

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS N° 11

DISEÑO DE DESAGÜES PLUVIALES URBANOS

Los principales datos que debemos tener a disposición o elaborar en primera instancia para iniciar el diseño y proyecto de un sistema de desagües pluviales son los siguientes:

Planos

Estos planos deberán ser de varios tipos, desde los generales de ubicación general de la cuenca hasta los de detalle que permitirán el nivel de detalle necesario para aportar las mejores soluciones al problema que se pretende resolver. Estos deberán incluir los levantamientos topográficos del área tal que permita la delimitación y trazado de la cuenca de aporte del sector de trabajo. Las escalas que los mismos tendrán serán variadas dependiendo del tipo de trabajo que realicemos con ellos o lo que estos pretendan mostrar.

Levantamiento topográfico

Necesitaremos de una nivelación geométrica en todas las esquinas de la zona de trabajo que nos permita identificar y trazar la cuenca de aporte, conociendo además y de ser posible las cuencas vecinas. Estos datos topográficos que se deberán relevar tendrán básicamente dos estructuras diferentes, dependiendo si el área de trabajo posee o no infraestructura de pavimento. En el primer caso será suficiente con acotar los puntos que se indican en la figura siguiente y que a criterio del profesional que realiza el relevamiento encuentre particularidades.

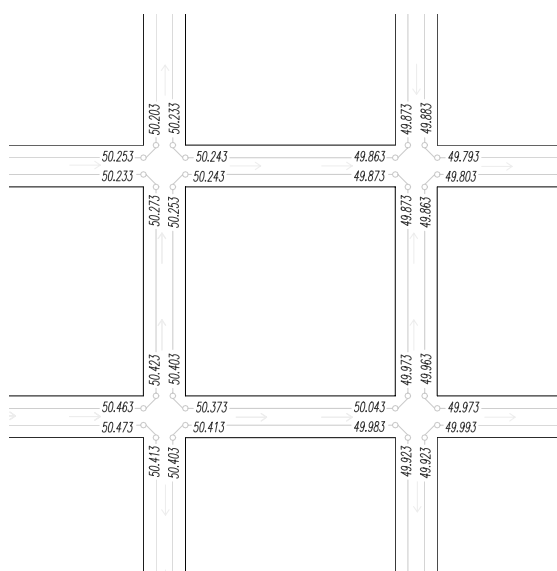


Figura n° 1

En el caso de zonas sin pavimento el relevamiento topográfico tomará las cotas en esquinas, centros de calles, veredas y fundamentalmente deberá incluir cotas de los Umbrales de las viviendas de la zona en estudio, estas son las que condicionaran de alguna manera los niveles y cotas de los elementos que se incluirán en el proyecto.

Infraestructura existente

Es de fundamental importancia conocer con la mayor precisión posible la traza y ubicación planialtimétrica de las redes de otros servicios, como: cloacas, agua potable, telefonía, electricidad, TV por cable y otros; de tal forma de ajustar nuestro proyecto a las condiciones existentes eligiendo la mejor opción en lo que respecta a localización y costos de obra.

Catastro y urbanización

En este punto se destaca lo necesario de conocer como es la distribución catastral dentro de las manzanas que componen la cuenca, ello permitirá identificar la forma de aporte de cada una y ajustar los límites de las cuencas y subcuencas en forma precisa. A modo de ejemplo se muestran dos formas típicas de distribución del catastro en la ciudad de Resistencia:

