

CONDUCTOS DE PERFIL CIRCULAR PARA DESAGÜES DE SANEAMIENTOS URBANOS

COMPARACION DE FORMULAS PARA LA DETERMINACION DE LA
SECCION

POR EL

Ing. Federico F. Weiss

Nomenclatura empleada:

F = área de la sección normal; m².

U = perímetro mojado; m.

J = pendiente del conducto.

v = velocidad media de la vena líquida; m/seg.

Q = gasto; m³/seg.

d = diámetro de la cañería; m.

R = radio hidráulico = $\frac{F}{U}$; m.

La cantidad de fórmulas propuestas para el cálculo de la sección normal de los conductos destinados a la evacuación de los líquidos cloacales, basadas, ya sea en la experimentación directa de sus autores, ya en la indirecta de los resultados en la práctica profesional, conduce generalmente al ingeniero a optar por una de ellas sin análisis comparativo previo, confiando en la seriedad del manual de que se sirve.

Es sabido que la reunión de los elementos de juicio para el proyecto de provisión de agua o de canalizaciones de desa-

gües urbanos ofrece dificultades tales que necesariamente obligan a recurrir en parte al empirismo, especialmente si se trata de desagües de lluvia y cuando se carece de pluviógrafos diseminados en suficiente cantidad en el área a desaguar. Por otra parte, la determinación racional del retardo es asunto que aún se halla en discusión. [1]

Además es inevitable conceder al proyectista una cierta libertad en la apreciación e interpretación de las estadísticas, ya sean demográficas, comerciales, industriales, etc., atingentes al crecimiento probable de la zona urbana. Aún cuando para ello existe la limitación favorable del sistema radial que reduce la indeterminación, subsisten una serie de factores que mantienen al problema alejado de la determinación rigurosa.

El campo de la investigación científica no es trasladable, en este caso, al terreno de la práctica, porque la fabricación del material, en lo que a caracteres geométricos de las paredes se refiere, no es de suficiente uniformidad. Económicamente, no puede ser de otro modo en el estado actual de los medios de fabricación y de los conocimientos de los materiales.

La determinación de la sección constituye, frente a los demás problemas parciales, el que en realidad menos dificultades ofrece, y debería creerse que dado lo insignificante de las divergencias en los resultados prácticos y la elasticidad en la apreciación e interpretación de los restantes elementos de cálculo del conjunto, habrían de cesar las propuestas de nuevas fórmulas.

No obstante lo expuesto surgen de vez en cuando algunas que tienden a simplificar el cálculo, monomias, fácilmente logaritmables, destinadas a la determinación de la velocidad media de la vena y por ende a la de la sección.

Como contribución a la dilucidación numérica, ha sido preparado el cuadro comparativo que se da a continuación. En él se ha incluido a guisa de patrón, la clásica fórmula de Bazin, de 1897, y los valores numéricos consignados son el resultado de la aplicación de los procedimientos de que se vale el ingeniero en la práctica profesional, o sea extrayéndolos de tablas, gráficos o reglas logarítmicas especiales.

Los elementos utilizados son:

a) **La fórmula simplificada de Kutter:** La conocida expresión es:

$$v = c \sqrt{RJ} \quad (1)$$

$$c = \frac{100 \sqrt{RJ}}{m + \sqrt{R}} \quad (2)$$

Los valores numéricos se extractaron de los ábacos dados por Geissler en "Kanalisation und Abwasserreinigung", 1933. El valor del coeficiente m se tomó igual a 0,35 concordante con [2].

b) **La fórmula propuesta por Lummert:**

$$J = 0,001\ 863 \frac{Q^2}{d^{5,46}} \quad (3)$$

Los valores numéricos fueron obtenidos mediante la regla de cálculo especial preparada por el autor de estas líneas.

c) **La nueva fórmula de Bazin (1897):**

$$v = \frac{87 \sqrt{RJ}}{1 + \frac{c}{\sqrt{R}}} \quad (4)$$

en la cual he adoptado $c = 0,30$ conforme a lo que establece la experiencia dada por [2] y [3]. Los valores numéricos han sido tomados de "Hütte", 1928, III, edición alemana.

d) **La fórmula propuesta por Forchheimer:**

$$v = m R^\alpha J^\beta \quad (5)$$

En ella, de acuerdo con lo que aconseja su autor [4], Geissler [2], Reinhold [5], conviene adoptar

$$v = 76 R^{0,7} J^{0,5} \quad (6)$$

Los valores consignados en el cuadro comparativo fueron extractados de los gráficos que damos a continuación.

Como una contribución al conocimiento de los trabajos de Foreheimer tendientes a hacer accesible al cálculo directo la función:

$$J = \zeta_1 \frac{v^2}{2g} \quad (7)$$

hemos preparado los dos gráficos que van a continuación, y que se refieren a sección circular el primero y a sección rectangular, abierta, el segundo.

Conforme lo dijimos precedentemente, hemos adoptado los valores experimentales traducidos por la (6); ésta se mantiene también para las características de los pequeños canales de sección rectangular, como canalones y albañales, ya que los depósitos, los arrastres eólicos, etc., uniforman prácticamente los parámetros.

