

Manual de Instalaciones Hidráulicas

Gustavo Jaramillo Botero

Ingeniero Civil

2018

Capítulo1

Propiedades de los fluidos

1.1 Introducción

De acuerdo con el aspecto físico que tiene la materia en la naturaleza, esta se puede clasificar en tres estados: Solido, líquido y gaseoso. Los estados líquido y gaseoso se denominan fluidos.

1.2 Definición de Fluido

Un fluido es una sustancia capaz de fluir y que se adapta a la forma del recipiente que lo contenga, debido a la poca cohesión entre sus moléculas.

Los fluidos se dividen en líquidos y gases. Los líquidos ocupan un volumen definido, mientras que los gases se expanden hasta ocupar todas las partes del recipiente que los contenga

1.3 Peso específico

El peso específico (Pe) de una sustancia es el peso de la unidad de volumen de dicha sustancia. En los líquidos se considera constante para pequeñas variaciones de presión.

El peso específico de una sustancia se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Peso específico} = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}} \quad \Rightarrow \quad \text{Pe} = \frac{W}{V} \quad (1.1)$$

Las unidades del peso específico son:

- En el sistema internacional: N/m^3
- En el sistema *mks*: kgf/m^3
- En el sistema inglés: lb/ft^3

El peso específico de los gases se puede calcular mediante la ecuación de estado de los gases, la cual se indica a continuación:

$$\text{Peso específico} = \frac{P}{R * T}$$

En dónde;

P= Presión absoluta

R= Constante del gas

T= Temperatura absoluta

1.4 Densidad de un cuerpo

La densidad de un cuerpo es la masa por unidad de volumen

La densidad de un cuerpo se calcula con la siguiente expresión:

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Masa}}{\text{Volumen}} \quad \Rightarrow \quad D = \frac{m}{V} \quad (1.2)$$

Las unidades de masa son similares en los dos sistemas de unidades:

- En el sistema internacional: kg/m³
- En el sistema *mks*: kg/m³

1.5 Densidad relativa de un cuerpo

La densidad relativa de un cuerpo es la relación entre la densidad del cuerpo y la densidad de una sustancia que se toma como referencia.

$$\text{Densidad relativa} = \frac{\text{Densidad de la sustancia}}{\text{Densidad de referencia}} \quad \Rightarrow \quad D_r = \frac{D}{D_{ref}} \quad (1.3)$$

La densidad relativa es adimensional, es decir, no tiene dimensiones.

Los líquidos se refieren al agua a una temperatura de 20 °C. Los gases se refieren al aire.

Ejemplo 1.1

Calcular la densidad relativa del agua a una temperatura de 20 °C.

Solución:

La fórmula para hallar la densidad relativa se indica en la ecuación 1.3:

$$Dr = \frac{D}{D \text{ referencia}} \quad (\text{ecuación 1.3})$$

Densidad del agua = 1.000 kg/m³

Densidad referencia (densidad del agua) = 1000 kg/m³

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación 1.3, se obtiene:

$$Dr = \frac{D}{D \text{ ref}} \Rightarrow Dr = \frac{1000 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} \Rightarrow \mathbf{Dr = 1}$$

Ejemplo 1.2

Calcular la densidad relativa del alcohol.

Solución:

La fórmula para hallar la densidad relativa se indica en la ecuación 1.3:

$$Dr = \frac{D}{D \text{ ref}} \Rightarrow \quad (\text{ecuación 1.3})$$

Densidad del alcohol = 790 kg/m³

Densidad relativa (densidad del agua) = 1000 kg/m³

Reemplazando los valores conocidos se obtiene:

$$Dr = \frac{D}{D \text{ ref}} \Rightarrow Dr = \frac{790 \text{ kg/m}^3}{1000 \text{ kg/m}^3} \Rightarrow \mathbf{Dr = 0,79}$$

1.4. Viscosidad de un fluido

La viscosidad de un fluido es la propiedad que tiene de ofrecer resistencia a cambiar de forma, bajo la acción de fuerzas externas. La viscosidad se debe primordialmente a las interacciones entre las moléculas del fluido.

1.5. Numero de Reynolds

El número de Reynolds permite definir cuando un fluido se mueve en régimen laminar o turbulento, este número depende en gran parte de la viscosidad del fluido.

1.5.1 Flujo laminar y turbulento:

El valor obtenido para el número de Reynolds, indica si el flujo es laminar, turbulento o estados intermedios de transición, en función de la velocidad crítica.

