

PRÁCTICA N°8: DEMOSTRACIÓN OSBORNE REYNOLDS

INTRODUCCIÓN

En la aplicación de la mecánica de fluidos es común encontrar el flujo de fluidos a través de tuberías circulares y no circulares. El interés en el estudio del régimen de un flujo radica en que los movimientos de flujo turbulentos son muy comunes, tanto en la naturaleza como en aplicaciones de la ingeniería. Dado que la turbulencia modifica significativamente parámetros tales como la resistencia a la fricción o la capacidad de mezcla es necesario estudiarla y caracterizarla. En 1880, Osborne Reynolds demostró que el régimen de flujo depende principalmente de la razón entre fuerzas inerciales y fuerzas viscosas en el fluido.

OBJETIVOS

- ✓ Visualizar los distintos tipos de regímenes (laminar, transición, turbulento).
- ✓ Comprobar experimentalmente el tipo de flujo con el número de Reynolds.

MARCO TEÓRICO

Número de Reynolds:

La razón entre las fuerzas inerciales y las fuerzas viscosas en el fluido dictaminan el tipo de régimen que lleva un flujo. A esta razón adimensional (Ecuación 1) se le llamó *número de Reynolds* y se expresa para el flujo interno en una tubería.

$$R_e = \frac{\text{Fuerzas inerciales}}{\text{Fuerzas viscosas}}$$

$$R_e = \frac{V_{prom} D}{\nu}$$

$$R_e = \frac{\rho V_{prom} D}{\mu}$$

Donde:

μ = Viscosidad absoluta

ρ = Densidad del fluido

ν = Viscosidad cinemática

D = Longitud característica de geometría de conducto.

V_{prom} = Velocidad promedio de flujo

Ecuación 1

Al obtener grandes números de Reynolds, se puede concluir que las fuerzas inerciales del fluido (Densidad del fluido, velocidad del fluido) son significativamente mayores a las fuerzas viscosas y por tanto estas últimas no pueden evitar las aleatorias y rápidas fluctuaciones de las partículas de fluido. Mientras que, si el número de Reynolds tiene un valor pequeño o moderado, las fuerzas viscosas son lo suficientemente grandes como para anular dichas fluctuaciones y mantener el flujo en línea.

Para precisar el régimen del fluido es deseable contar con valores de número de Reynolds que diferencien cuando el flujo es turbulento, de transición o laminar. Esto depende del grado de perturbación del flujo por la rugosidad de la superficie, vibraciones en la tubería y fluctuaciones en el flujo. Sin embargo, en la mayoría de las condiciones prácticas el flujo en una tubería circular se puede categorizar de la siguiente forma:

- **Flujo laminar ($Re < 2300$):** Se caracteriza por líneas de corriente suaves y movimiento sumamente ordenado.
- **Flujo de transición ($2300 < Re < 4000$):** Flujo fluctúa entre el flujo laminar y turbulento antes de volverse totalmente turbulento.
- **Flujo turbulento ($Re > 4000$):** Se caracteriza por tener fluctuaciones de velocidad y movimiento completamente desordenado. La mayoría de flujos en la práctica son de carácter turbulento.

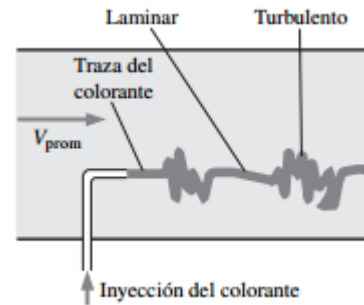


Figura 1. Comportamiento laminar y turbulento¹.

TEMAS DE CONSULTA

- ✓ Aplicaciones teoría Osborne – Reynolds.
- ✓ Fuerzas inerciales en fluidos.
- ✓ Fuerzas viscosas en fluidos.
- ✓ Perfil de velocidad de un flujo.

EQUIPOS:

- ✓ F1-10 Banco Hidráulico.
- ✓ F1-20 Demostración Osborne Reynolds.
- ✓ Cronómetro.
- ✓ Colorante.
- ✓ Termómetro.



Figura 2. F1-20 Equipo de Osborne Reynolds²

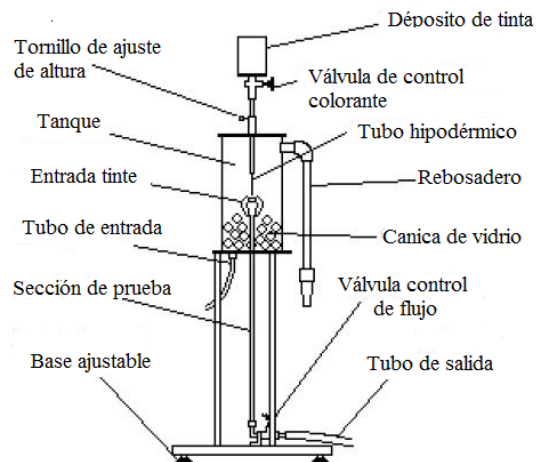


Figura 3. F1-20 Descripción detallada del equipo³

¹ Çengel, Y. A., Cimbala, J. M., & Skarina, S. F. (2006). Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones (Vol. 1). McGraw-Hill.

