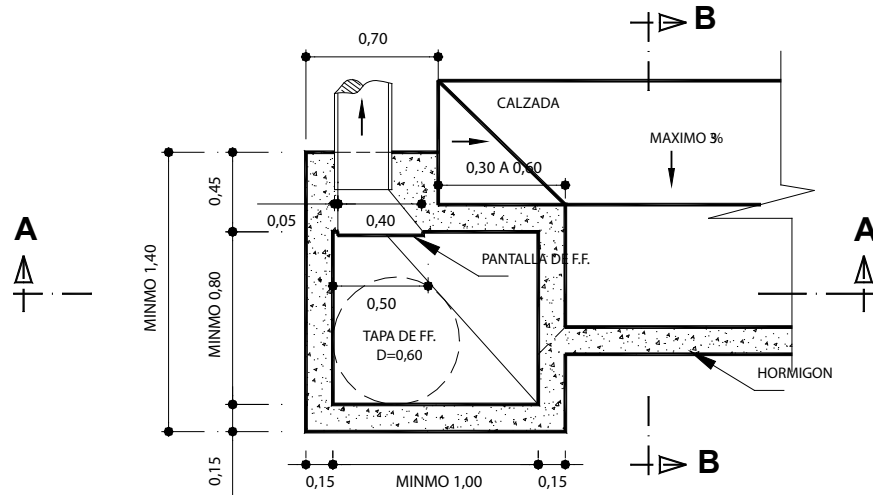


CORTE B - B

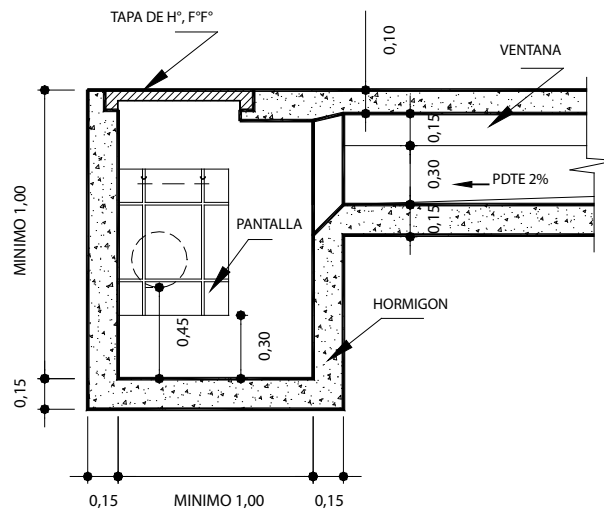
SUMIDERO TIPO VENTANA CON SELLO

SIN ESCALA

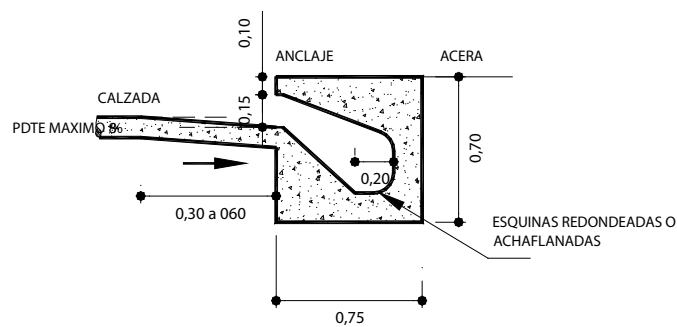
UNIDADES EN m



PLANTA

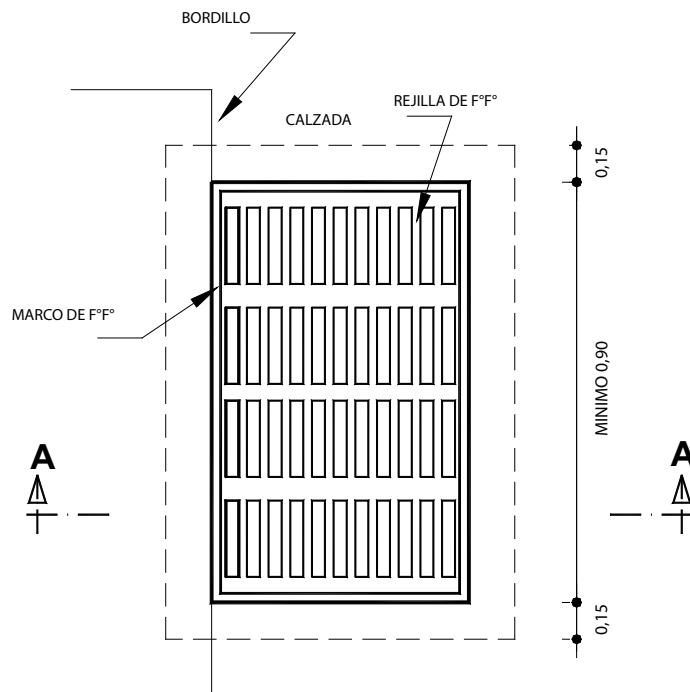


