

RÉGIMEN DE UN FLUJO Y NÚMERO DE REYNOLDS

I.1.OBJETIVO

Determinar la relación existente entre el flujo y el número de Reynolds.

I.2.EQUIPO

TecQuipment equipo para la determinación del número de Reynolds H215, Banco hidráulico H1.



Fig. 1 equipo para la determinación del número de Reynolds

Fuente: Propia

Otros elementos

- Pipeta
- Tinta de color
- Cronómetro
- Termómetro

Descripción de la instalación

El elemento trabaja junto con el banco hidráulico y está compuesto por los siguientes elementos:

1. Tanque de tinta.
2. Válvula de control para el flujo de tinta.
3. Aguja inyectora de tinta.
4. Tubería de acceso del agua desde el banco hidráulico.
5. Tanque de almacenamiento en vidrio.
6. Esferas de vidrio como un medio difusor de turbulencia a la entrada de la tubería de plástico.
7. Tubería de rebose.
8. Tubería plástica transparente conectada a la parte inferior del tanque cilíndrico de diámetro igual a 12 mm. En esta tubería se observa el cambio de régimen del fluido.
9. Tubería de descarga hacia el elemento de recolección (Banco hidráulico, pipeta graduada).
10. Válvula de control en la tubería de descarga, permite regular caudal de salida.
11. Termómetro.

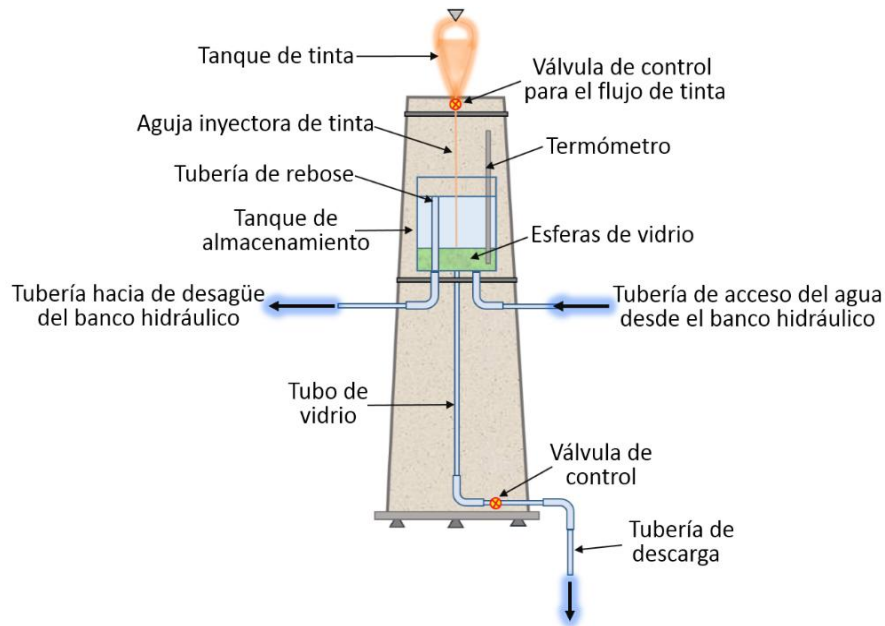


Fig. 2 Diagrama equipo para la determinación del número de Reynolds

Fuente: propia

I.3.MARCO TEÓRICO

Considerando el caso de un fluido moviéndose a lo largo de una superficie fija tal como las paredes de una tubería, a una distancia y de la superficie, el fluido tiene una velocidad u relativa a la superficie. El movimiento relativo causa un esfuerzo cortante τ el cual tiende a disminuir el movimiento tal que la velocidad cercana a las paredes se reduce por debajo de u . Esto muestra que el esfuerzo cortante produce un gradiente de velocidad du/dy el cual es proporcional al esfuerzo aplicado. La constante de proporcionalidad es el coeficiente de velocidad y la ecuación se escribe como:

$$\tau = \mu \frac{du}{dy} \quad (1)$$

Esta ecuación representa la situación en la cual las capas de fluido se mueven suavemente una sobre la otra. Este tipo de flujo es conocido como viscoso o laminar. μ es una constante para un fluido a una temperatura dada (UNICAUCA, s.d., p2).