El número de Reynolds y el flujo del agua se relacionan de la siguiente manera:

- a) Si $N_{Re} \leq 2000$, El flujo es laminar.
- b) Entre 2000 y 4000 hay una gran inestabilidad del flujo y se define como transición.
 $2000 \leq N_{Re} \leq 4000$, El flujo está en estado de transición.
- c) Si $N_{Re} \geq 4000$, El flujo es turbulento.

Por facilidad se asume que el flujo está en estado de transición cuando el N_{Re} es de 3000.

1.5.2 Velocidad crítica:

La velocidad crítica es aquella velocidad media que marca el paso del flujo laminar al turbulento.

Con los anteriores valores se puede concluir que la velocidad crítica se calcula con la siguiente formula:

$$V_c = \frac{3000 * \mu}{10 * \varnothing * d}$$

Ejemplo 1.3

Por una tubería de acueducto de diámetro 2", circula agua a una temperatura de 20°C. La velocidad del agua es de 1,70 m/s. Calcular el número de Reynolds y la velocidad crítica.

Solución:

La viscosidad del agua a una temperatura de 20°C es:

$$\mu = 1,0 \text{ centipoises}$$

El Número de Reynolds se calcula con la siguiente expresión:

$$NRe = \frac{10 \cdot V \cdot \varnothing \cdot d}{\mu} = \frac{10 \cdot 1,7 \text{ m/s} \cdot 5 \text{ cm} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3}{1,0 \text{ kg/m}^*\text{s}} = 85000$$

$$NRe = 85000 \text{ (el número de Reynolds es adimensional)}$$

La velocidad crítica es:

$$Vc = \frac{3000 \cdot \mu}{10 \cdot \varnothing \cdot d} = \frac{3000 \cdot 1,0}{10 \cdot 5 \cdot 1000} = 0,06 \text{ m/s}$$

Esta es la velocidad a la cual el flujo cambia de laminar a turbulento.

Nivel de complejidad:

El RAS 2000 en el título A define el nivel de complejidad para todo el territorio nacional

Nivel de complejidad	Población en la zona Urbana ⁽¹⁾ (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios ⁽²⁾
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Notas: (1) Proyectado al período de diseño, incluida la población flotante.

(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada Según metodología del Departamento Nacional de Planeación (DNP).

1.5 Unidades de suministro

La unidad de suministro o abasto consiste en la cantidad de agua que consume un aparato.

Aparatos	Público	Privado
Bidé	1	1
Ducha	2	2
Lavadero	1	1
Lavadora	3	3
Lavamanos	1	1
Lavaplatos	2	2
Sanitario tanque	3	3
Sanitario fluxómetro		

Capítulo 2

Perdidas de Presión en Tuberías

Las pérdidas de presión del agua, por el interior de una tubería se deben a la fricción entre las partículas del fluido o entre el fluido y las paredes.

Entre más pequeño sea el diámetro de la tubería, mayor será la fricción entre partículas, con la consecuente pérdida de presión.

El coeficiente de fricción del material de la tubería, también es factor importante para las pérdidas de presión.

Las tuberías de PVC son muy lisas, lo cual indica que tiene un coeficiente de fricción menor que otros materiales tradicionales. En las tablas de FLAMAN se indica estos coeficientes de fricción de diversos materiales usados en la construcción de tuberías para acueductos.

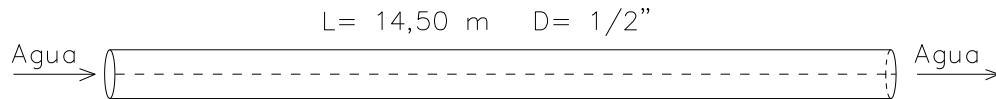
Las pérdidas de presión en los accesorios, se pueden evaluar como una longitud equivalente de tubería recta. Para poder hacer esta conversión existe una tabla denominada LONGITUD EQUIVALENTE.

Las pérdidas de presión en el medidor se deben evaluar de acuerdo a su capacidad nominal, para esto existe una tabla que proporciona esos datos.

A continuación, se presentan unos ejercicios prácticos sobre las pérdidas de presión en diversas tuberías.

Ejemplo 2.1

Por un tubo de *PVC* el cual tiene un diámetro de $1/2''$, circula un caudal de agua $0,13 \text{ l/s}$. La longitud del tubo es de $14,50 \text{ metros}$. El tubo no tiene accesorios conectados en ese tramo. Calcular la velocidad del agua y la pérdida de presión del agua durante el recorrido.



Solución:

La velocidad y la pérdida de presión se encuentran en las tablas de **Flamant**.

En la tabla correspondiente al diámetro de $1/2''$ se busca el caudal, si no se encuentra de manera precisa, se debe interpolar:

Se tiene un caudal de: $Q= 0,13 \text{ l/s}$

El caudal se encuentra en la tabla de $1/2''$.