CORTE A - A

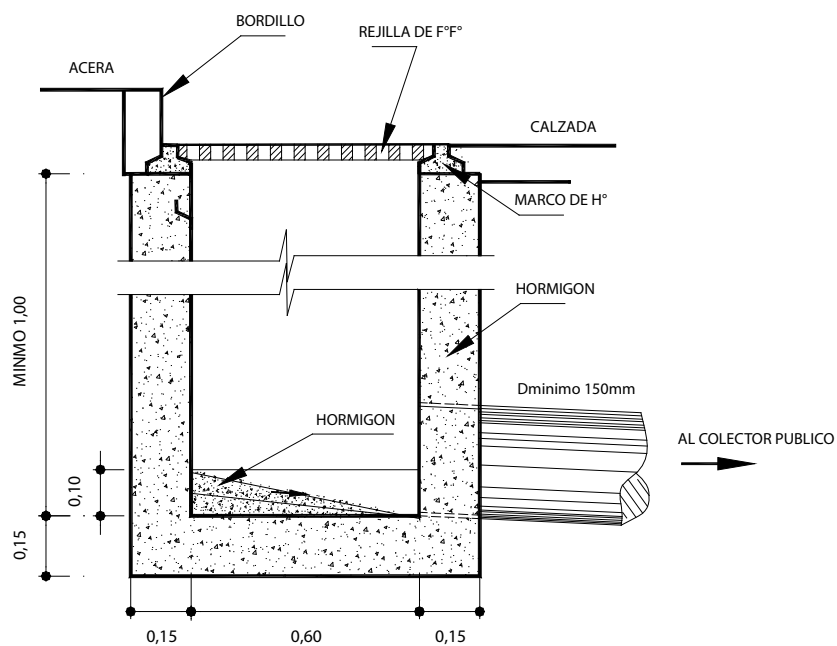


CORTE B - B

SUMIDERO DE REJILLA EN CUNETA SIN SELLO

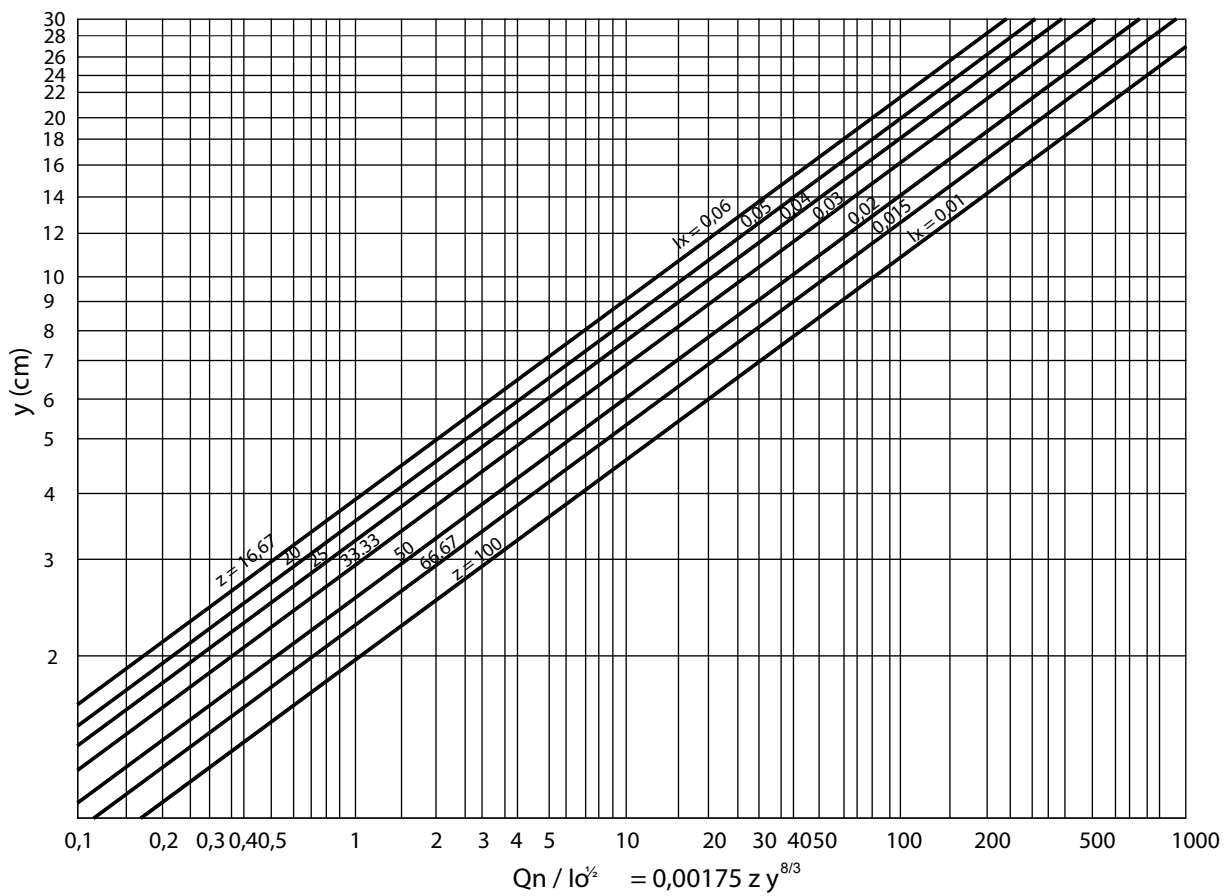
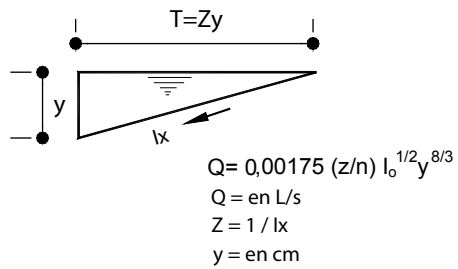
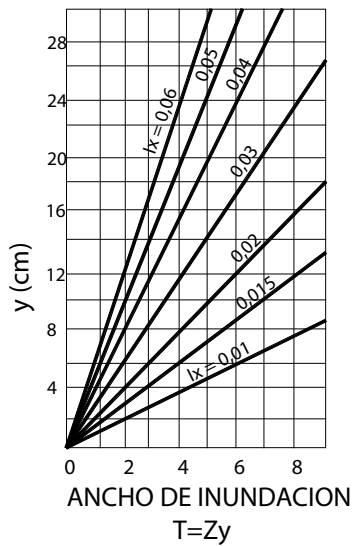