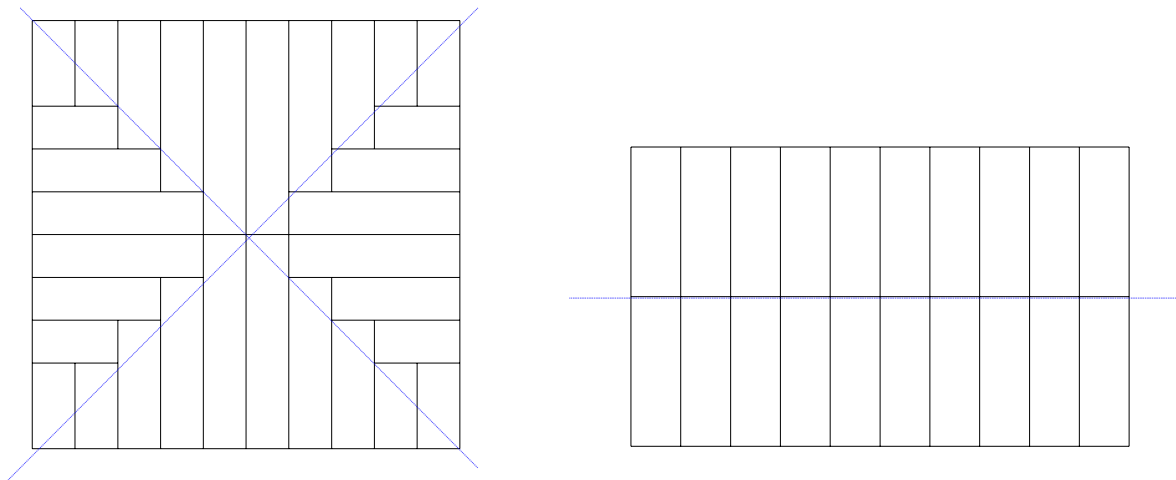


Figura nº 2

Se deben conocer los siguientes elementos relativos a la urbanización de la cuenca de aporte:

- Tipo de ocupación de las áreas, Código de Planeamiento Urbano (residencial, comercial y otros)
- Porcentajes de ocupación de los lotes, en Resistencia, esto está identificado por el Factor de Ocupación Total (FOT) y Factor de Ocupación del Suelo (FOS).

Determinación de la cuenca de aporte y red de escurrimiento superficial

Los límites de las cuencas de aporte y sus subcuencas podrán ser trazadas a partir de la *topografía* del área y de conocer las características del *catastro y la urbanización*, dado que estos elementos nos permitirán identificar los límites más claros donde el escurrimiento superficial se divide. Esto no es tan claro y en ocasiones es necesario identificar claramente los trasvases que pueda existir, sobre todo en cuencas como las de nuestra ciudad donde las pendientes de las calles son de algunos pocos centímetros.

Dado que determinar los límites de cuenca y subcuencas exige observar y controlar detalladamente los datos topográficos relevados – sobre todo en llanuras –, se puede aprovechar en esta revisión a trazar las líneas de escurrimiento que tomarán los excesos en superficie, tarea esta que facilitará posteriormente la localización de los sumideros.

Al terminar este trabajo nos puede quedar parecido a lo que se ilustra en la figura siguiente:

