

MANUAL DE SISTEMAS TP-PVC COMPORTAMIENTO HIDRAULICO

Introducción

Por lo general los colectores alcantarillado se diseñan como canales abiertos y el régimen de flujo se considera permanente. Las fórmulas usadas para el diseño de colectores están muy generalizadas. La más conocida es la ecuación de Manning:

$$v = \frac{1}{n} * r^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

donde:

v velocidad media de flujo en m/s

r radio hidráulico en m

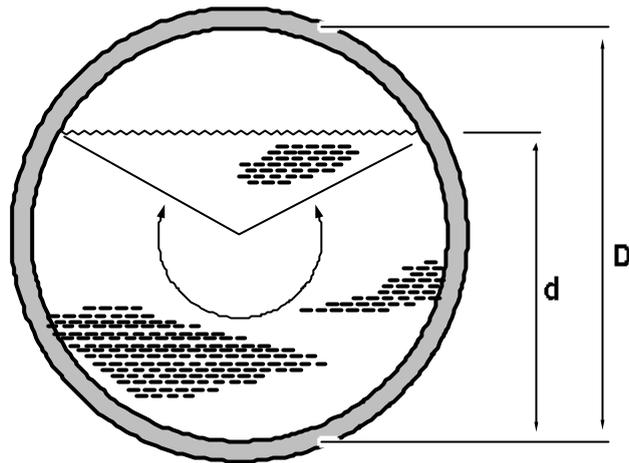
n coeficiente de rugosidad de la tubería (0.010 para PVC)

j pendiente de la línea de energía en m/m en flujo uniforme y con la rasante del colector.

y considerando la ecuación de continuidad $Q = v * A$, (1) se transforma en:

$$Q = \frac{1}{n} * A * r^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

En vista que las tuberías de alcantarillado nunca deben trabajar llenas y que la superficie del líquido, según los cálculos hidráulicos de posibles saltos, curvas de remanso y otros fenómenos, siempre está por debajo de la corona del tubo, permitiendo un espacio para la ventilación del líquido y evitando la acumulación de gases tóxicos, las ecuaciones anteriores deben plantearse de la siguiente manera:



D diámetro de la tubería
d altura de la lámina de agua
x ángulo central en radianes.

La formulación de la ecuación de Manning es:

$$Q = \frac{1}{n} * J^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{D}{2}\right)^{\frac{8}{3}} * \left(\frac{x - \text{sen}(x)}{2}\right)^{\frac{5}{3}} * \frac{1}{x^{\frac{2}{3}}}$$

La ecuación (3) puede replantearse así:

$$Q = \frac{1}{n} * J^{\frac{1}{2}} * D^{\frac{8}{3}} * K$$

siendo K igual a:

$$K = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{13}{3}} * \frac{(x - \text{sen}(x))^{\frac{5}{3}}}{x^{\frac{2}{3}}}$$

El ángulo x varía entre 0 y 2 p (tubo lleno). Por otra parte, x es función del diámetro D y de la altura d de la lámina de agua:

$$\frac{d}{D} = 0.5 * (1 + \text{sen}((x - \pi)/2))$$

La relación d/D, se conoce como calado. En redes de alcantarillado es usual que esta relación varíe entre 0.75 y 0.90. El caudal es máximo cuando d/D es igual a 0.938 y la velocidad cuando d/D = 0.813.

Utilizando la Ec. (6) puede obtenerse x para diversos valores de la relación d/D, que reemplazados en la Ec. (5) generarán una tabla de valores de K como la siguiente:

Tabla 1

0.65	3.7509779616	0.2357615132
0.70	3.9646263457	0.2609548111
0.75	4.1887902047	0.2842190231
0.80	4.4285948712	0.3046622225
0.85	4.6923876468	0.3211733057
0.90	4.9961830896	0.3321935436
0.9382 (máximo caudal)	5.2781031379	0.3352819680
1 (tubo lleno)	6.2831853071	0.3116856584

El diámetro se calcula partiendo de (3) como sigue:

$$D = \left(\frac{Q * n}{K * J^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}}$$

La velocidad se determina de la expresión

$$v = \frac{1}{n} * \left(\frac{D * (x - \text{sen}(x))}{4x} \right)^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

en la cual si hacemos

$$K_1 = \left(\frac{x - \text{sen}(x)}{x} \right)^{\frac{2}{3}}$$

obtenemos

$$v = \frac{1}{n} * \left(\frac{D}{4} \right)^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}} * K_1$$

De igual manera, en base a las ecuaciones (6) y (9) se genera la siguiente tabla:

Tabla 2

Valores de d/D y K1 en la ecuación de Manning

0.65	1.0993011567
0.70	1.1197744246
0.75	1.1334728946
0.80	1.1397445659
0.85	1.1374270424
0.90	1.1243110079
0.9382	1.1039791665
1.00	1.0000000000

Utilizando las ecuaciones (5), (7) y (10) más las Tablas 1 y 2, se pueden resolver diversos tipos de problemas.

Ejemplo1. Calcular el diámetro requerido en una tubería Tubería Perfilada para conducir 0.43 m³/s, con una pendiente del 1% (0.01 m/m). Considere como calado máximo de diseño 0.75. Calcular además la velocidad media de flujo en la tubería.

Solución.

De la ecuación (7) y de la Tabla 1 obtenemos:

Para d/D = 0.75, K = 0.2842190231

Aplicando (7)

$$D = \left(\frac{0.43 \times 0.010}{0.284219023 \times 0.01^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} = 0.492\text{m}$$

Se utilizará tubería TP-PVC de 500mm.

Para el cálculo de la velocidad procedemos de la siguiente forma:
De la Tabla 2, tenemos que $K1 = 1.1334728946$ y aplicando la ecuación (10):

$$v = \frac{1}{0.010} * \left(\frac{0.500}{4} \right)^{\frac{2}{3}} * 0.01^{\frac{1}{2}} * 1.1334728946 = 2.83 \text{ m/s}$$

Ejemplo2. Se va a construir una conducción de agua de 1 Km. de longitud, y tubería TP-PVC de 600 mm de diámetro interno. Se deben conducir 522 litros/segundo (0.522m³/s). a) Determínese la pendiente de la instalación. b) Si se utiliza tubería de hormigón ($n = 0.013$) o de acero corrugado ($n = 0.020$), con la misma pendiente determinada en a, calcular los diámetros de tubería necesarios para transportar el agua. Considérese que el máximo calado permitido según las especificaciones del proyecto es 0.90.

Solución.

a) Para $d/D = 0.90$, da la Tabla 1, $K = 0.3321935436$ y de la ecuación (5),

$$0.522 = \frac{1}{0.010} * 0.3321935436 * (0.6)^{\frac{8}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

$$J = 0.00376 \text{ m/m}$$

b) Con tubería de concreto, $n = 0.013$. Utilizando la ecuación (7) con $j = 0.00376$, el diámetro será:

$$D = \left(\frac{0.522 \times 0.013}{0.3321935436 \times 0.00376^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{8}{3}} = 0.622 \text{ m}$$

El diámetro comercial inmediatamente superior es 650 mm.

Cálculos similares con tuberías de acero corrugado ($n = 0.020$) dan un valor de 0.778 m para el diámetro.

Deberá utilizarse tubería de 800 mm.

Tuberías + Conexiones +