PLANTA

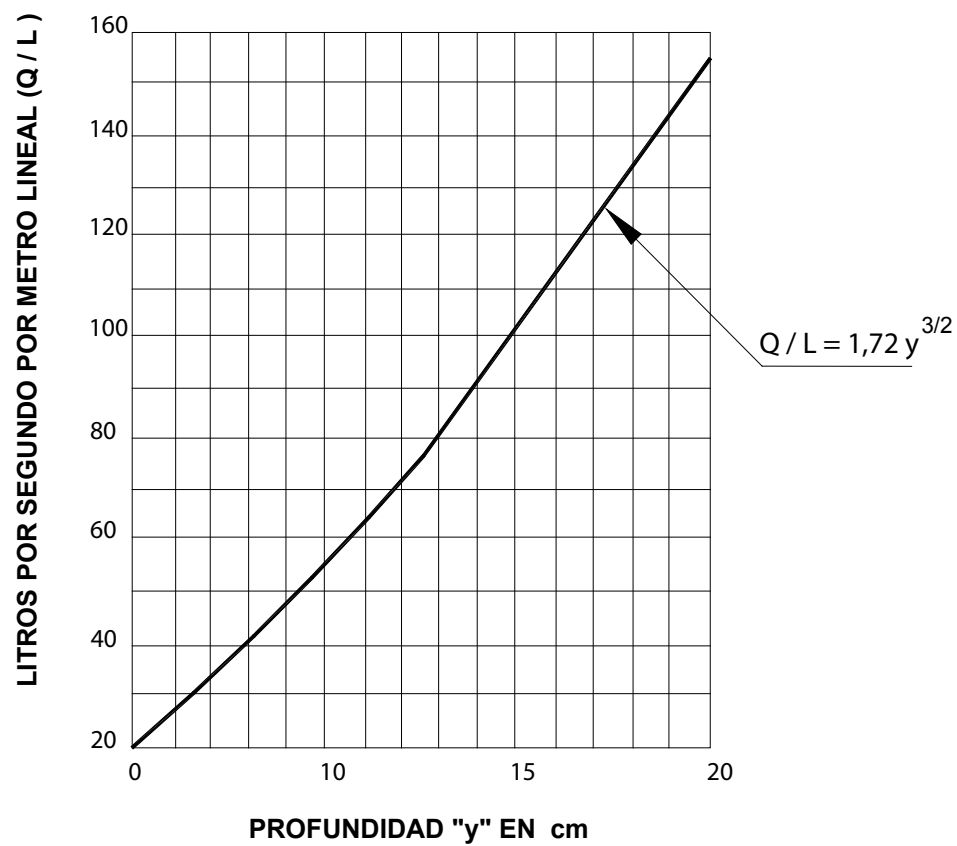
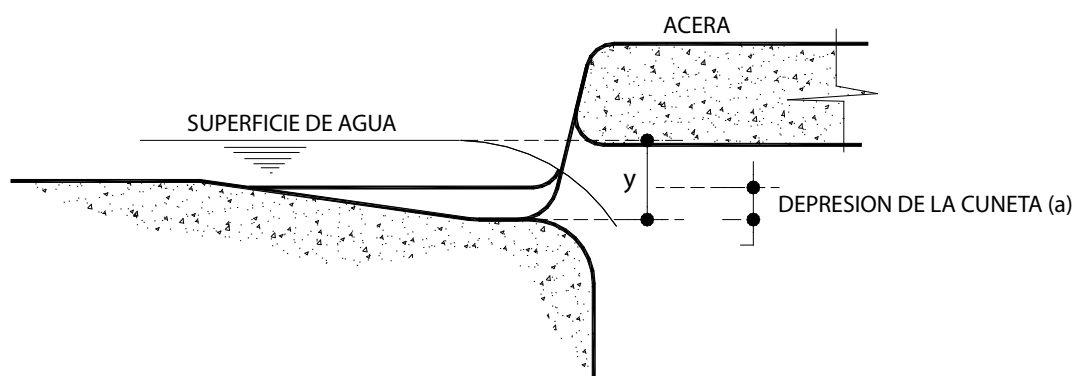


SECCIÓN A - A

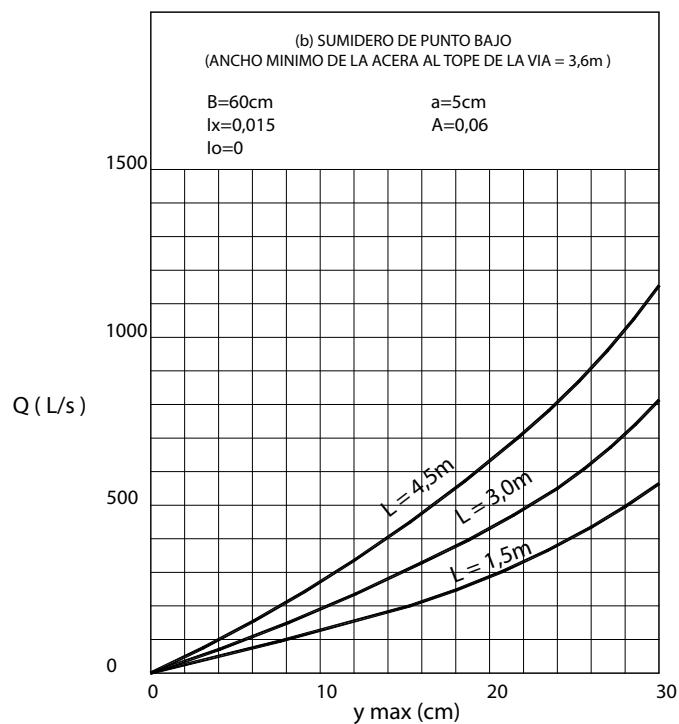
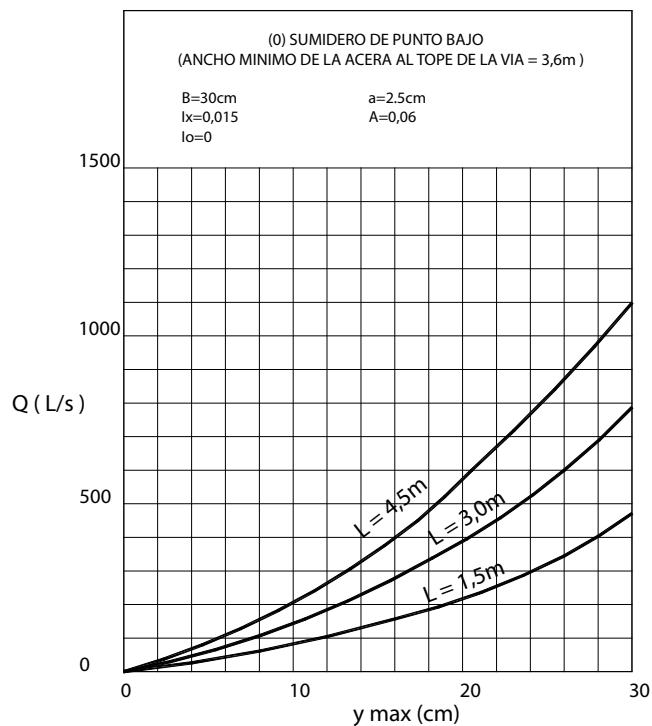
CAPACIDAD DE CALLES Y AVENIDAS