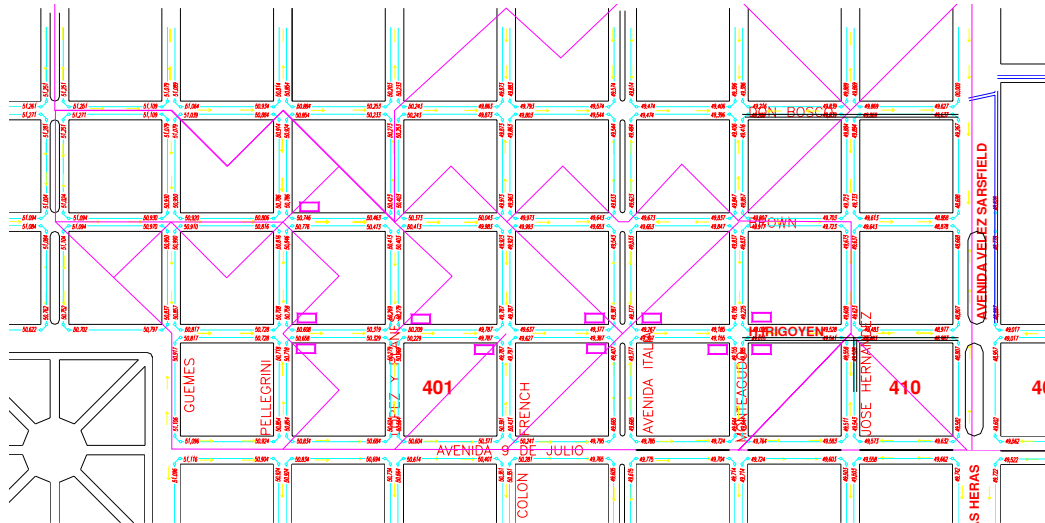


Figura nº 3

Área de la cuenca: 22 hectáreas

A partir de estos elementos básicos, es necesario determinar por cualquiera de los métodos conocidos el escurrimiento superficial directo que provoca una tormenta de diseño, esto incluye conocer el caudal pico, volumen y forma del hidrograma para un tiempo de recurrencia (TR) acorde con la obra que se proyecta.

En hidrología urbana existen dos métodos consagrados que permiten este cálculo, ellos son: el **Método Racional**, aplicable a cuencas urbanas de áreas inferiores a 3km², y los métodos basados en la teoría del **Hidrograma Unitario**, aplicables en cuencas de áreas mayores. Son también aplicables modelos de simulación como los vistos en esta materia en el trabajo práctico nº 10.

A modo de ejemplo utilizaremos el Método Racional:

$$Q_p = 0.275 \times C \times I \times A$$

Donde:

- Q_p : Caudal Pico en [m³/s]
- C : coeficiente de escorrentía
- I : Intensidad media en [mm/h]
- A : área de la cuenca en [km²]

El coeficiente de escorrentía C lo obtenemos de la tabla Nº 1 ilustrada en este práctico o de la tabla 15.1.1 de la página 511 del libro "Hidrología Aplicada", Ven Te Chow - Maidment - Mays. La intensidad de precipitación [mm/h] la obtendremos de las curvas disponibles de la ciudad en

donde en estudio, compatible con el tiempo de concentración de la cuenca que se trabaja, y el área calculada [km²].

De esta forma obtenemos el caudal pico $Q_p = 3,22 \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabla Nº 1: coeficientes de escorrentía a usar en la ecuación del Método Racional

Ocupación del suelo	C
Edificación muy densa: partes centrales, densamente pobladas de ciudades con calles pavimentadas	0,70 a 0,95
Edificación no muy densa: partes adyacentes al centro, de menor densidad de habitantes, con calles pavimentadas	0,60 a 0,70
Edificación con pocas superficies libres: partes residenciales con construcciones cerradas, calles pavimentadas	0,50 a 0,60
Edificación con muchas superficies libres: partes residenciales con calles pavimentadas pero con muchas áreas verdes	0,25 a 0,50
Suburbios con alguna edificación: partes semiurbanas con pequeña densidad de construcciones	0,10 a 0,25
Parques y campos de deportes: partes rurales, áreas verdes, superficies arborizadas, parques ajardinados y campos de deporte sin pavimentos	0,05 a 0,20

Una vez que se obtiene el caudal pico para la cuenca o subcuenca en la que estamos trabajando, y de modo de simplificado en esta materia se puede ponderar uniformemente el caudal por unidad de superficie. De esta forma obtenemos $0,146 \text{ m}^3/\text{s} \times \text{ha}$.

Como además conocemos el catastro de las manzanas y que las mismas en Resistencia poseen una dimensión de 100 por 100 metros entre líneas municipales y los anchos de calles comunes son de 20 metros cada manzana cubre un área de 120 x 120 metros, es decir 1,44 hectáreas, con este valor de superficie podemos inferir que cada manzana aportará por cada frente un caudal de $0,525 \text{ m}^3/\text{s}$ o 52,5 litros por segundos.

A partir de estos datos obtenidos podemos comenzar a dimensionar el SISTEMA O RED DE DESAGÜES PLUVIALES. Para ello recordaremos los elementos que componen el sistema:

1. Cordón cuneta y cunetas de calles de tierra.
2. Boca de tormenta (imbornales).
 - 2.1. Para calles con pavimento.
 - 2.2. Para calles de tierra.
3. Conductos de vinculación.

