UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL RECONQUISTA

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Año: **4º** Diseño Curricular 2023 - ORDENANZA N°1851

Asignatura: **Mecánica de los Fluidos y Máquinas Fluidodinámicas**

Cátedra:

Prof. Asoc. Ord. Simple Ing. Silvina Zamar
Prof. Adj. Int. Semi-exclusiva Ing. Alejandro Folla

UNIDAD 3: ESTATICA DE LOS FLUIDOS

TRABAJO PRÁCTICO N° 3: TEORIA DEL FLUJO UNIDIMENSIONAL

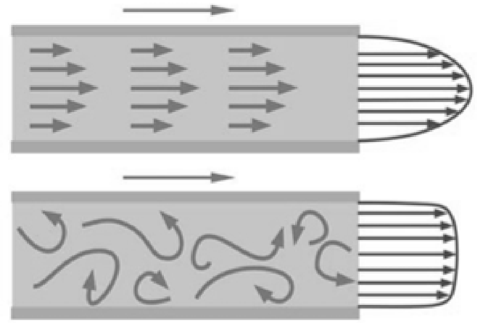
TRABAJO PRÁCTICO N° 3: TEORÍA DEL FLUJO UNIDIMENSIONAL

FÓRMULAS Y PRINCIPIOS BÁSICOS

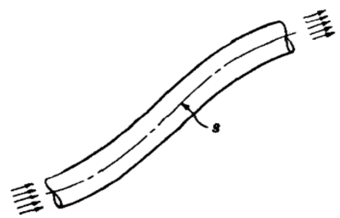
TIPOS DE FLUJOS (Streeter)
Algunos ejemplos de flujos permanentes y no permanentes y uniformes y no uniformes son:

• El líquido que fluye a lo largo de un tubo largo con un caudal constante es flujo uniforme permanente.
• El líquido que fluye por una tubería larga con un caudal decreciente es flujo uniforme no permanente.
• El flujo a través de un tubo que se expande y fluye con un caudal constante es flujo no uniforme permanente.
• El flujo a través de un tubo que se expande y fluye con un caudal que se incrementa es flujo no uniforme no permanente.

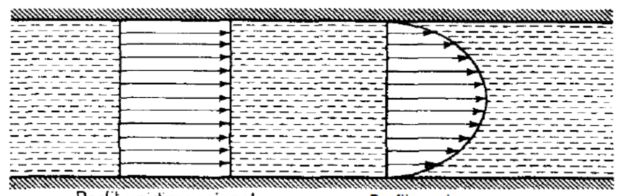
Representación de flujo laminar y turbulento



FLUJOS UNIDIMENSIONAL (Shames)
El flujo unidimensional es una simplificación en la cual todas las propiedades y características del flujo se suponen como funciones de una sola coordenada espacial y del tiempo. Usualmente, la posición es la localización a lo largo de alguna trayectoria o conducto. Por ejemplo, en la figura se muestra un flujo unidimensional en una tubería, el cual requeriría que la velocidad, la presión, etc., fueran constantes en cualquier sección transversal y en cualquier instante dado y que variaran sólo con s en ese tiempo.

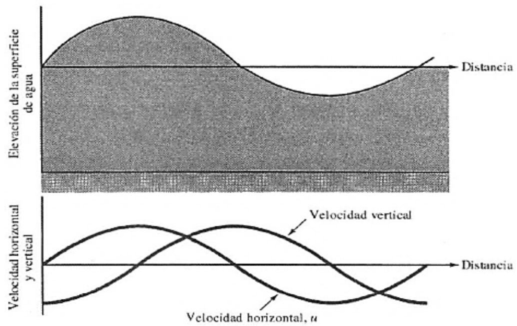


En la realidad el flujo en tuberías y conductos nunca es verdaderamente unidimensional, ya que la velocidad variará en la sección transversal. En la figura se muestran los perfiles de velocidad correspondientes a un flujo unidimensional verdadero y a un caso real. Sin embargo, si la diferencia no es muy grande o si interesan los efectos promedio sobre la sección transversal, puede suponerse que existe un flujo unidimensional. Por ejemplo, en tuberías y ductos este supuesto es usualmente aceptable cuando:



FLUJOS BIDIMENSIONAL (Streeter)