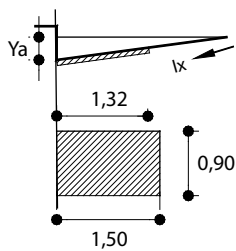
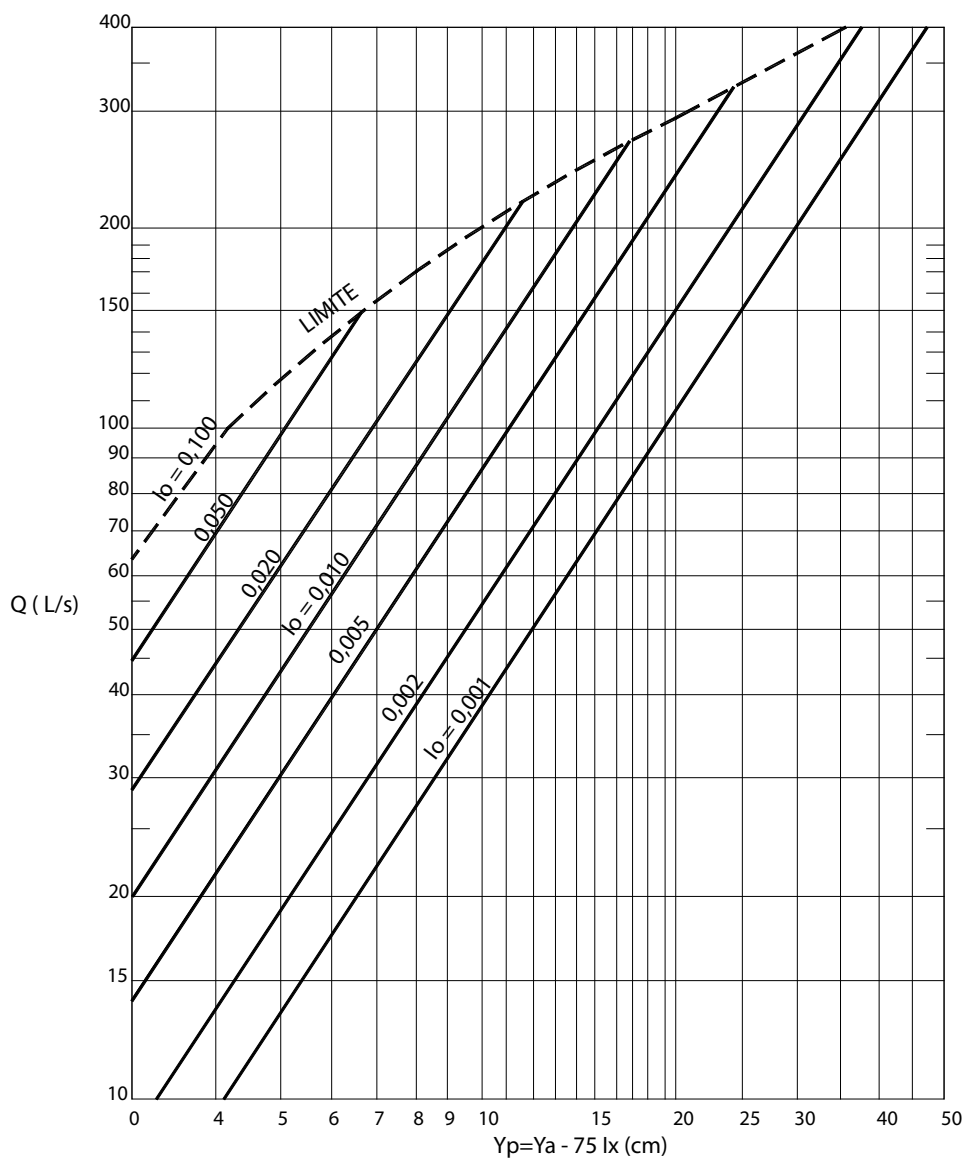
CAPACIDAD DE LOS SUMIDEROS DE VENTANA EN PUNTOS BAJOS



CAPACIDAD DE LOS SUMIDEROS NORMALIZADOS EN PUNTOS BAJOS



CAPACIDAD DE LOS SUMIDEROS NORMALIZADOS EN CALZADA (POSICIÓN NORMAL)

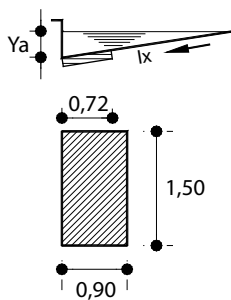
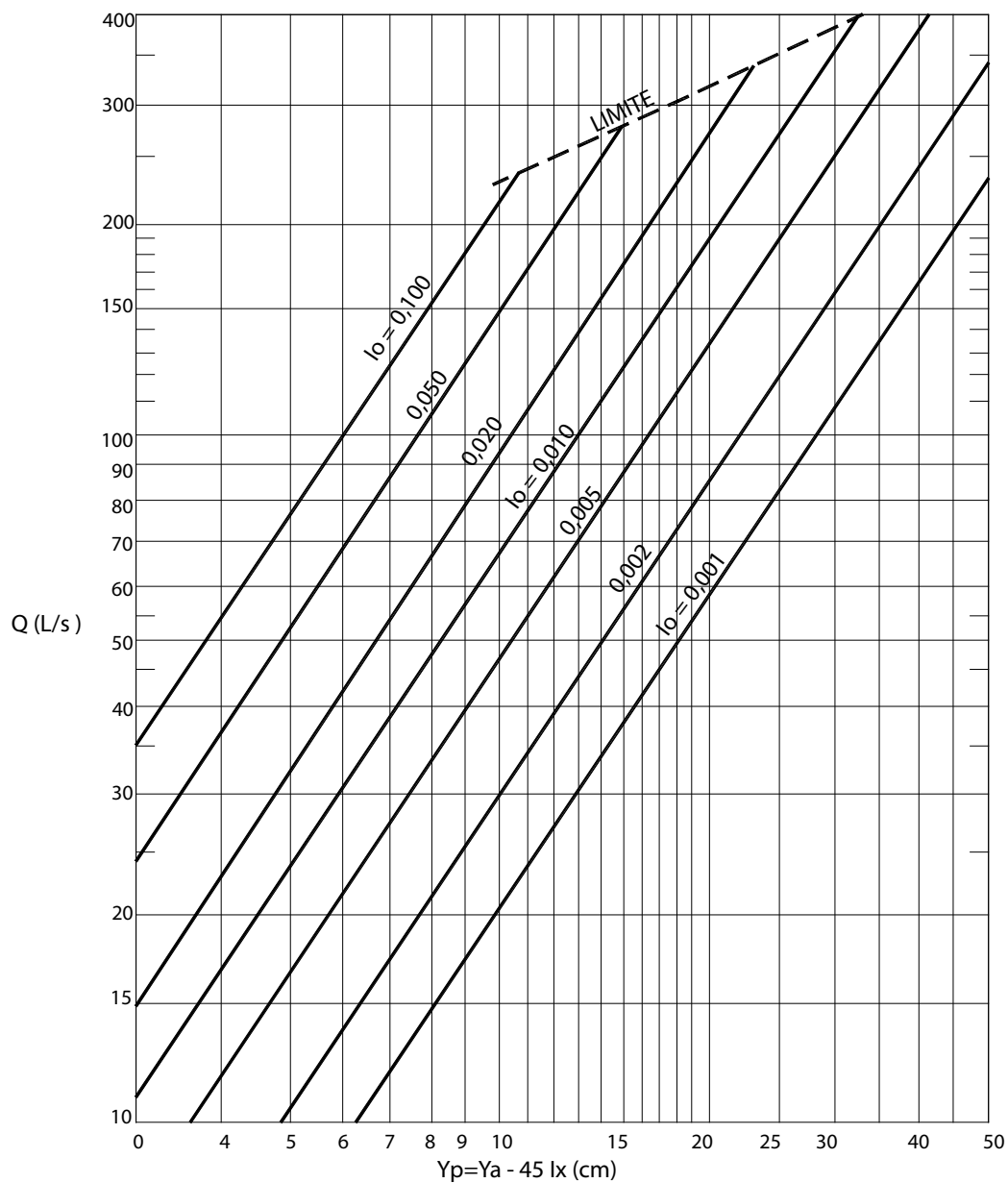