Si la velocidad se incrementa sobre cierto valor, se presentan pequeños remolinos en el flujo los cuales causan mezcla entre capas de fluidos con alta y baja energía. Esto se conoce como flujo turbulento y bajo estas condiciones se encuentra que la relación entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad varía dependiendo de algunos factores además de la viscosidad del fluido (SENSOY, s.d., p2).

Reynolds encontró que el flujo laminar es resultado de fuerzas viscosas y que el flujo turbulento en alguna medida está relacionado con las fuerzas de inercia. Él postulo que la naturaleza del flujo depende de la relación de la inercia a las fuerzas viscosas. Esto llevó a la derivación de una variable no dimensional llamada número de Reynolds, Re.

Las fuerzas de inercia son proporcionales a la masa multiplicada por el cambio de la velocidad dividida por el tiempo. Puesto que la masa dividida por el tiempo es la tasa de flujo de masa y esto es igual a la densidad ρ multiplicada por el área de la sección transversal multiplicada por la velocidad u , se puede escribir:

$$\text{Fuerzas de inercia} \propto \rho d^2 u \cdot u \quad (2)$$

donde d es el diámetro de la tubería.

De forma similar, las fuerzas viscosas están dadas por los esfuerzos de corte multiplicados por el área, así utilizando la ecuación 1 se tiene:

$$\text{Fuerzas Viscosas} \propto \left(\mu / d \right) d^2 \quad (3)$$

Al dividir las fuerzas de inercia por las fuerzas viscosas se obtiene el número de Reynolds como:

$$Re = \frac{\rho d^2 u^2}{\mu d} = \frac{\rho d u}{\mu} \quad (4)$$

El término μ/ρ es conocido como la viscosidad cinemática “ ν ” y la ecuación anterior se puede escribir como:

$$Re = \frac{ud}{\nu} \quad (5)$$

La importancia del descubrimiento hecho por Reynolds fue que para flujo normal en una tubería, la transición entre flujo laminar y turbulento siempre ocurre a aproximadamente el mismo valor de Re independientemente del fluido y del tamaño de la tubería. Esto, por lo tanto, permite la estimación de las condiciones de flujo en tuberías de cualquier tamaño transportando el fluido. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que nunca hay un punto preciso en el cual la transición entre flujo laminar y turbulento ocurre (BERTAN, s.d., p3).

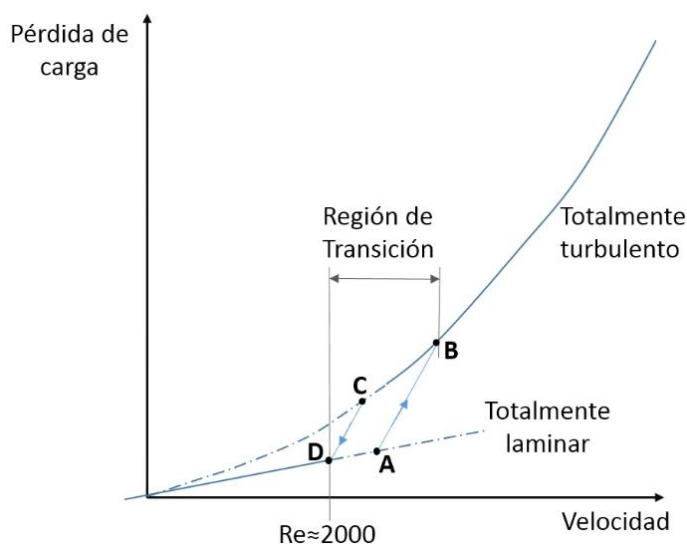


Fig. 2 Variación de las pérdidas de carga con respecto a la velocidad para flujo a lo largo de una tubería

Adaptado de: Markland, E. (1994) "A first course in Hydraulics"

La figura 2 muestra la variación de la pérdida de carga con la velocidad de un tubo liso. Incrementando la velocidad la transición ocurre entre los puntos