Un flujo bidimensional se distingue por la condición de que todas las propiedades y características del flujo son funciones de dos coordenadas cartesianas, por ejemplo X, e Y el tiempo; por consiguiente, no cambian a lo largo de la dirección Z en un instante dado. Todos los planos perpendiculares a la dirección Z tendrán, en el instante dado, el mismo patrón de líneas de corriente. El flujo alrededor de un perfil de una ala de relación de forma infinita o el flujo sobre una presa de longitud infinita y sección transversal uniforme son ejemplos matemáticos de flujos bidimensionales. En la realidad, se supone un flujo bidimensional para la mayor parte de los problemas de alas y de presas, y se hacen "correcciones en los extremos" para modificar los resultados en forma apropiada.



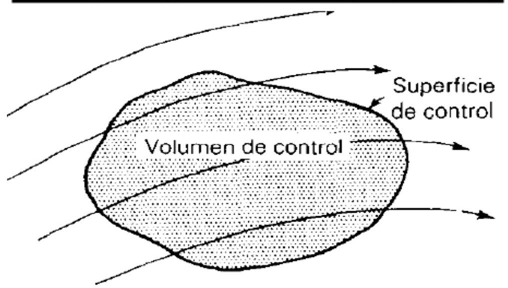
Alturas y velocidades en ondas de agua.

ECUACIÓN DE CONTINUIDAD (Shames)

Es decir, la tasa neta de flujo de salida de masa a través de la superficie de control es igual a la tasa de disminución de masa dentro del volumen de control. En esta forma se tiene en cuenta la masa que entra o sale de cualquier volumen escogido en el flujo en cualquier instante. La ecuación de la derecha y sus formas simplificadas se conocen como ecuaciones de continuidad.

$$\boxed{\oint\!\!\oint_{SC} (\rho \mathbf{V} \cdot \mathbf{dA}) = -\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} \rho \, dv}$$

Si el flujo es permanente con respecto a una referencia fija al volumen de control, todas las propiedades del fluido, incluida la densidad en cualquier posición fija de la referencia, deben permanecer constantes en el tiempo.



Debido a que se está trabajando con volúmenes de control de forma fija, la integral del miembro derecho de la ecuación es cero.

$$\oint\!\!\oint_{SC} (\rho \mathbf{V} \cdot \mathbf{dA}) = 0$$

Considerando el caso de flujo incompresible en el que interviene solamente una especie única de fluido en el volumen de control. En este caso la densidad es constante en todos los puntos en el dominio y para todo tiempo, aun si el campo de velocidad es no permanente. Puede extraerse la densidad del signo integral quedando solo la integral de la velocidad por el diferencial de área.

$$\oint\!\!\oint_{SC} (\mathbf{V} \cdot \mathbf{dA}) = 0$$

Por tanto, para cualquier flujo incompresible en el que interviene sólo un fluido, la conservación de la masa se reduce a la conservación del volumen.

ECUACIÓN DE CONTINUIDAD (Giles)

La ecuación de continuidad es una consecuencia del principio de conservación de la masa. Para un flujo permanente, la masa de fluido que atraviesa cualquier sección de una corriente de fluido, por unidad de tiempo, es constante. Esta puede calcularse como sigue:

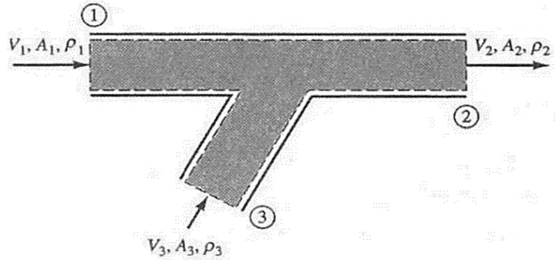
$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \text{constante}$$

En los casos prácticos de fluidos incompresibles y densidad constante la ecuación se transforma en:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 = \text{constante}$$

(Streeter)

Si existen múltiples entradas y salidas, la ecuación de volumen de control puede extenderse. Suponga una intersección en T tal como se nota en la figura; también se denotan las condiciones en las entradas (secciones 1 y 3) y en la salida (sección 2). Adicionalmente, suponga que la densidad en cada sección es constante (aunque no necesariamente igual); que los vectores de velocidad son perpendiculares a sus respectivas áreas; y que las velocidades promedios en las secciones transversales, en cada sección, están definidas.