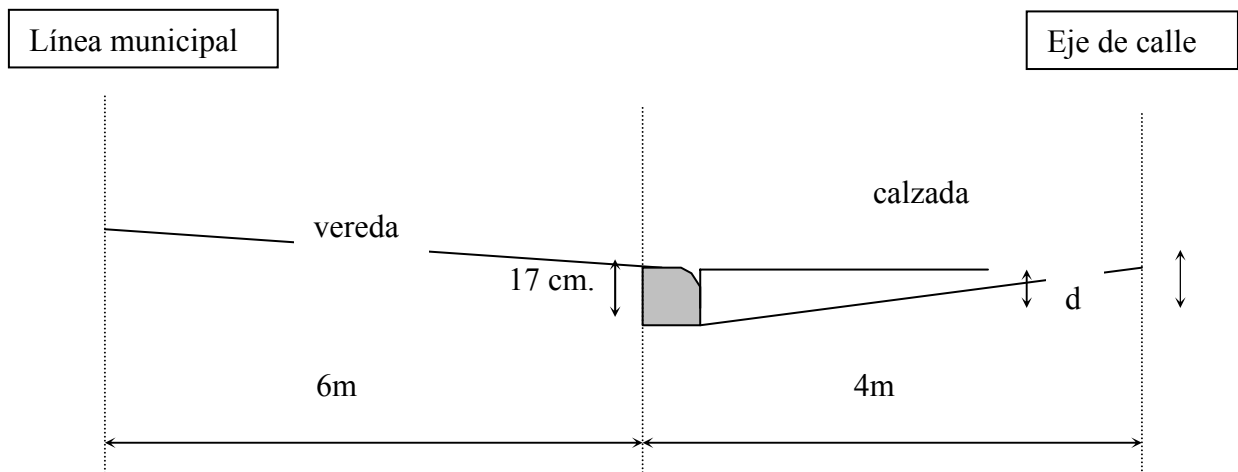
4. Conductos secundarios.
5. Conductos principales.
6. Obra de descarga.
7. Cuenco receptor.
8. Elementos especiales de red de desagües pluviales.
 - 8.1. Cámaras de inspección y limpieza.
 - 8.2. Alcantarillas.
 - 8.3. Estaciones de bombeo.
 - 8.4. Desarenadores.

A continuación veremos el cálculo de alguno de estos elementos:

1. Cordón cuneta y cunetas de calles de tierra

Este elemento del sistema de desagües es el que recibe los excesos provenientes de las manzanas, este actúa como un canal, existen básicamente de dos tipos dependiendo de si la calle es de tierra o con pavimento, pero su funcionamiento es similar "como canal" es por ello que para su evaluación se utiliza la ecuación de Manning, colocando la como única condición para ello el tirante máximo permitido en las calles, compatible con la protección que se pretende dar y la importancia de la vía de comunicación, de esta forma se distinguen:

1.1. Cordón cuneta. Calles pavimentadas



Utilizando la fórmula de Manning y sus supuestos intrínsecos, como el de flujo uniforme en la sección y aceptando que el ancho superior del canal es igual al perímetro mojado, condición próxima a la de los canales anchos de poca profundidad, podemos transformar la ecuación:

$$R = \frac{A}{P} \quad Q = \frac{1}{n} * \frac{A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{2} \quad P = z * d$$

y como

Izzard desarrollo un modelo aproximado sobre experiencias en campo y llego a la siguiente expresión:

En lugar de multiplicar por 0,3117 que seria el coeficiente que resulta del pasaje de términos, lo reemplaza por 0,377

$$Q = 0.377 \times \frac{Z}{n} \times d^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