La velocidad del agua es:

Para $Q=0,13 \text{ l/s} \Rightarrow V= 1,03 \text{ m/s}$

La pérdida de presión es:

Para $Q=0,13 \text{ l/s} \Rightarrow j= 0,098 \text{ m/m}$

La pérdida de presión por fricción para el tramo considerado es:

$$h_f = j * L \Rightarrow h_f = 0,098 \text{ m/m} * 14,50 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{h_f = 1,42 \text{ m}}$$

La pérdida de presión debido a la velocidad del agua es:

$$h_v = 0,05 \text{ m}$$

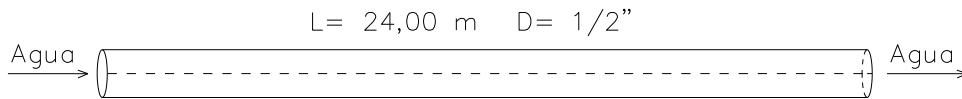
La pérdida de presión total para el tramo considerado es:

$$h_T = h_f + h_v$$

$$h_T = 1,42 \text{ m} + 0,05 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{h_T = 1,47 \text{ m}}$$

Ejemplo 2.2

Por un tubo de PVCel cual tiene un diámetro de 1/2", circula un caudal de agua 0,23 l/s. La longitud del tubo es de 24,00 metros. El tubo no tiene accesorios conectados en ese tramo. Calcular la velocidad del agua y la pérdida de presión del agua durante el recorrido.

**Solución:**

La velocidad y la pérdida de presión se encuentran en las tablas de **Flamant**.

En la tabla correspondiente al diámetro de 1/2" se busca el caudal, si no se encuentra de manera precisa, se debe interpolar:

Se tiene un caudal de: $Q= 0,23$ l/s

La velocidad del agua es:

Para $Q=0,19$ l/s $\Rightarrow V=1,50$ m/s

Para $Q=0,25$ l/s $\Rightarrow V= 1,97$ m/s

Interpolando con los anteriores valores se obtiene: $V= 1,81$ m/s

La pérdida de presión es:

Para $Q=0,19$ l/s $\Rightarrow j= 0,191$ m/m

Para $Q=0,25$ l/s $\Rightarrow j= 0,308$ m/m

Interpolando con los anteriores valores se obtiene: $j= 0,269$ m/m

La pérdida de presión por fricción para el tramo considerado es:

$h_f = j * L \Rightarrow h_f = 0,269 \text{ m/m} * 24,0 \text{ m} \Rightarrow h_f = 6,45 \text{ m}$

La pérdida de presión debido a la velocidad del agua es:

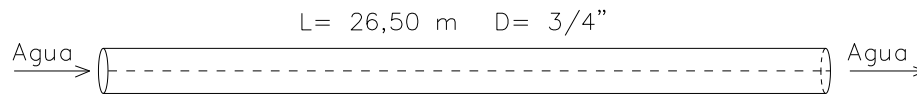
$h_v = 0,17$ m (interpolando)

La pérdida de presión total para el tramo considerado es:

$h_T = h_f + h_v \Rightarrow h_T = 6,45 \text{ m} + 0,17 \text{ m} \Rightarrow h_T = 6,62 \text{ m}$

Ejemplo 2.3

Por un tubo de *PVC* el cual tiene un diámetro de 3/4", circula un caudal de agua de 0,32 l/s. La longitud del tubo es de 26,50 metros. El tubo no tiene accesorios conectados en ese tramo. Calcular la velocidad del agua y la pérdida de presión del agua durante el recorrido.

**Solución:**

La velocidad y la pérdida de presión se encuentran en las tablas de **Flamant**.

En la tabla correspondiente al diámetro de 3/4" se busca el caudal:

Se tiene un caudal de: $Q = 0,32$ l/s

- La velocidad del agua es:

Para $Q = 0,32$ l/s $\Rightarrow V = 1,12$ m/s

- La pérdida de presión es:

Para $Q = 0,32$ l/s $\Rightarrow j = 0,069$ m/m

La pérdida de presión por fricción para el tramo considerado es:

$$h_f = j * L \quad \Rightarrow \quad h_f = 0,069 \text{ m/m} * 26,50 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_f = 1,83 \text{ m}}$$

La pérdida de presión debido a la velocidad del agua es: $h_v = 0,06$ m

La pérdida de presión total para el tramo considerado es:

$$h_T = h_f + h_v \quad \Rightarrow \quad h_T = 1,83 \text{ m} + 0,06 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_T = 1,89 \text{ m}}$$

Ejemplo 2.4

Por un tubo de PVC el cual tiene un diámetro de 1", circula un caudal de agua de 0,50 l/s. La longitud del tubo es de 12,30 metros. El tubo no tiene accesorios conectados en ese tramo. Calcular la velocidad del agua y la pérdida de presión del agua durante el recorrido.