$$0,01 < l_x < 0,05 \quad Q = 0,614 (l_o^{1/2} / n) (y_p^{3/2})$$

$$\frac{l_o^{1/2}}{n} \leq \frac{1,0}{y_a^{7/6}}$$

$$\text{si } n = 0,016; l_o \leq 2,50 y_a^{-7/3} 10^{-4}$$

CAPACIDAD DE LOS SUMIDROS REJAS NORMALIZADO EN CALZADA

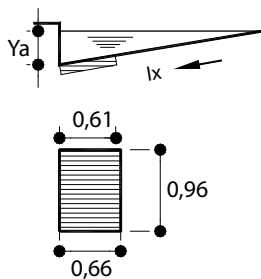
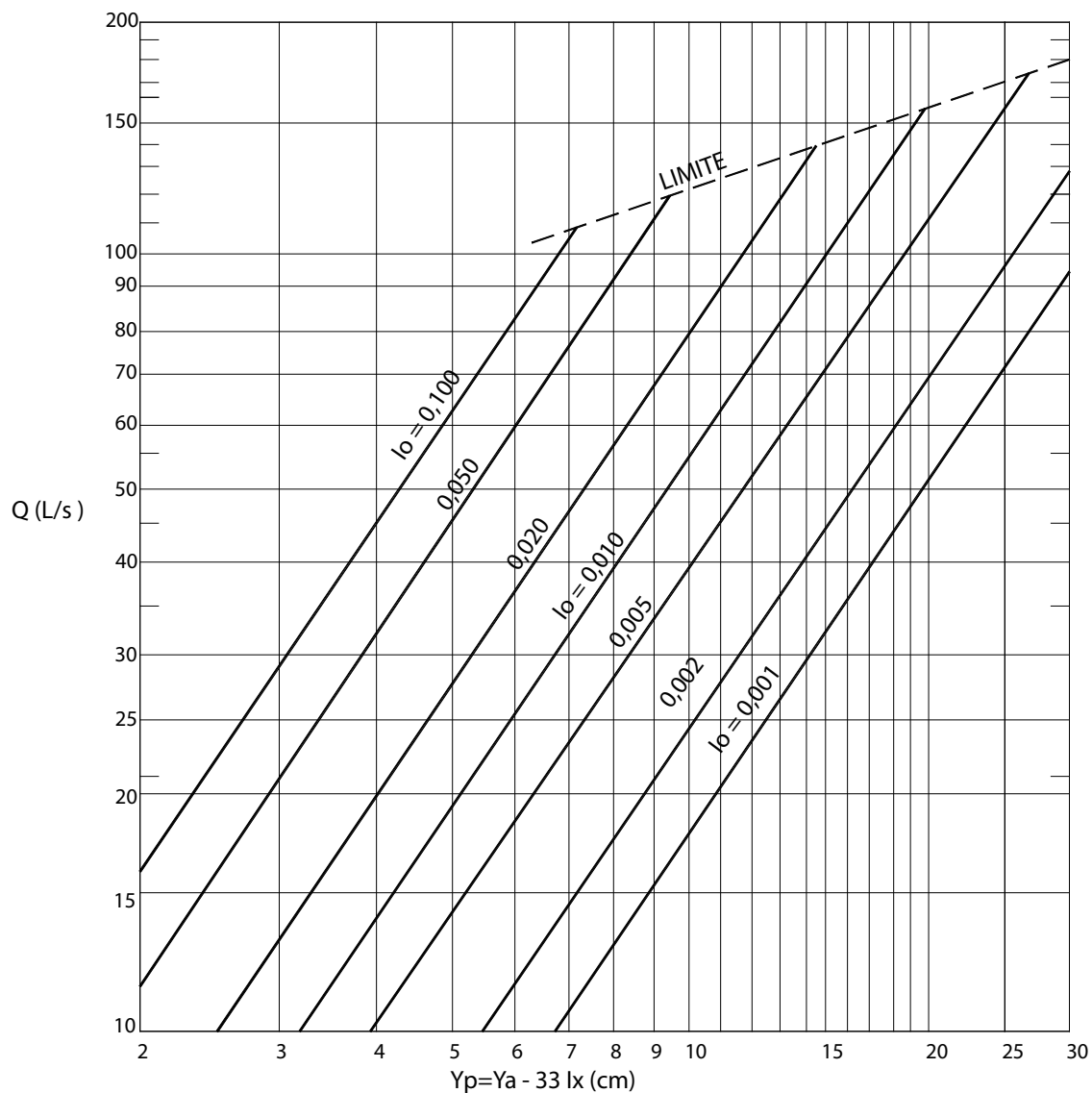


$$0,01 < l_x < 0,05 \quad Q = 0,335 (l_o^{1/2}/n) (y_p^{3/2})$$

$$\frac{l_o^{1/2}}{n} \leq \frac{1,83}{y_a^{7/6}}$$

$$\text{si } n = 0,016; l_o \leq 2,85 y_a^{-7/3} 10^{-4}$$

CAPACIDAD SUMIDEROS DE REJAS NORMALIZADO EN CUNETA



$$0.01 < l_x < 0.05 \quad Q = 0.284 (l_o^{1/2}/n) (y_p^{3/2})$$

$$\frac{l_o^{1/2}}{n} \leq \frac{1.08}{y_a^{7/6}}$$

$$\text{si } n = 0.016; l_o \leq 2.90 y_a^{-7/3} 10^{-4}$$

GLOSARIO DE TÉRMINOS

GLOSARIO DE TERMINOS

Afluente

Agua residual que ingresa a un proceso de tratamiento.

Aguas pluviales

Aguas provenientes de la precipitación de aguas de lluvia.

Aguas residuales

Desechos líquidos provenientes de residencias, instituciones, fábricas o industrias.

Aguas residuales domésticas

Desechos líquidos provenientes de los hábitos higiénicos del hombre en actividades domésticas.