Entonces tenemos la ecuación: →

$$-\rho_1 V_1 A_1 - \rho_3 V_3 A_3 + \rho_2 V_2 A_2 = 0$$

Para el caso en el cual todas las densidades son iguales: →

$$V_1 A_1 + V_3 A_3 = V_2 A_2$$

ECUACIÓN DE LA ENERGÍA (Giles)

Se obtiene la ecuación de energía al aplicar al flujo fluido el principio de conservación de la energía (E). La energía que posee un fluido en movimiento está integrada por la energía interna y las energías debidas a la presión, a la velocidad y a su posición en el espacio. En la dirección del flujo, el principio de la energía se traduce en la siguiente ecuación, al hacer el balance de la misma:

E.secc.1 + E.añadida - E.perdida - E.extraída = E.secc.2

$$\left(\frac{\rho_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1\right) + H_A - H_L - H_E = \left(\frac{\rho_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2\right)$$

Esta ecuación, en los flujos permanentes de fluidos incompresibles con variaciones en su energía interna es despreciable, se reduce a la ecuación conocida como ***teorema de Bernoulli***

EL PRINCIPIO DEL IMPULSO-CANTIDAD DE MOVIMIENTO (Giles)

El principio de impulso y cantidad de movimiento de la dinámica establece que:

Impulso = variación de la cantidad de movimiento →

$$\left(\sum F\right) \cdot t = M(\Delta V)$$

Las magnitudes físicas que intervienen en la ecuación son magnitudes vectoriales y han de tratarse de acuerdo con el álgebra vectorial. Por lo general, es más conveniente utilizar componentes x, y o z: →

$$Mv_{x_1} \pm \Sigma F_x \cdot t = Mv_{x_2}$$

$$Mv_{y_1} \pm \Sigma F_x \cdot t = Mv_{y_2}$$

cantidad de movimiento inicial + impulso ~ cantidad de movimiento final

donde M = masa cuya cantidad de movimiento varía en el tiempo t

Estas expresiones pueden escribirse, utilizando los subíndices apropiados x, y o z en la siguiente forma: →

$$\sum F_x = \rho Q (v_2 - v_1)_x, etc.$$

POTENCIA (Giles)

La potencia se calcula multiplicando el caudal en peso, (N/s) por la energía de altura manométrica H en m.c.fluido

Así resulta la ecuación →

$$P = \gamma \cdot Q \cdot H \left[\frac{N}{m^3} \cdot \frac{m^3}{seg} \cdot m\right] = P \left[\frac{N \cdot m}{seg}\right] = P\ [W]$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 3: TEORÍA DEL FLUJO UNIDIMENSIONAL

PROBLEMA 3.1
Un flujo unidimensional es:

a) un flujo uniforme permanente;
b) un flujo uniforme;
c) un flujo que no tiene en cuenta cambios en una dirección transversal;
d) un flujo restringido a una línea recta;
e) ninguna de estas respuestas.

PROBLEMA 3.2
Un fluido se mueve a lo largo de un tubo circular curvo de manera que la presión, la velocidad, etc., son uniformes en cada sección del flujo y son funciones de la posición s a lo largo del eje de la tubería y del tiempo.

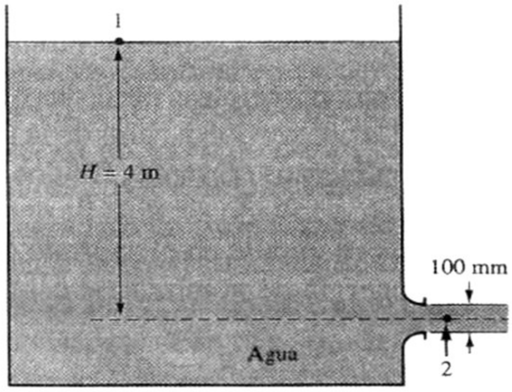
a) ¿Cómo se clasificaría este flujo con respecto al análisis del presente capítulo?
b) Si las propiedades del flujo además de ser funciones de s y t también fueran funciones de la distancia radial r medida desde el eje del tubo,
¿sería éste un flujo bidimensional? ¿Por qué?

PROBLEMA 3.3
En flujo turbulento:

a) las partículas de fluido se mueven en forma ordenada;
b) la cohesión es más efectiva que la transferencia de momentum para causar esfuerzo cortante;
c) el momentum se transfiere en una escala molecular únicamente;
d) una lámina de fluido se desliza suavemente sobre otra lámina;
e) los esfuerzos cortantes generalmente son mayores que en un flujo laminar similar.