² Armfield Ltd. Demo. Osborne Reynolds - <http://discoverarmfield.com/es/products/view/f1-20/demostracion-de-osborne-reynolds>.

³ Armfield Ltda. (2013). Manual de instrucciones – Equipo Demostración Osborne Reynolds Issue 7.

ACTIVIDAD

Observar el comportamiento del flujo para los regímenes laminar, transicional y turbulento en una tubería, para una diferente gama de caudales conocidos.

Procedimiento:

- 1) Conectar el tubo de salida del banco hidráulico a la entrada del tanque del equipo F1-20.
- 2) Conectar el tubo de salida a la válvula de control de flujo del equipo.
- 3) Encender la bomba del banco hidráulico, abrir ligeramente la válvula de control de flujo del equipo F1-20 y abrir la válvula del banco. Permitir que el sistema se llene de agua. Comprobar que la sección de prueba esté debidamente llena. Ajustar la válvula del banco para que el rebosadero funcione correctamente.
- 4) Comprobar que la válvula de control del colorante está cerrada. Agregar colorante al depósito de tinte hasta que esté aproximadamente dos tercios lleno. Conectar el tubo hipodérmico. Asegurarse de ubicar este tubo justo por encima de la entrada del tinte y centrado en su eje.
- 5) Con la válvula de control de flujo del aparato ligeramente abierta y la válvula del banco ajustada para producir un goteo lento a través del rebose, ajustar la válvula de control del colorante hasta lograr un flujo lento con indicación clara de colorante. Para observar el perfil de velocidad en flujo laminar, cerrar la válvula del banco y abrir la válvula de control del colorante para depositar una gota de colorante en la entrada de tinte. Observar el perfil parabólico tridimensional que se genera.
- 6) Medir el caudal volumétrico por recolección cronometrada. Para caudales pequeños utilizar una probeta para la recolección; para caudales mayores utilizar el tanque volumétrico del banco hidráulico.
- 7) Repetir el procedimiento anterior para 3 caudales superiores a fin de visualizar los diferentes regímenes de flujo. A medida que se afecta el caudal de la sección de prueba, ajustar la válvula del banco para mantener la tasa de rebosamiento a un nivel bajo.
- 8) Los patrones de flujo se pueden describir y registrar. Si se dispone de un equipo fotográfico, hacer un registro visual de los resultados obtenidos.

ANÁLISIS DE DATOS

1. Para las mediciones realizadas con cada caudal propuesto, obtener el número de Reynolds del flujo. Identificar según el número de Reynolds el régimen al cual pertenece el flujo. Corroborar si el resultado de este análisis concuerda con lo observado en la práctica.

Medición	Caudal (m ³ /s)	Velocidad (m/s)	Temperatura (C°)	Viscosidad Cinemática (m ² /s)	Numero de Reynolds	Régimen de flujo
1						
2						
3						
4						

Asuma una densidad del agua de: $1 \text{ gr}/\text{cm}^3$

Diámetro de sección de prueba: 0.010 m

Preguntas:

- De acuerdo al registro fotográfico y correspondientes números de Reynolds calculados, ¿son consistentes los resultados con la clasificación de flujo mostrada en el marco teórico?, de no ser consistentes, ¿a qué cree que se deba este hecho?
- ¿Cómo varía el número de Reynolds con el aumento del caudal?
- ¿Qué formas tienen los perfiles de velocidad observados en el tubo de visualización?, ¿A qué se debe esta forma en el perfil de velocidad?
- ¿Qué aplicación en la ingeniería civil tiene el fenómeno estudiado?

BIBLIOGRAFÍA:

- ✓ Y.A Cengel y J. M. Cimbala, Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones, 5° ed., Nueva York: McGraw-Hill, 2006.
- ✓ F. M. White, Fluid Mechanics, 5° Ed., Nueva York McGraw-Hill, 2006.
- ✓ Armfield, Demostración del teorema de Bernoulli - Manual de Instrucciones F1-15. Issue 7., Noviembre 2013.

TABLAS DE DATOS

PRÁCTICA N°8: DEMOSTRACIÓN OSBORNE REYNOLDS

AUXILIAR _____

FECHA: _____

GRUPO: _____ SUBGRUPO: _____

NOTA: _____

NOMBRES	CÓDIGO

ACTIVIDAD

Medición	Volumen [L]	t ₁ [s]	t ₂ [s]	t ₃ [s]	Temperatura [C°]	Régimen observado
1						
2						
3						
4						

Nota:

Recordar hacer un registro fotográfico del comportamiento del flujo, que soporte el registro de la columna “régimen observado”, para las diferentes mediciones de caudal obtenidas y adjuntar al informe como anexo.