Donde: Q_0 = Caudal total en la cuneta, en m^3/s

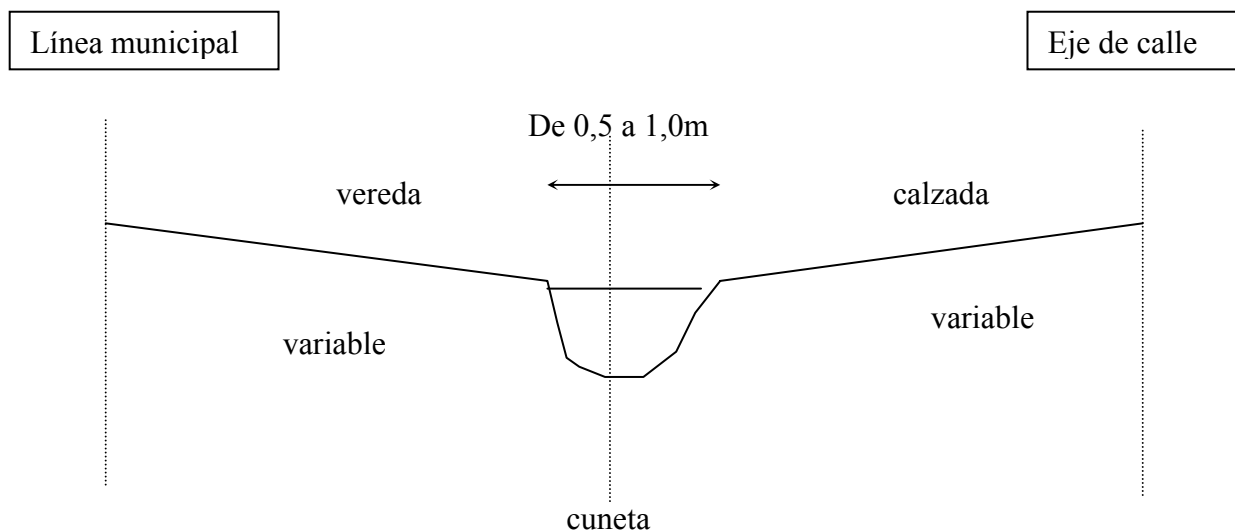
Z = reciproco de la pendiente transversal de la calle

n = valor n de Manning

S = pendiente longitudinal de la cuneta

d = profundidad del flujo en la cuneta, en m

1.2. Cuneta de calle de Tierra



Por Manning:

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

El tratamiento para este caso es semejante a la hidráulica de canales abiertos sin revestimiento, teniendo en cuenta las situaciones particulares que presentan en una cuadra con cunetas en la cual se tienen un número variable de entradas vehiculares, las que generalmente son de caños de hormigón circular o de mampostería con tableros de madera u hormigón.

Valores de n de Manning que pueden ser utilizados:

CARACTERÍSTICAS	n
CANALES	
Rectilíneos con pastos de 15cm de altura	0,300 – 0,400
Rectilíneos con pastos y ramas de 30cm de altura	0,300 – 0,060
de hormigón premoldeados con buena terminación	0,011 – 0,014
de H° moldeados en el lugar con formas metálicas simples	0,012 – 0,014
de H° moldeados con encofrado de madera	0,015 – 0,020
CORDÓN CUNETTA	
de asfalto suave	0,013
de asfalto rugoso	0,016
de concreto suave con pavimento de asfalto	0,014
de concreto rugoso con pavimento de asfalto	0,015
de pavimento de hormigón	0,014 – 0,016
de piedras	0,016