Solución:

La velocidad y la pérdida de presión se encuentran en las tablas de **Flamant**.

En la tabla correspondiente al diámetro de 1" se busca el caudal, si no se encuentra de manera precisa, se debe interpolar:

Se tiene un caudal de: $Q = 0,50 \text{ l/s}$

- La velocidad del agua es:

$$\text{Para } Q=0,50 \text{ l/s} \quad \Rightarrow V = 1,00 \text{ m/s}$$

- La pérdida de presión es:

$$\text{Para } Q=0,50 \text{ l/s} \quad \Rightarrow j = 0,039 \text{ m/m}$$

La pérdida de presión por fricción para el tramo considerado es:

$$h_f = j * L \quad \Rightarrow \quad h_f = 0,039 \text{ m/m} * 12,30 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_f = 0,48 \text{ m}}$$

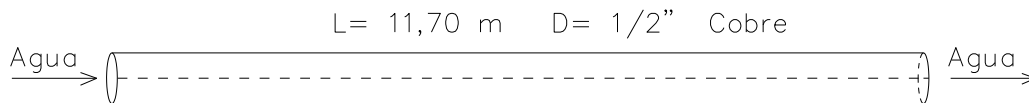
- La pérdida de presión debido a la velocidad del agua es: $h_v = 0,05 \text{ m}$

La pérdida de presión total para el tramo considerado es:

$$h_T = h_f + h_v \quad \Rightarrow \quad h_T = 0,48 \text{ m} + 0,05 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_T = 0,53 \text{ m}}$$

Ejemplo 2.5

Por un tubo de cobre de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, circula un caudal de agua de 0,06 l/s. La longitud del tubo es de 11,70 metros. El tubo no tiene accesorios conectados en ese tramo. Calcular la velocidad del agua y la pérdida de presión del agua durante el recorrido.



Solución:

La velocidad y la pérdida de presión se encuentran en las tablas de **Flamant**. Se busca el caudal en la tabla correspondiente al diámetro de $\frac{1}{2}$ ", el cual se encuentra de manera precisa:

Se tiene un caudal de: $Q= 0,06$ l/s

- La velocidad del agua es:

$$\text{Para } Q=0,06 \text{ l/s} \quad \Rightarrow \quad V= 0,47 \text{ m/s}$$

- La pérdida de presión es:

$$\text{Para } Q=0,06 \text{ l/s} \quad \Rightarrow \quad j= 0,03 \text{ m/m}$$

La pérdida de presión por fricción para el tramo considerado es:

$$h_f = j * L \quad \Rightarrow \quad h_f = 0,03 \text{ m/m} * 11,70 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_f = 0,35 \text{ m}}$$

- La pérdida de presión debido a la velocidad del agua es: $h_v = 0,01 \text{ m}$

La pérdida de presión total para el tramo considerado es:

$$h_T = h_f + h_v \quad \Rightarrow \quad h_T = 0,35 \text{ m} + 0,01 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_T = 0,36 \text{ m}}$$

2.3 Perdidas de presión en accesorios

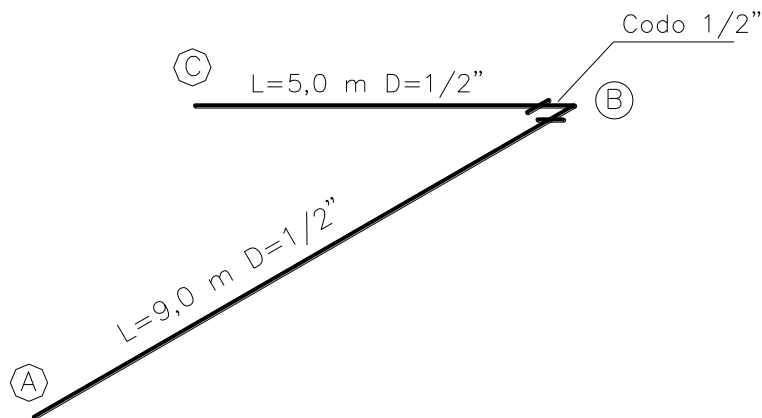
Para determinar las pérdidas de presión en los accesorios de una tubería hidráulica, se puede reemplazar por una longitud recta de tubería que sea equivalente, es decir, que produzca pérdidas similares.