Aguas residuales industriales

Desechos líquidos provenientes de las actividades industriales.

Alcance de proyecto

Año previsto para que el sistema proyectado opere con la utilización plena de su capacidad.

Alcantarillado

Conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de aguas residuales o aguas pluviales.

Alcantarillado pluvial

Sistema compuesto por un sólo tubo para todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de aguas pluviales.

Alcantarillado sanitario

Sistema compuesto por un sólo tubo para todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales.

Alcantarillado combinado

Sistema compuesto por un sólo tubo para todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte, tanto de las aguas residuales como de las aguas pluviales.

Alcantarillado separado

Sistema constituido por un tubo de alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas pluviales que recolectan en forma independiente en un mismo sector.

Aliviadero

Estructura diseñada en colectores combinados, con el propósito de separar los caudales que exceden la capacidad del sistema y conducirlos a un sistema de drenaje de agua pluvial.

Altura de recubrimiento del colector

Diferencia de nivel, entre la superficie del terreno o la rasante de la vía y la clave del colector.

Área tributaria

Superficie que aporta hacia un tramo o punto determinado.

Boca de tormenta

Estructura hidráulica destinada a captar las aguas pluviales de vías públicas, con la finalidad de conducir las al colector.

Cámara de inspección domiciliaria

Cámara destinada para la inspección y limpieza de la tubería de recolección, ubicada en el interior del inmueble. Sirve para recoger las aguas residuales, pluviales o combinadas provenientes de los domicilios.

Cámara de conexión

Cámara que recibe las aguas pluviales captadas por la rejilla de la boca de tormenta.

Cámara de caída

Estructura utilizada para disipar la energía de caída cuando una tubería llega a una altura considerable respecto de la tubería de salida.

Cámara de inspección o pozo de visita

Cámara que se instala en los cambios de dirección, diámetro o pendiente en las tuberías de alcantarillado de la red pública, la misma sirve para permitir la inspección y mantenimiento de los colectores. Visitable a través de una abertura existente en su parte superior, destinada a permitir la reunión de dos (2) o más colectores o recibir las tuberías de conexión de las bocas de tormenta. Estructura de mampostería de piedra o ladrillo u hormigón, de forma usualmente cilíndrica, que remata generalmente en su parte superior en forma tronco-cónica, y con tapa removible.

Caja de paso

Cámara sin acceso, localizada en puntos singulares por necesidad constructiva y que permite el paso del equipo para limpieza del tramo aguas abajo. Puede ser utilizada en sustitución de la cámara de inspección en casos de cambio de dirección, pendiente, diámetro y material.

Canal

Cauce artificial, revestido o no, o estructura hidráulica cubierta, que se construye para conducir las aguas pluviales hasta su entrega final en un cauce natural.

Caracterización de las aguas residuales

Determinación del caudal y características físicas, químicas y biológicas de las aguas residuales, según su procedencia.

Caudal de aporte

Caudal doméstico de contribución medio, máximo y mínimo (L/s).

Caudal de diseño

Caudal máximo horario doméstico de contribución de aguas residuales, además de los caudales adicionales por conexiones erradas, por infiltración y de descarga concentrada, se calcula para la etapa inicial y final del periodo de diseño.

Caudal pico

Máximo caudal que ocurre bajo las condiciones físicas de la cuenca de drenaje pluvial, debido a una lluvia de una frecuencia dada y varias duraciones, incluyendo la contribución de la napa freática. Se denomina también caudal de diseño en alcantarillado pluvial.

Caudal por conexiones erradas

Contribución de caudal debido a la conexión de aguas pluviales en la red de alcantarillado sanitario.

Caudal por infiltración

Agua proveniente del subsuelo, adicional para el sistema separado y combinado.

Coeficiente de escurrimiento

Valor que se aplica al caudal superficial pluvial según el tipo de revestimiento de calles

Coeficiente de punta

Relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio diario doméstico. Usualmente para su determinación se utilizan fórmulas que relacionan el coeficiente con la población, por considerar que las mismas cubren los factores que están ligados a los siguientes aportes: El tamaño del área servida, la densidad y la forma del área.

Coeficiente de retorno

Porcentaje del caudal de agua potable que se asigna al caudal de aguas residuales.

Coeficiente de rugosidad

Parámetro que representa el efecto de fricción del contorno del conducto sobre el flujo.

Colector

Tubería que funcionando como conducto libre, recibe la contribución de aguas residuales o pluviales en cualquier punto a lo largo de su longitud. Conducto destinado a transportar las aguas pluviales desde el punto de captación hasta la disposición final y puede tener sección transversal circular, rectangular, oval u otra forma.

Colector principal

Conducto sin conexiones domiciliarias directas que recibe los caudales de los tramos secundarios, para conducirlos a plantas de tratamiento de aguas residuales o a cuerpos de agua.

Colector secundario

Colector de diámetro menor que se conecta a un colector principal.

Conexión domiciliaria

Tubería que transporta las aguas residuales y/o pluviales desde la cámara de inspección domiciliaria hasta un colector público.

Conexiones cruzadas

Conexión domiciliaria de aguas residuales al alcantarillado pluvial o viceversa.

Contribuciones de aguas residuales

Volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación, integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales.

Consumo

Volumen de agua potable recibido por el usuario en un periodo determinado.

Cordón de acera

Construcción destinada a separar la calzada de la acera, conformando de esta manera la cuneta.

Costo de inversión

Suma de recursos financieros necesarios para la ejecución de una obra.

Cota de clave

Nivel del punto más alto de la sección transversal externa de una tubería o colector.

Cota de solera

Nivel del punto más bajo de la sección transversal interna de una tubería o colector.

Criterios de diseño

Datos básicos que permiten el diseño de una estructura o componente de un sistema.

Cuenca de contribución

Area determinada, cuyas aguas residuales fluyen hacia un punto único de concentración.

Cuerpo receptor

Cualquier curso de agua natural o masa de agua natural o de suelo que recibe el lanzamiento o descarga del efluente final.

Cuneta

Canal de sección triangular o semicircular generalmente ubicado entre el cordón de acera y la calzada de una calle, destinado a conducir las aguas pluviales o superficiales hacia los sumideros o bocas de tormenta.

Densidad de población

Número de personas que habitan dentro de un área tributaria determinada, generalmente expresada en hab/ha.

Desarrollo comunitario

Estrategia social centrada en la gente, que permite la participación de mujeres y hombres, adolescentes, niñas y niños, en todas las actividades de la implementación del sistema, que están determinados por su contexto socio-cultural, económico y ambiental.