2. Boca de tormenta (imbornales)

2.1. Para calle con pavimento

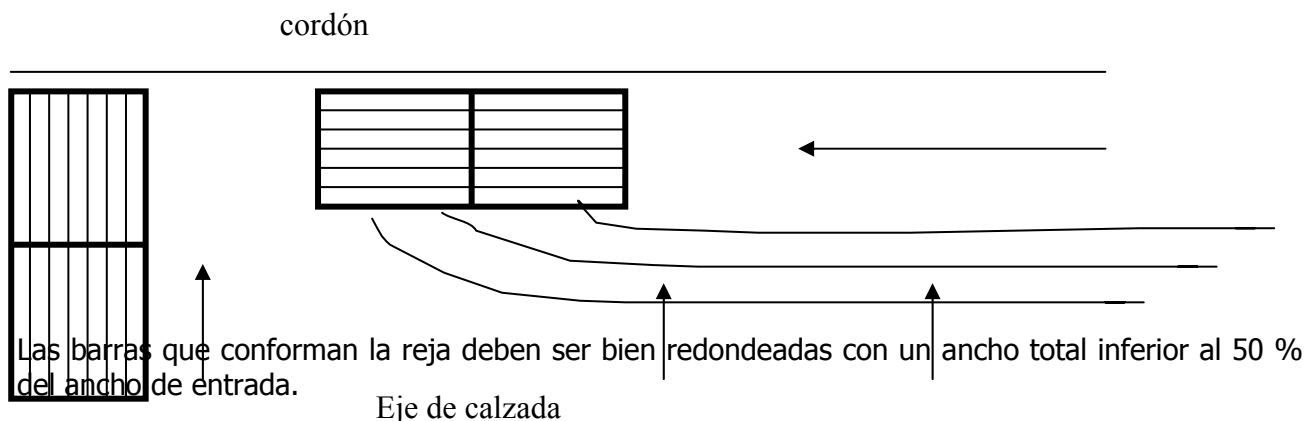
Las podemos clasificar en varios tipos como por ejemplo:

- A. de cuneta
- B. de cordón
- C. mixto

A. de cuneta

Un imbornal de cuneta es aquel que tiene barras lo suficientemente largas para que el agua pueda caer en la abertura sin chocar con el borde del emparrillado de aguas abajo.

Su posición como lo muestra la figura siguiente y lo indica el nombre es en la cuneta de la calzada de hormigón o asfalto.



$$Q = 1.7 \times P \times y^{2/3}$$

Donde: Q: caudal en m³/s.
P: perímetro de la reja en m.
y: profundidad de la lámina de hasta 12cm.

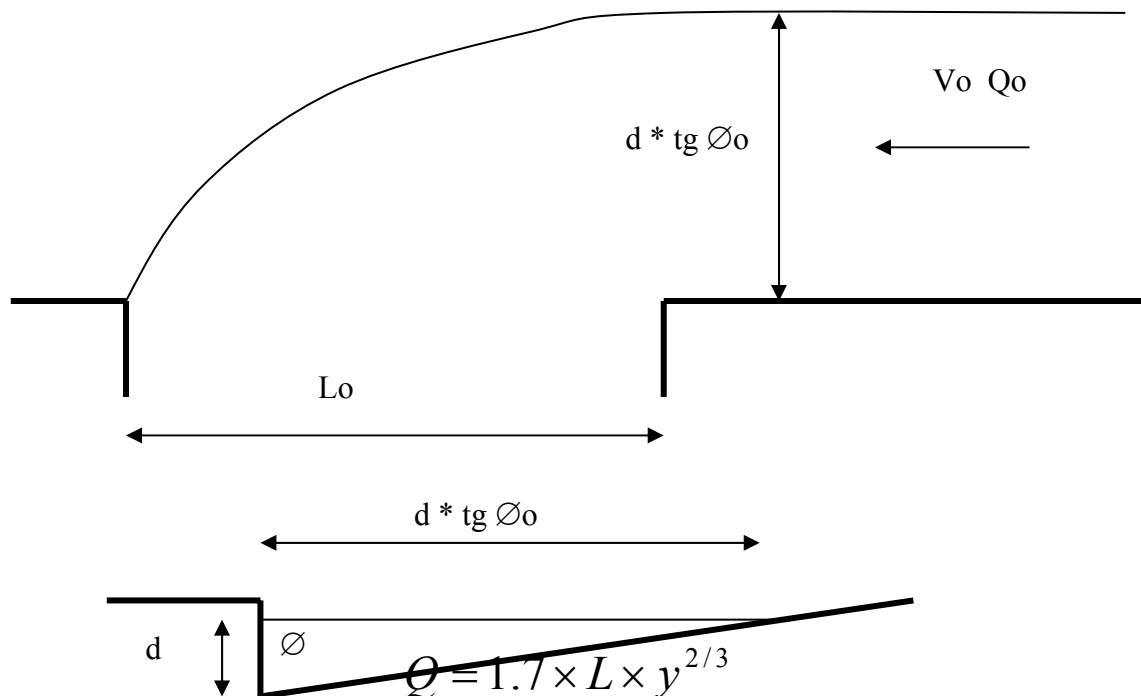
Para profundidades de Lámina de más de 42cm