En los siguientes ejercicios, se calcula las pérdidas de presión, teniendo en cuenta los accesorios instalados.

Ejemplo 2.6.

Por un tubo de PVC de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, circula un caudal de agua de 0,19 l/s. La longitud del tubo desde A hasta B es de 9,0 metros y desde B hasta C es de 5,0 metros. El tubo tiene un codo de radio largo de 90° en el punto B, el cual es un cambio de dirección. La tubería es horizontal en toda su extensión.

Calcular la velocidad del agua y la pérdida de presión del agua durante el recorrido.



Solución:

La velocidad y la pérdida de presión se encuentran en las tablas de **Flamant**.

Se busca el caudal en la tabla correspondiente al diámetro de $\frac{1}{2}$ ", el cual se encuentra de manera precisa:

Se tiene un caudal de: $Q=0,19$ l/s

- La velocidad del agua es:

$$\text{Para } Q=0,19 \text{ l/s} \Rightarrow V= 1,50 \text{ m/s}$$

- La pérdida de presión es:

Para $Q=0,19$ l/s $\Rightarrow j=0,191$ m/m

La pérdida de presión en el codo se calcula como una longitud equivalente de tubería horizontal:

En la tabla de longitud equivalente se pueden ver:

$L_e = 0,20$ m

La longitud total es la suma de la tubería y la longitud equivalente:

$L_t = 9,0$ m + $5,0$ m + $0,20$ m = $14,20$ m

La pérdida de presión por fricción para el tramo considerado es:

$h_f = j * L_t \Rightarrow h_f = 0,191$ m/m * $14,20$ m \Rightarrow **$h_f = 2,71$ m**

La pérdida de presión debido a la velocidad del agua se encuentra en la tabla.

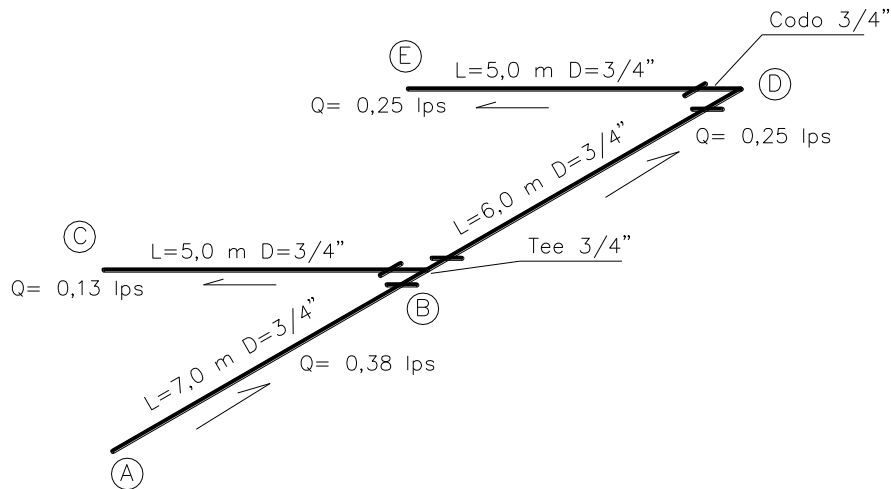
$h_v = 0,11$ m

La pérdida de presión total para el tramo considerado es:

$h_T = h_f + h_v \Rightarrow h_T = 2,71$ m + $0,11$ m \Rightarrow **$h_T = 2,82$ m**

Ejemplo 2.7.

Por un tubo de *PVC* de 3/4" de diámetro circula un caudal de agua de 0,38 l/s. La longitud del tubo desde A hasta B es de 7,0 m, desde B hasta D es de 6,0 m y desde D hasta E es de 5,0 m. El tubo tiene una tee de paso directo normal en el punto B y un codo de radio largo de 90° en el punto D. La tubería es horizontal en toda su extensión. Los caudales se indican en la figura. Calcular la velocidad y la pérdida de presión del agua durante el recorrido desde el punto A hasta el punto E.



Solución:

La velocidad y la pérdida de presión se encuentran en las tablas de **Flamant**.