PROBLEMA 3.4

Considerando el embalse de grandes dimensiones y con las medidas expuestas en la figura (agua, H=4m, Ø=100mm):



a) Determinar la velocidad del flujo de salida de la boquilla en la pared del embalse,

b) Comparar la velocidad del flujo de salida con la velocidad de caída libre desde la superficie del embalse hasta el eje de la boquilla. (teorema de Torricelli)

c) Obtener el caudal a través de la boquilla.

PROBLEMA 3.5

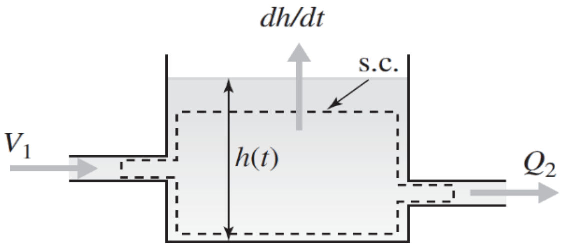
Una bifurcación en Y tiene una cañería de entrada de Ø250mm y dos cañerías de salida de Ø100mm y Ø150mm. Si el caudal de ingreso es de 250 L/s

a) calcular las velocidades en las secciones de salida si los caudales de salidas son iguales.

b) calcular los caudales en las secciones de salida si las velocidades de salidas son iguales.

PROBLEMA 3.6

Una cisterna de un centro de distribución tiene dimensiones 10mx20m. El caudal de ingreso a la misma es constante igual a 100m³/h. Calcular cuanto tiempo tarda el pelo de agua en subir o bajar 1m en las siguientes situaciones de consumo (Q salida):



a) Nocturno Q = 0

b) Pico Q = 150 m³/h

c) Diurno Q = 80 m³/h

d) Pico Q = 150 m³/h, en ocasión de caudal de ingreso = 0

Nota: comenzar calculando velocidad de ascenso/descenso

PROBLEMA 3.7

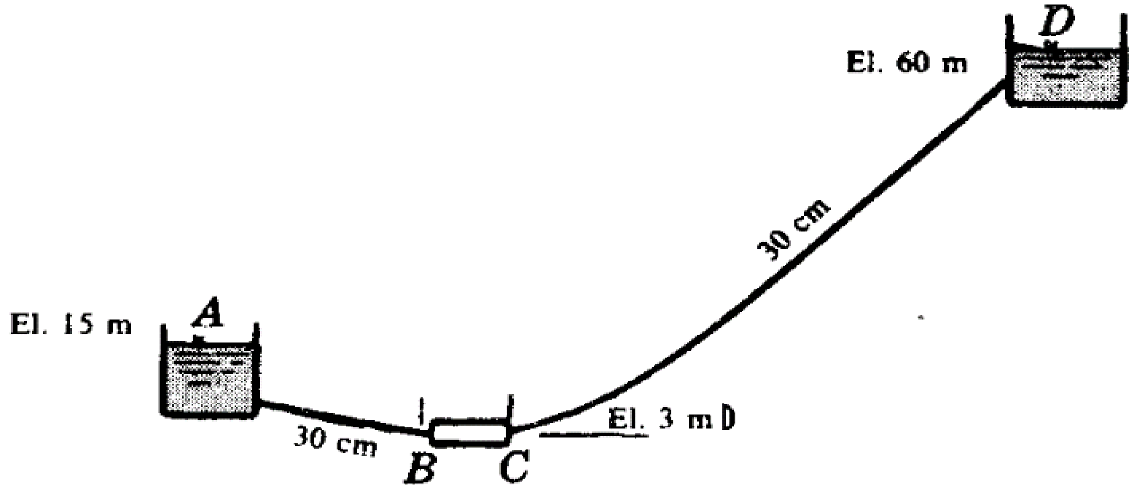
Para el problema 3.5 inciso (b), suponiendo que el fluido es agua con densidad 1 [tn/m³], la presión antes de la bifurcación es 5 [bar]. Calcular la fuerza necesaria para mantener inmóvil la pieza ante los esfuerzos de presión y cambio en la cantidad de movimiento.
Direcciones de los flujos en grados: Ø250, 0°; Ø100, 0°; Ø150, 60°.

a) F=

b) Graficar la bifurcación y las todas fuerzas intervinientes a escala.