Diámetro

Medida interna real de conductos circulares.

Disposición final

Destino final del efluente de aguas residuales a una planta de tratamiento o cuerpo receptor de agua.

Dotación

Cantidad de agua promedio diaria por habitante que suministra el sistema de agua potable, expresada en litros por habitante por día.

Educación sanitaria y ambiental

Proceso educativo por el cual los usuarios de los servicios, identifican y modifican los comportamientos y hábitos que pueden afectar o contribuir en su salud y su entorno ambiental.

Efluente

Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

Emisario

Conducto, canal o tubería que tiene como origen el punto más bajo del sistema y que conduce las aguas residuales al sitio donde se someterán a tratamiento. Se caracteriza porque a lo largo de su recorrido no recibe contribución alguna.

Entibado

Estructura de madera o metálica que se coloca para evitar el revenimiento o derrumbe de las excavaciones efectuadas y que ayuda a instalar tuberías o implantar estructuras profundas, hasta 5 m.

Escurrimiento

Volumen que llega a la corriente poco después de comenzada la lluvia.

Estación de bombeo

Conjunto de estructuras, instalaciones y equipos que permiten elevar el agua de un nivel inferior a otro superior, haciendo uso de equipos de bombeo.

Estación elevadora

Estructura que permite transportar aguas residuales o pluviales de un nivel inferior a uno superior.

Estructura de conexión o estructura-cámara

Estructura construida para la unión de uno o más colectores, con el fin de permitir cambios de alineamiento horizontal y vertical en el sistema de alcantarillado.

Evaluación de Impacto Ambiental

Identificación de los posibles impactos del proyecto al ambiente; se determinan en forma preliminar las medidas de mitigación correspondientes, con el fin de obtener la categorización del estudio a realizarse mediante la emisión de un certificado de descargo (Categorías I y II) o mediante un certificado de dispensación (Categorías III y IV).

Evaluación financiera

Comparación de los beneficios y costos atribuibles a la ejecución del proyecto desde el análisis de la relación costo - beneficio.

Evaluación socio-económica

Estudio que permite fundamentalmente conocer las condiciones por estratos socioeconómicos de la población y su predisposición de pago por los servicios.

Frecuencia

Número de veces que, en promedio, se presenta un evento con una determinada magnitud, durante un periodo definido.

Hidrograma

Gráfica que representa la variación del caudal pluvial con el tiempo en un sitio determinado, que describe usualmente la respuesta hidrológica de un área de drenaje a un evento de precipitación.

Hormigón Armado

Material constituido por un hormigón que tiene un refuerzo consistente en barras de acero, estribos transversales o mallas electrosoldadas.

Hormigón Simple

Hormigón que no tiene acero de refuerzo.

Intensidad de precipitación

Cantidad de agua pluvial caída sobre una superficie durante un tiempo determinado.

Instalación sanitaria domiciliaria

Conjunto de tuberías de agua potable, alcantarillado, accesorios y artefactos que se encuentran dentro de los límites de la propiedad.

Interceptor

Colector que recibe la contribución de varios colectores principales, localizados en forma paralela a lo largo de las márgenes de quebradas y ríos o en la parte más baja de la cuenca.

Mantenimiento

Conjunto de acciones internas requeridas, que se ejecutan en las instalaciones y equipos, para prevenir o reparar daños ocurridos en las mismas.

Marco conceptual

Datos e ideas básicas que permiten definir el entorno y alcance de un proyecto.

Media caña

Parte interior inferior de una estructura de conexión o pozo de inspección, cuya forma semicircular orienta el flujo.

Operación

Conjunto de acciones externas requeridas para operar las instalaciones y equipos de la infraestructura sanitaria, para controlar su funcionamiento y la calidad de los servicios producidos.

Período de diseño

Lapso durante el cual se espera que las estructuras que se diseñan trabajen eficientemente.

Periodo de retorno

Número de años en que ocurre una intensidad de lluvia y que sirve como parámetro de diseño.

Plan maestro de alcantarillado

Plan de ordenamiento del sistema de alcantarillado de una localidad para un horizonte de planeamiento dado.

Planta de tratamiento

Unidad o conjunto de unidades destinadas a mejorar la calidad del agua de tal forma que produzcan en los cuerpos receptores, efectos compatibles con las exigencias legales y/o con la utilización aguas abajo de la población.

Población inicial

Población atendida en el año de inicio de operación de un sistema de alcantarillado sanitario.

Población final

Población atendida en el año de alcance de proyecto.

Población servida

Número de habitantes que son servidos por un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

Población flotante

Número de habitantes que frecuenta en determinadas épocas del año el área comprendida por el proyecto, que es significativo para el dimensionamiento de un proyecto de recolección y evacuación de aguas residuales.

Pozo de succión

Tanque o estructura dentro del cual las aguas son extraídas por bombeo.

Profundidad del colector

Diferencia de nivel, entre la superficie del terreno o de la rasante de la vía y la solera del colector.

Ramal condominial

Tubería que recolecta aguas residuales de un conjunto de edificaciones que descarga a la red pública en un punto.

Red pública

Conjunto de tuberías que reciben las aguas residuales de ramales condominiales o conexiones domiciliarias.

Rasante

Perfil del eje longitudinal de la superficie de pavimentación de la vía pública. También se define como el borde del límite de la vivienda.

Sifón invertido

Estructura compuesta por una o más tuberías que funcionan a presión. Se utilizan cuando es necesario pasar las tuberías por debajo de ríos o quebradas.

Sistema de alcantarillado sanitario

Conjunto de colectores secundarios, principales, interceptores, emisarios, bombeo, cámaras de inspección, terminales de limpieza y tubos de inspección y limpieza, que recogen y transportan aguas residuales hasta la planta de tratamiento o disposición final. Denominado también sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

Sistema de alcantarillado pluvial

Conjunto de colectores secundarios, principales, cámaras de inspección, tuberías de conexión, cámaras de conexión, sumideros y conjunto cordón - cuneta, que recogen y transportan aguas pluviales hasta su disposición final. Denominado también sistema de recolección y evacuación de aguas pluviales.

Sistema de alcantarillado sanitario separado

Sistema destinado a recolectar y transportar aguas residuales, con un solo tubo.

Sistema de alcantarillado combinado

Sistema que recolecta y transporta conjuntamente aguas residuales y pluviales, en un solo tubo.

Sistema de alcantarillado sanitario condominial

Sistema destinado a recolectar y transportar aguas residuales utilizando el ramal condominial como unidad básica de conexión.

Sumidero

Estructura diseñada y construida para cumplir con el propósito de captar las aguas pluviales de escurrimiento que corren por las cunetas de las calzadas de las vías, para entregarlas a las estructuras de conexión o cámaras de inspección de los alcantarillados combinados o pluviales.