Se busca el caudal en la tabla correspondiente al diámetro de 3/4":

Tramo AB:

Se tiene un caudal de: $Q = 0,38 \text{ l/s}$

- La velocidad del agua es:

$$\text{Para } Q = 0,38 \text{ l/s} \quad \Rightarrow \quad V = 1,33 \text{ m/s}$$

- La pérdida de presión en el tramo AB es:

$$\text{Para } Q = 0,38 \text{ l/s} \quad \Rightarrow \quad j = 0,093 \text{ m/m}$$

La pérdida de presión en la *tee* se calcula como una longitud equivalente de tubería horizontal:

En la tabla se encuentra:

$$L_e = 0,29 \text{ m}$$

La longitud total en el tramo AB es la suma de la tubería y la longitud equivalente:

$$L_t = 7,0 \text{ m} + 0,29 \text{ m} = 7,29 \text{ m}$$

La pérdida de presión por fricción para el tramo considerado es:

$$h_f = j * L_t \quad \Rightarrow \quad h_f = 0,093 \text{ m/m} * 7,29 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_f = 0,68 \text{ m}}$$

- La pérdida de presión debido a la velocidad del agua es:

$$h_v = 0,09 \text{ m}$$

La pérdida de presión total para el tramo AB es:

$$h_{TAB} = h_f + h_v \quad \Rightarrow \quad h_{TAB} = 0,68 \text{ m} + 0,09 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_{TAB} = 0,77 \text{ m}}$$

Tramo BDE:

Se tiene un caudal de: $Q = 0,25 \text{ l/s}$

- La velocidad del agua es:

$$\text{Para } Q = 0,25 \text{ l/s} \quad \Rightarrow \quad V = 0,88 \text{ m/s}$$

- La pérdida de presión en el tramo BDE es:

$$\text{Para } Q = 0,25 \text{ l/s} \quad \Rightarrow \quad j = 0,045 \text{ m/m}$$

La pérdida de presión en el *codo* se calcula como una longitud equivalente de tubería horizontal:

En la tabla se obtiene:

$$L_e = 0,28 \text{ m}$$

La longitud total en el tramo BDE es la suma de la tubería y la longitud equivalente:

$$L_t = 6,0 \text{ m} + 5,0 \text{ m} + 0,28 \text{ m} = 11,28 \text{ m}$$

La pérdida de presión por fricción para el tramo considerado es:

$$h_f = j * L_t \quad \Rightarrow \quad h_f = 0,045 \text{ m/m} * 11,28 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_f = 0,51 \text{ m}}$$

- La pérdida de presión debido a la velocidad del agua es:

$$h_v = 0,04 \text{ m}$$

La pérdida de presión total para el tramo BDE es:

$$h_{TBDE} = h_f + h_v \quad \Rightarrow \quad h_{TBDE} = 0,51 \text{ m} + 0,04 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_{TAB} = 0,55 \text{ m}}$$

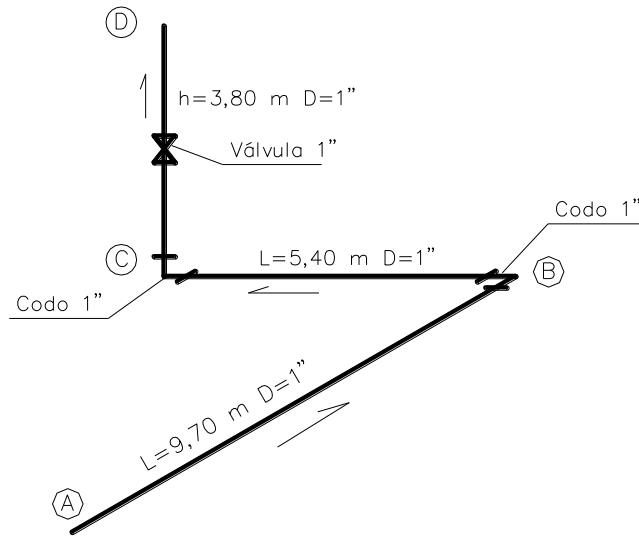
La pérdida de presión total para el tramo AE es:

$$h_{TAE} = h_{TAB} + h_{TBDE} \quad \Rightarrow \quad h_{TAE} = 0,77 \text{ m} + 0,55 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_{TAB} = 1,32 \text{ m}}$$

Ejemplo 2.8

Por un tubo de *PVC* de 1" de diámetro circula un caudal de agua de 0,76 l/s. La longitud del tubo desde A hasta B es de 9,70 m; desde B hasta C es de 5,40 m y desde C hasta D

es de 3,80 m en forma vertical hacia arriba. El tubo tiene un codo de radio largo en el punto B, un codo de radio largo de 90° en el punto C. La tubería es horizontal hasta el punto C, luego sube hasta el punto D, con una extensión de 3,80 m. El caudal es igual en toda la tubería. Calcular la velocidad y la pérdida de presión del agua durante el recorrido desde el punto A hasta el punto D.



Solución:

La velocidad y la pérdida de presión se encuentran en las tablas de **Flamant**.