Esa expresión (6) permite la construcción del gráfico sobre papel logarítmico. De ella se saca:

$$\log Q = 1,3544 + 2,7 \log d + 0,5 \log J \quad (8)$$

Con la (8) se calcula el valor de Q para la pendiente inicial $J = 0,001$ y para cada uno de los diámetros indicados en el nomograma. Para el resto de las pendientes se tuvo presente que la representadora de la ecuación, llevada al papel logarítmico, es una recta y que para los distintos diámetros las anomalías son las mismas:

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,5 \quad (9)$$

Para una eventual determinación analítica puede calcularse el gasto de un mismo diámetro, a pendiente variable, partiendo de una pendiente inicial. El nuevo gasto se determina mediante la relación siguiente:

De la (6) se obtiene:

$$Q_0 = 76 R^{0,7} J_0^{0,5} \frac{d^2 \pi}{4} \quad (10)$$

$$Q_1 = 76 R^{0,7} J_1^{0,5} \frac{d^2 \pi}{4} \quad (11)$$

de donde:

$$\frac{Q_0}{Q_1} = \frac{J_0^{0,5}}{J_1^{0,5}} \quad (12)$$

y de ésta a su vez:

$$Q_1 = Q_0 \sqrt{\frac{J_1}{J_0}} \quad (13)$$

Para control se utilizó la (13) con pendiente final $J = 0,1$, con lo que se obtiene:

$$Q_1 = 10 Q_0$$

Expresando el radio hidráulico, R , en función del diámetro, d , puede deducirse la relación de diámetros a pendiente constante, en la siguiente forma:

Siendo $R = \frac{d}{4}$, las (10) y (11) pueden escribirse:

$$Q_0 = \frac{76 \pi}{4 \times 4^{0,7}} J^{0,5} d_0^{2,7} \quad (14)$$

$$Q_1 = \frac{76 \pi}{4 \times 4^{0,7}} J^{0,5} d_1^{2,7} \quad (15)$$

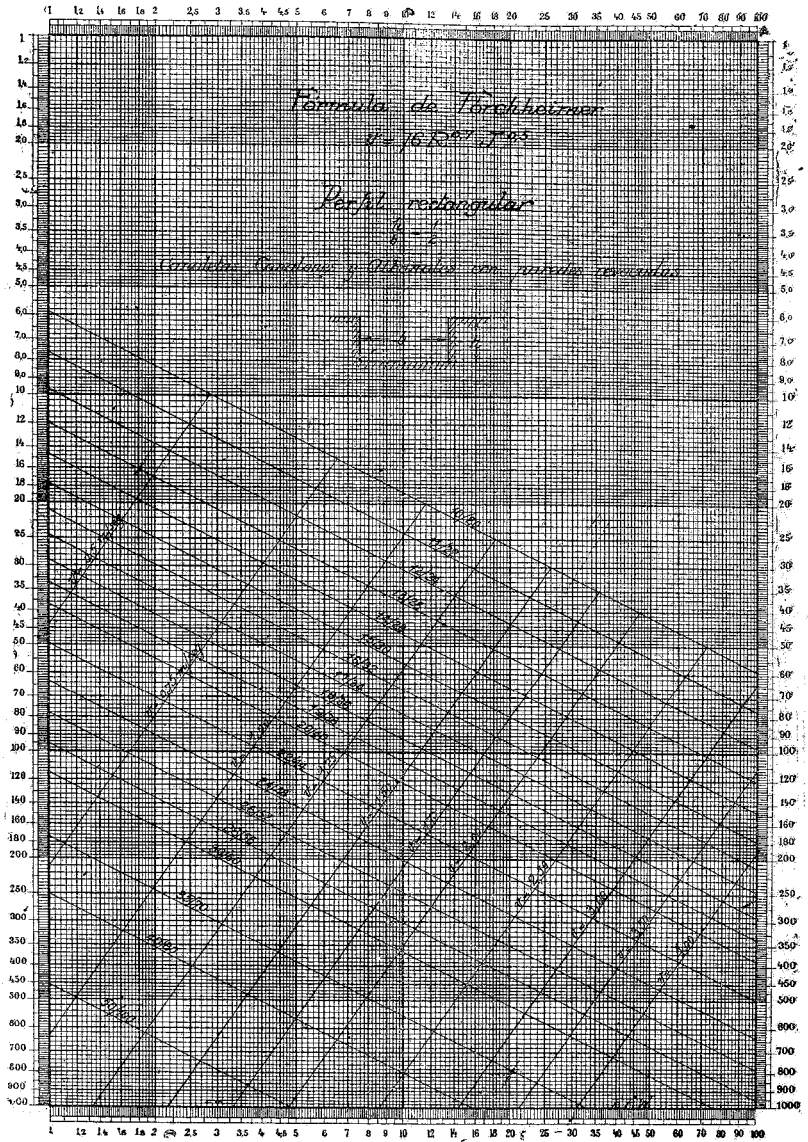
De ellas se deduce:

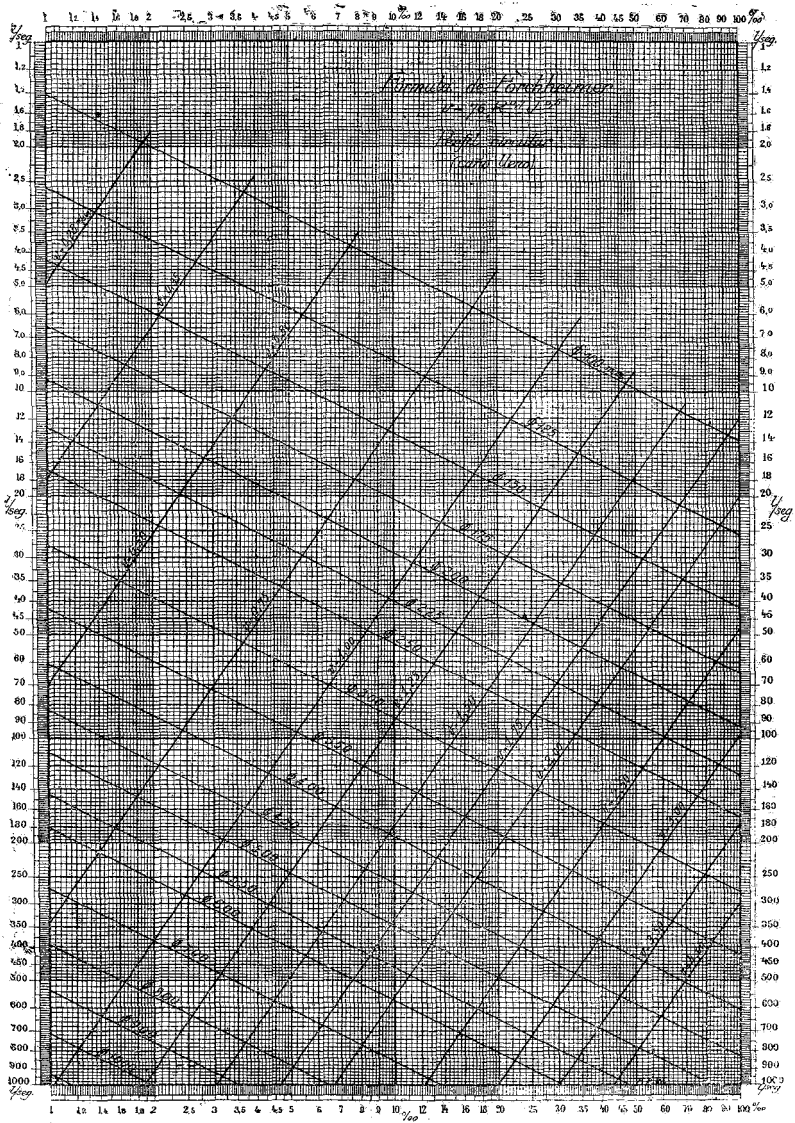
$$\log Q_1 = \log Q_0 + 2,7 (\log d_1 - \log d_0) \quad (16)$$

expresión fácil de tabular y calcular.

Citas bibliográficas:

- [1] — **Stecher, E.** — “Einheitliche Bemessungsverfahren für Regen- und Mischwasserkakanäle.” — Gesundheits Ingenieur, 1934, pág. 297 y siguientes.
- [2] — **Geissler, W.** — Kanalisation und Abwasserreinigung, 1933.
- [3] — **Hütte** — Des Ingenieurs Taschenbuch — III, 1928.
- [4] — **Forchheimer, Ph.** — Hydraulik, 1930.
- [5] — **Reinhold.** — “Die Bemessung von Regenwasserkanälen mit Hilfe nomographischer Verfahren”. — Ges. Ingen., 1927, p. 321.





Cuadro comparativo de la aplicación de diferentes fórmulas para determinar la sección de conductos de aguas servidas

J	Q l/seg.	Kutter d (cm.)	Lummert d (cm.)	Bazin d (cm.)	Forchheimer d (cm.)
0,002	5	14	13	15	14
0,005		12,5	11,5	13	12
0,01		11	11	10	10,5
0,02		10	9,3	9	10
0,002	25	26	23	26	25
0,005		22	21	23	22
0,01		19	19	20	19
0,02		17	17	18	17
0,002	80	39	35	40	39
0,005		33	32	34	33
0,01		29	29	30	29
0,02		26	25,5	26	26
0,002	150	49	44	50	49
0,005		43	40	42	42
0,01		37	36,8	37	36
0,02		33	32	33	32
0,002	250	59	52,5	60	60
0,005		50	48,6	50	51
0,01		44	44	45	44
0,02		38	38,7	40	38
0,002	500	76	67,5	78	76
0,005		65	62,5	67	65
0,01		57	57,5	58	57
0,02		50	50	52	50
0,002	1000	99	88	103	99
0,005		84	81	87	84
0,01		73	74,7	75	74
0,02		65	65	66	65