Tensión tractiva

Fuerza tractiva o tensión de arrastre, es la tensión tangencial ejercida por el líquido en escurrimiento sobre la pared del conducto.

Terminal de limpieza (TL)

Tubo, o dispositivo que permite la introducción de equipos de limpieza, y substituye el pozo de visita, localizado en la cabecera o arranque del colector. Prolongación del colector en forma vertical o utilizando accesorios de 45° que permite efectuar la limpieza en los tramos de arranque de la red.

Tiempo de concentración

Tiempo en minutos que tarda teóricamente la gota de agua para ir desde el punto más alejado de la cuenca de drenaje hasta el punto de concentración considerado. Es la suma de los tiempos de entrada y de recorrido.

Tiempo de entrada

Tiempo, en minutos, que tarda teóricamente una gota teórica de agua para alcanzar el punto superior del colector.

Tiempo de trayecto

Tiempo, en minutos, que tarda teóricamente una gota de agua desde la entrada de la misma en una sección considerada hasta otra sección, este tiempo debe ser calculado, tomando la velocidad media de flujo en la alcantarilla. Denominado también tiempo de flujo o de recorrido.

Tramo

Colector comprendido entre dos cámaras de inspección o pozos de visita.

Tramo de colector

Longitud de colector comprendida entre dos cámaras de inspección o tubos de inspección y limpieza, sucesivos.

Tramos iniciales

Tramos de colectores que dan comienzo al sistema de alcantarillado.

Tubo de inspección y limpieza (TiL)

Tubo vertical o con accesorios a 45° conectado a los colectores que permite la inspección e introducción de los equipos de limpieza, instalado en cualquier punto de la red en sustitución de algunas cámaras de inspección.

Tubo de Inspección de conexión predial

Dispositivo para ser utilizado en conexiones domiciliarias. Sustituye a las cajas de paso.

Tubo de inspección y limpieza de paso

Tubo vertical conectado a los colectores de la red pública que permite la inspección e introducción de los equipos de limpieza y es utilizado en los tramos intermedios de la red. Es un elemento generalmente prefabricado, llamado también tubo de inspección y limpieza de transición.

Tubo de inspección y limpieza condominial

Dispositivo no visitable que permite la inspección visual y la introducción de equipos de limpieza. Esta pieza ha sido desarrollada especialmente para ser utilizada en los ramales condominiales.

Tubo de inspección y limpieza radial

Dispositivo no visitable que permite la inspección visual y la introducción de equipos de limpieza y está compuesto por el tapón, tubo de inspección y cuerpo. Llamado también pozo de inspección visual. Utilizado en la red pública.

Tubería de conexión

Aquella destinada a conectar la boca de tormenta con una cámara de inspección.

Tubo ó tubería

Conducto prefabricado, o construido en sitio, de hormigón simple, hormigón armado, plástico, poliuretano de alta densidad, fierro fundido, PVC, plástico con refuerzo de fibra de vidrio, u otro material cuya tecnología y proceso de fabricación cumpla con las normas técnicas correspondientes. Por lo general su sección es circular.

Volumen efectivo

Del pozo de succión, para efectos de cálculo, es aquel comprendido entre el fondo de la estación y el nivel medio de operación de las bombas.

Volumen útil

Del pozo de succión, comprendido entre el nivel máximo y el nivel mínimo de operación de bombeo.

VSB: Viceministerio de Servicios Básicos

El V.S.B., creado por Decreto Supremo N° 22055, Decreto Reglamentario de la Ley N° 1178, Ley de Organización del Poder Ejecutivo (LOPE) del 16 de septiembre de 1997, con el propósito de promover el mejoramiento de la calidad de vida de la población boliviana, a través de la dotación de servicios sostenibles de agua potable y saneamiento y gestión de residuos sólidos. El VSB tiene las siguientes funciones y atribuciones:

- Formular, ejecutar y controlar las políticas y normas sectoriales destinadas al desarrollo e instalación de servicios básicos para mejorar las coberturas mediante planes y programas de inversión, compatibilizando las necesidades y prioridades regionales.
- Promover y proponer la discusión de normas de diseño y uso de tecnologías apropiadas, para alcanzar mayor cobertura en los servicios, controlando su aplicación y apoyando la investigación tecnológica.
- Efectuar el seguimiento al cumplimiento de los programas de saneamiento básico en el marco del Plan Sectorial correspondiente.
- Mantener un sistema de información sectorial actualizado a nivel nacional y departamental.
- Diseñar y realizar programas de capacitación y formación de recursos humanos, en administración, operación, mantenimiento, educación sanitaria y participación comunitaria.
- Elaborar programas de desarrollo institucional supervisando su ejecución y apoyando su aplicación en el sector.
- Velar por el cumplimiento de la política tarifaria en los servicios de saneamiento básico.

Revisión

Los presentes Reglamentos están sujetos a ser revisados periódicamente, con el objeto de que respondan permanentemente a las necesidades y exigencias del Sector.

Características de aplicación

Estos Reglamentos se constituyen en instrumentos de ordenamiento tecnológico, orientados a aplicar criterios de calidad, su utilización es de carácter obligatorio y un compromiso conciential y de responsabilidad de las instituciones y profesionales que trabajan en el Sector.

Información sobre Normas y Reglamentos Técnicos

El V.S.B. ha habilitado en su página WEB (www.sias.gov.bo) un espacio de "Normas Técnicas", donde se encuentran en formato pdf, las distintas normas y reglamentos técnicos del sector.

Derechos de propiedad

Este documento es propiedad del Ministerio del Agua de la República de Bolivia. Se autoriza la reproducción parcial o total, haciendo referencia a la fuente.

Ministerio del Agua
 Viceministerio de Servicios Básicos
 Av. Mariscal Santa Cruz, Edif. Centro de Comunicaciones, piso 14
 Telf. 2116132 - 2116124
www.sias.gov.bo
 La Paz - Bolivia

DATOS PARA LA CONTRATAPA

DERECHOS RESERVADOS

Documento del Ministerio de Servicios y

Obras Públicas de la República de Bolivia.

Se autoriza la reproducción parcial o total, haciendo referencia a la fuente.

ELABORADO POR:

Fernando Inchauste Morales

Humberto Obleas Arandía

Patricia Ancalle Mamani

DEPÓSITO LEGAL

IMPRESIÓN Y DIAGRAMACIÓN

Nombre

Dirección

Teléfonos

FINANCIADO POR:

Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (Asdi)

La Paz, Diciembre 2006