Se busca el caudal en la tabla correspondiente al diámetro de 1'':

Tramo AB:

Se tiene un caudal de: $Q = 0,76 \text{ l/s}$

- La velocidad del agua es:

$$\text{Para } Q=0,76 \text{ l/s} \quad \Rightarrow \quad V = 1,49 \text{ m/s}$$

- La pérdida de presión en el tramo AB es:

$$\text{Para } Q=0,76 \text{ l/s} \quad \Rightarrow \quad j = 0,08 \text{ m/m}$$

La pérdida de presión en el *codo* se calcula como una longitud equivalente de tubería horizontal:

En la tabla se obtiene:

$$L_e = 0,37 \text{ m}$$

La longitud total en el tramo AB es la suma de la tubería y la longitud equivalente:

$$L_t = 9,70 \text{ m} + 0,37 \text{ m} = 10,07 \text{ m}$$

La pérdida de presión por fricción para el tramo considerado es:

$$h_f = j * L_t \Rightarrow h_f = 0,08 \text{ m/m} * 10,07 \text{ m} \Rightarrow h_f = 0,81 \text{ m}$$

La pérdida de presión debido a la velocidad del agua es:

$$h_v = 0,11 \text{ m}$$

La pérdida de presión total para el tramo AB es:

$$h_{TAB} = h_f + h_v \Rightarrow h_{TAB} = 0,81 \text{ m} + 0,11 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{h_{TAB} = 0,92 \text{ m}}$$

Tramo BC:

Se tiene un caudal de: $Q = 0,76 \text{ l/s}$

- La velocidad del agua es:

$$\text{Para } Q = 0,76 \text{ l/s} \Rightarrow V = 1,49 \text{ m/s}$$

- La pérdida de presión en el tramo BC es:

$$\text{Para } Q = 0,76 \text{ l/s} \Rightarrow j = 0,08 \text{ m/m}$$

La pérdida de presión en el *codo* se calcula como una longitud equivalente de tubería horizontal:

En la tabla se obtiene:

$$L_e = 0,37 \text{ m}$$

La longitud total en el tramo BC es la suma de la tubería y la longitud equivalente:

$$L_t = 5,40 \text{ m} + 0,37 \text{ m} = 5,77 \text{ m}$$

La pérdida de presión por fricción para el tramo considerado es:

$$h_f = j * L_t \Rightarrow h_f = 0,08 \text{ m/m} * 5,77 \text{ m} \Rightarrow h_f = 0,46 \text{ m}$$

La pérdida de presión debido a la velocidad del agua es:

$$h_v = 0,11 \text{ m}$$

La pérdida de presión total para el tramo BC es:

$$h_{TBC} = h_f + h_v \Rightarrow h_{TBC} = 0,46 \text{ m} + 0,11 \text{ m} \Rightarrow \mathbf{h_{TBC} = 0,57 \text{ m}}$$

Tramo CD:

Se tiene un caudal de: $Q= 0,76 \text{ l/s}$

- La velocidad del agua es:

$$\text{Para } Q=0,76 \text{ l/s} \quad \Rightarrow \quad V= 1,49 \text{ m/s}$$

- La pérdida de presión en el tramo CD es:

$$\text{Para } Q=0,76 \text{ l/s} \quad \Rightarrow \quad j= 0,08 \text{ m/m}$$

La pérdida de presión en la *válvula* se calcula como una longitud equivalente de tubería horizontal:

En la tabla se obtiene:

$$L_e = 0,13 \text{ m (válvula de compuerta abierta)}$$

La longitud total en el tramo CD es la suma de la tubería y la longitud equivalente:

$$L_t = 3,80 \text{ m} + 0,13 \text{ m} = 3,93 \text{ m}$$

La pérdida de presión por fricción para el tramo considerado es:

$$h_f = j * L_t \quad \Rightarrow \quad h_f = 0,08 \text{ m/m} * 3,93 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad h_f = 0,31 \text{ m}$$

- La pérdida de presión debido a la velocidad del agua es:

$$h_v = 0,11 \text{ m}$$

La pérdida de presión total para el tramo CD es:

El agua pierde presión al tener que subir a través de un tubo; por lo tanto, a la pérdida de presión se le debe sumar la altura que sube el agua:

$$h_{TCD} = h_f + h_v + h_{tubo} \quad \Rightarrow \quad h_{TCD} = 0,31 \text{ m} + 0,11 \text{ m} + 3,80 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_{TCD} = 4,22 \text{ m}}$$

La pérdida de presión total para el tramo AD es la suma de todas las pérdidas:

$$h_{TAD} = h_{TAB} + h_{TBC} + h_{TCD} \quad \Rightarrow \quad h_{TAD} = 0,92 \text{ m} + 0,57 \text{ m} + 4,22 \text{ m} \quad \Rightarrow \quad \mathbf{h_{TAD} = 5,71 \text{ m}}$$