A y B, y para flujo decreciente esta ocurre entre los puntos C y D. Hay una "resistencia" del flujo de cambiar de un estado a otro y esto causa la histéresis mostrada en la figura 2. Por lo general el punto D es el mejor definido y es normalmente aceptado que esta transición de turbulencia a flujo laminar se produce en un número de Reynolds entre 2000 y 2300. El número de Reynolds en los puntos A, B y C depende de las condiciones de entrada y de la rugosidad de la tubería. Típicamente el punto A puede representar un número de Reynolds entre 2000 y 2500 pero si la entrada está cuidadosamente controlada y el tubo es muy liso, el flujo laminar puede continuar hasta valores mucho más altos. El rango sobre el cual el flujo laminar ocurre se puede extender eliminando las fuentes de turbulencia pero lo inverso no es cierto, independientemente del nivel de turbulencia a la entrada, el flujo siempre vuelve a laminar bajo un número de Reynolds de alrededor de 2000. Así, se puede decir que bajo este valor el flujo turbulento no puede existir, pero sobre éste el flujo puede ser laminar o turbulento dependiendo de las condiciones de entrada (BERTAN, s.d., p3).

I.4.PROCEDIMIENTO

- a. Instalado el aparato, permitir el acceso de agua con la válvula prácticamente cerrada.
- b. Ajustar la entrada de agua hasta que el nivel de agua en el tanque este justo sobre la tubería de descarga. Esta condición es requerida para todas las pruebas.
Asegure siempre un nivel constante.
- c. Registrar la temperatura del agua.
- d. Abrir el inyector de tinta y ajustar la válvula de salida de la tubería plástica hasta obtener el flujo deseado así:

1. Flujo Laminar

Un hilo delgado de tinta en el flujo. Si la línea es difusa reducir el flujo cerrando la válvula de descarga y ajustando nuevamente hasta obtener una cabeza constante. Se obtendrá flujo laminar cuando el hilo de tinta atraviese recto el tramo del cilindro (Fig. 3a) (BERTAN, s.d., p5).

2. Flujo Turbulento

Aumentar lentamente el caudal, hasta observar difusión de la línea de tinta (Fig. 3c).

3. Transición

Incrementar el flujo hasta que la línea forme zig-zag rápidamente (Fig. 3b).

e. Registrar la temperatura y calcular el caudal para cada tipo de flujo. Debido a que el caudal es muy pequeño medirlo con una probeta recolectando 200 ml.

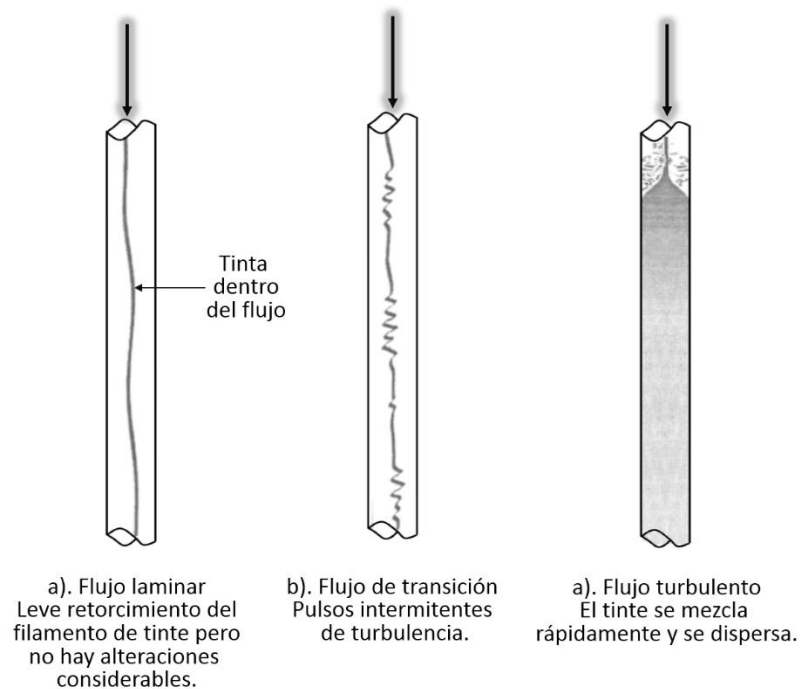


Fig. 3 Patrones de flujo

Adaptado de: Markland, E. (1994) "A first course in Hydraulics"

I.5.DATOS, OBSERVACIONES Y RESULTADOS

- Calcular la tasa de flujo Q y la velocidad u ($Q = u \cdot A$)
- Encontrar el valor de la viscosidad cinemática ν utilizando la Fig. 4
- Determinar Re (Ec. 5) para las diferentes clases de flujos.
- Graficar la tasa de flujo Q contra Re .
- Graficar el número de Reynolds contra viscosidad cinemática para las tres condiciones de flujo.