$$Q = 2.91 \times A \times y^{1/2}$$

Donde:A: área de la reja, excluida las áreas de las barras m².
y: profundidad de la lámina.

Para las situaciones entre los 12 y 42cm de tirante, la ecuación que se utilice quedará a criterio del proyectista.

B. de cordón



Donde: Q: caudal [en m³/s].
L: longitud de la reja vertical [en metros].
y: profundidad de la lámina.

$$Q = 3.01 \times L \times h^{3/2} \times \left(\frac{y1}{h} \right)^{1/2}$$

Donde: Q: caudal [en m³/s].
 L: longitud de la reja vertical [en m].
 y1: profundidad de la lámina en la abertura [en m]. y1 = y – h/2

Para cargas de agua en la reja vertical de entre 1 y 2 veces la adopción de uno u otro método queda a criterio del proyectista.

3. Conductos de vinculación

El agua captada por los imbornales o bocas de tormentas necesita ser conducida hasta los conductos secundarios y principales, ello se lleva a cabo a través de los denominados conductos de vinculación. Estos elementos se calculan como conductos a presión que pueden ser circulares o rectangulares, ello depende de las posibilidades fundamentalmente de tapadas y de cotas topográficas disponibles.

Se calcula por ejemplo el mínimo diámetro o sección requerida y se selecciona el siguiente diámetro comercial, existiendo un valor mínimo determinado fundamentalmente por la facilidad de limpieza, siendo para el municipio de Resistencia 0,60 metros.

Los parámetros fundamentales son básicamente el material y la carga hidráulica. Para el cálculo pueden ser utilizadas cualquiera de las formulas más conocidas, es decir apoyados por ejemplo en la ecuación de Manning cuando el conducto no está a presión, trabaja a sección llena y flujo uniforme, en estas condiciones el diámetro es:

$$D = \left(\frac{3.21 \times n \times Q}{\sqrt{S_o}} \right)^{3/8}$$

donde Q esta expresado en [m³/s] y So en [m/m], obteniendo el D en [m].

Para conductos a presión puede usarse entre otras la ecuación de Hazen – Williams:

$$J = 10.65 \times \left(\frac{Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.87}} \right)$$

en la que J es la pérdida de carga unitaria en [m/m], Q el caudal de cálculo en [m³/s] y D el diámetro del conducto propuesto en [m], siendo C el coeficiente de rugosidad que depende de la naturaleza y el estado de las paredes.

4. Conductos secundarios

Estos conductos nacen a partir de la existencia del primer sumidero en el sistema de desagües, estos pueden ser de cualquier forma de sección, fundamentalmente se los debe diseñar para que trabajen a gravedad, con lo cual es aplicable por ejemplo la ecuación de Manning, con la única precaución de controlar muy bien las condiciones de borde fundamentalmente en zonas de poca pendientes de tal manera de no producir en el sistema efectos de remanso.

Datos del Trabajo Práctico Nº 11 – A MODO DE EJEMPLO

Consigna:

Trazar la cuenca de la calle Hipólito Irigoyen de la ciudad de Resistencia, cuyo punto de descarga está en la calle del mismo nombre y Monteagudo.

Se adjunta el plano con topografía de la zona a estudiar y se pide ubicar los sumideros, calcular su dimensión, así como un conducto de vinculación y establecer que tamaño debería tener el conducto principal o secundario en los primeros 500 metros medidos desde la cabecera.

El uso del suelo debe determinarse de aplicar el conocimiento del lugar, como material adicional pueden verse en el Departamento las fotos aéreas de la cuenca, para el año 1997.