2.4 Pérdidas de presión en los medidores

Ejemplo 2.9:

Calcular las pérdidas en el medidor de una vivienda de un piso, la cual tiene los siguientes aparatos conectados:

- 1 Lavaplatos (LVP)= 2 unidades
- 1 Inodoro (WC)= 3 unidades
- 1 Ducha (D)= 2 unidades
- 1 Lavamanos (LVM)= 1 unidad
- 1 Lavadero (LAV)= 1 unidades
- 1 Lavadora (LVD)= 3 unidades

 Total: 6 aparatos y 12 unidades de abasto

El diámetro del tubo PVC en la entrada de la vivienda debe ser de ½”.

Solución:

En las tablas de Flamant se encuentra el caudal máximo posible:

$Q_{\text{max posible}} = 0,57 \text{ lps}$

El coeficiente de simultaneidad para 6 aparatos es:

$K = 0,45$

El caudal máximo probable es:

$Q_{\text{max probable}} = Q_{\text{max posible}} * K$

$Q_{\text{max probable}} = 0,57 \text{ lps} * 0,45 = 0,26 \text{ lps}$

En la tabla se escoge un medidor de ½” y se localiza el caudal máximo probable:

El medidor seleccionado es de ½” con un caudal nominal 0,92 lps. En esa fila se busca el caudal máximo probable, luego se busca la pérdida de presión (h_f) y el porcentaje de su capacidad nominal.

$h_f = 0,9 \text{ m}$ (se puede interpolar o aproximar al valor inmediatamente superior)

En la fila superior se ve que el medidor trabaja con un 30% de su capacidad nominal.

Ejemplo 2.10:

Calcular las pérdidas en el medidor de una vivienda unifamiliar de dos pisos, la cual tiene los siguientes aparatos conectados:

- 1 Lavaplatos (LVP)= 2 unidades

2 Inodoros (WC)= $3 * 2 = 6$ unidades
2 Duchas (D)= $2 * 2 = 4$ unidades
2 Lavamanos (LVM)= $1 * 2 = 2$ unidades
1 Lavadero (LAV)= 1 unidades
1 Lavadora (LVD)= 3 unidades

Total: 9 aparatos y 18 unidades de abasto

El diámetro del tubo en la entrada del primer piso debe ser de 3/4".

Solución:

En las tablas de Flamant se encuentra el caudal máximo posible:

$Q_{\text{max posible}} = 0,82 \text{ lps}$

El coeficiente de simultaneidad para 9 aparatos es:

$K = 0,35$

El caudal máximo probable es:

$Q_{\text{max probable}} = Q_{\text{max posible}} * K$

$Q_{\text{max probable}} = 0,82 \text{ lps} * 0,35 = 0,29 \text{ lps}$

En la tabla se escoge un medidor de 3/4" y se localiza el caudal máximo probable:

El medidor seleccionado es de 3/4" con un caudal nominal 1,40 lps. En esa fila se busca el caudal máximo probable, luego se busca la pérdida de presión (h_f) y el porcentaje de su capacidad nominal.

$h_f = 0,4 \text{ m}$ (se puede interpolar o aproximar al valor inmediatamente superior)

En la fila superior se ve que el medidor trabaja con un 20% de su capacidad nominal.

Ejemplo 2.11

En un local comercial se tiene un caudal máximo probable de 1,50 lps y la presión mínima en la red pública es de 18 mca. En la entrada al local se instaló un medidor de 3/4". Calcular la presión disponible a la entrada del local.

Solución:

En la tabla se ve que la pérdida de carga en el medidor es de 9,7 m

$$h_f = 9,7 \text{ m}$$

$$\text{Presión disponible: } 18\text{mca} - 9,7 \text{ mca} = 8,3 \text{ mca}$$

La presión disponible es muy baja, lo cual afecta el diseño y el buen funcionamiento de los aparatos. Como solución se debe cambiar el diseño y colocar un medidor de 1”:

BIBLIOGRAFIA

GILES, Ranald V. Mecánica de fluidos e hidráulica. McGraw-Hill. Tercera edición. 1998.

PEREZ C, Rafael. Agua, desagües y gas para edificaciones. ECOE Ediciones. Quinta edición. 2005

MELGUIZO B, Samuel. Fundamentos de Hidráulica. Primera parte. U Nacional.

Reglamento Técnico. RAS 2000.

STREETER Victor L. Mecánica de los fluidos. Mc Graw Hill. Octava edición. 1988