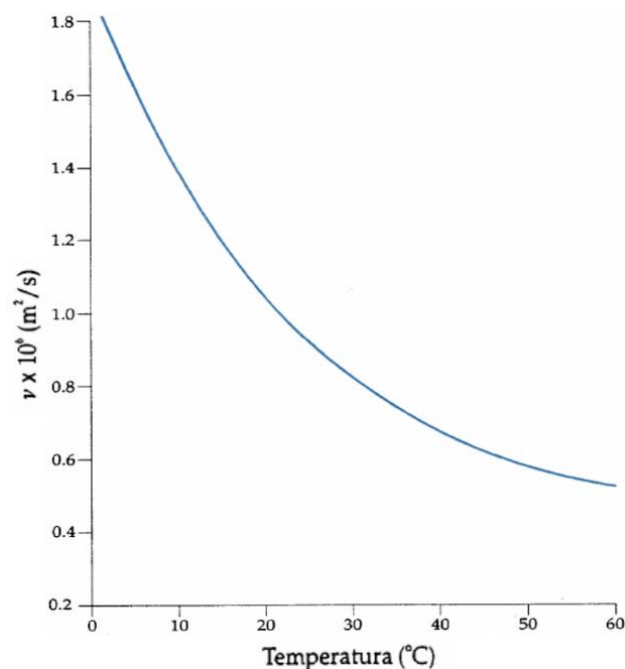


Fig. 4 Viscosidad Cinemática del agua para diferentes temperaturas

Adaptado de: Markland, E. (1994) "A first course in Hydraulics"

I.6.ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

- Explique el tipo de condiciones de flujo.
- ¿Qué es el número de Reynolds?

- Establezca los valores teóricos del número de Reynolds para las condiciones de flujo del fluido en movimiento en tuberías lisas redondas.
- Comente de acuerdo a los resultados obtenidos.
- Comente las gráficas obtenidas.
- Liste las posibles fuentes de error y las precauciones de seguridad.
- Sugerencias para mejorar el aparato.

I.7.HOJA DE RESULTADOS

Diámetro de la tubería $d=12$ mm

Temperatura=

Volumen (ml)	Tiempo (s)	Tasa de flujo (m ³ /s)	Velocidad (u)	Viscosidad (v)	Re	Condición

I.8.BIBLIOGRAFÍA

Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Bogotá D.C. 2004. Experimento No. 6, Numero de Reynolds.

Universidad Santo Tomás, Facultad de ingeniería civil, Laboratorio de tuberías y canales, II semestre de 2011, régimen de un flujo y número de Reynolds, JOSÉ LUIS DÍAZ ARÉVALO.

Markland, E. (1994) "A first course in Hydraulics" by Emeritus Professor E. Markland, Published by TecQuipment Limited, 1994.

Dr. SENSOY G., REYNOLDS EXPERIMENT. Engineering Faculty. Anadolu University, Eskişehir. Recuperado de: http://www.insaat.anadolu.edu.tr/aocelik/ins306/duyuru/1_reynolds_handout_2013_spring_updated_25_march2013.pdf. Fecha de recuperación: 1 de Agosto de 2014.

REYNOLDS NUMBER AND DRAG ON IMMERSED BODIES, UNIVERSITY OF WATERLOO (UWATERLOO). Recuperado de: http://www.civil.uwaterloo.ca/enve214/files/reynolds_number_and_drag.pdf. Fecha de recuperación: 1 de Agosto de 2014.

BERTAN Z., THE REYNOLDS NUMBER AND TRANSITIONAL FLOW EXPERIMENT– LABORATORY MANUAL. ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ. Recuperado de: http://www.ae.metu.edu.tr/~ae547/lab13/Lab4_manual.pdf. Fecha de recuperación: 1 de Agosto de 2014.

UNIVERSIDAD DEL CAUCA DEPARTAMENTO DE HIDRÁULICA (UNICAUCA). PRÁCTICA V. V ESTUDIO DEL RÉGIMEN DE FLUJO. Recuperado de: http://artemisa.unicauca.edu.co/~hdulica/5_reynolds.pdf. Fecha de recuperación: 1 de Agosto de 2014.