PROBLEMA 3.8

En el sistema mostrado en la Fig. la bomba BC debe producir un caudal de 160 L/seg de agua a 20°C, hacia el recipiente D. Suponiendo que la pérdida de energía entre A y B es de 2.50 m.c.a. y entre C y D es de 6,50 m.c.a.



a) ¿qué potencia en kW debe suministrar la bomba a la corriente?

b) Dibujar la línea de alturas de presión y totales.

PROBLEMA 3.9

A través de una tubería de 15 cm de diámetro fluye agua (Dens=1g/cm³) a una presión de 4,20 kg/cm². Suponiendo que no hay pérdidas:

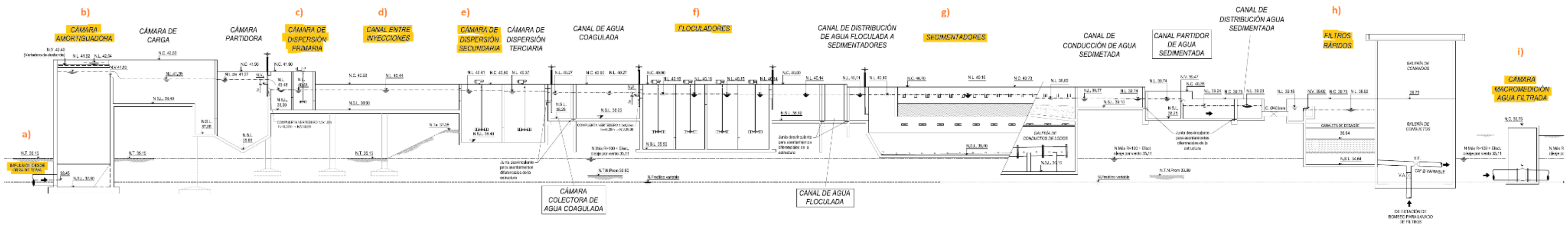
a) ¿cuál es el caudal si en una reducción de 7.5 cm de diámetro la presión es de 1.40 kg/cm²?

b) Si en vez de agua fluye un aceite de densidad relativa 0.752, calcular el caudal.

TRABAJO PRÁCTICO N° 3: TEORÍA DEL FLUJO UNIDIMENSIONAL

PROBLEMA 3.10

La planta potabilizadora del Acuducto Reconquista fue diseñada para tratar caudales de agua gruda (en L/s) según los siguientes horizontes de diseño: Año 0: 782; Año 10: 903; Año 20: 1,030; Año 30: 1,172;
Máximo: 1,250
Calcular para el caudal máximo de diseño los caudales, velocidades y tiempos de permanencia del agua en las diferentes etapas de potabilización:



a)	Cañería de ingreso PEAD ØN900m K6 PE100Velocidad; Energía cinética. →
b)	Cámara amortiguadora (4x4m)Velocidad; Energía Cinética; Tiempo de permanencia. ↑
c)	2 Cámaras de Dispersión Primaria (1.9x1.5m)Tiempo de permanencia. →
d)	2 Canales entre inyectores (1.9x9.5m)Velocidad; Tiempo de permanencia. →
e)	2 Cámaras de Dispersión Secundaria (3.1x3.1m)Tiempo de permanencia. →
f)	6 líneas de Floculadores (4.55x4.55m)Tiempo de permanencia. →
g)	24 Sedimentadores (15.6x2.5m)Velocidad; Tiempo de permanencia. ↑
h)	20 Filtros Rápidos (6x4.5m)Velocidad ↓
i)	2 Cañería de salida de agua filtrada PEAD ØN700m K6 PE100Velocidad →
NOTA 1:	tener en cuenta además los niveles de líquido (N.L.) y superior de losa (N.S.L.) que figuran en plano para calcular los volúmes y secciones de los recintos.
NOTA 2:	tener en cuenta la dirección del flujo indicada (↑,↓,→) para calcular la velocidad.
NOTA 3:	Para mayor detalle ver planos: 1P-GRAL-02-V06 ok, 1P-GRAL-03-V04 ok, 1P-GRAL-02-V06 ok-1P-GRAL-02 y 1P-GRAL-03-V04 ok