



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), noviembre-diciembre 2024,
Volumen 8, Número 6.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6

**DETERMINAR EL FACTOR DE FRICCIÓN
EN MÓDULO DE BOMBA CENTRÍFUGA DEL
LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA UNS, 2020**

**DETERMINE THE FRICTION FACTOR IN THE
CENTRIFUGAL PUMP MODULE OF THE UNS
HYDRAULICS LABORATORY, 2020**

Edgar Gustavo Sparrow Alamo
Universidad Nacional del Santa, Perú

Atilio Rubén López Carranza
Universidad Nacional del Santa, Perú

Nelver Javier Escalante Espinoza
Universidad Nacional del Santa, Perú

Luis Enrique Ramirez Milla
Universidad Nacional del Santa, Perú

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15316

Determinar el Factor de Fricción en Módulo de Bomba Centrífuga del Laboratorio de Hidráulica de la UNS, 2020

Edgar Gustavo Sparrow Alamo¹esparrow@uns.edu.pe<https://orcid.org/0000-0003-4469-0288>Universidad Nacional del Santa
Perú**Atilio Rubén López Carranza**rlopez@uns.edu.pe<https://orcid.org/0000-0002-3631-2001>Universidad Nacional del Santa
Perú**Nelver Javier Escalante Espinoza**nescalante@uns.edu.pe<https://orcid.org/0000-0001-8586-3021>Universidad Nacional del Santa
Perú**Luis Enrique Ramirez Milla**Lramirez@uns.edu.pe<https://orcid.org/0000-0001-9064-5395>Universidad Nacional del Santa
Perú

RESUMEN

En el presente proyecto de Investigación: Determinación del factor de fricción en módulo de bomba centrífuga del laboratorio de hidráulica de la UNS, 2020, trata de enfocar el cálculo del factor de fricción f por medio diferentes métodos con el uso de la ecuación de Darcy y la ecuación de Colebrooke – White, por el método experimental, tomando 5 muestras en donde tenemos como parámetros iniciales el diámetro y la rugosidad de la tubería en donde con el flujo volumétrico y el número de Reynolds se obtiene el factor de fricción.

Palabras clave: flujo laminar, flujo turbulento, número de reynolds, diagrama de moody, factor de fricción.

¹ Autor principal.

Correspondencia: esparrow@uns.edu.pe

Determine the Friction Factor in the Centrifugal Pump Module of the UNS Hydraulics Laboratory, 2020

ABSTRACT

In the present research project: DETERMINATION OF THE FRICTION FACTOR IN CENTRIFUGAL PUMP MODULE OF THE UNS HYDRAULICS LABORATORY, 2020, 2021, 2022, tries to focus on the calculation of the friction factor f through different methods with the use of the Darcy equation and the Colebrooke – White equation, by the experimental method, taking 5 samples where we have as initial parameters the diameter and roughness of the pipe where with the volumetric flow and the Reynolds number the friction factor is obtained.

Keywords: laminar flow, turbulent flow, reynolds number, moody diagram, friction factor

*Artículo recibido 18 noviembre 2024
Aceptado para publicación: 15 diciembre 2024*



INTRODUCCIÓN

La determinación del factor de fricción hidráulica f en el caso general está condicionado por el régimen de flujo del líquido y de las propiedades del material de la tubería. Cuando el régimen de flujo es laminar o turbulento y la tubería es suave, no se presentan muchas dificultades para su cálculo, pero cuando el régimen es turbulento existe una gran diversidad de expresiones para el cálculo de este coeficiente.

Desde 1945, los investigadores han usado un diagrama de factores de fricción para el flujo de la tubería como el publicado por Moody en 1947. Sin embargo, dicho diagrama describe un caso ideal, ya que se presentan las condiciones de ser un fluido isotérmico, disipativo, incomprensible, estacionario, las cuales nunca se presentan en la realidad McGovern [1]. Aunque ha habido avances considerables en el cálculo de la rugosidad de la superficie, especialmente con la ayuda de métodos computacionales, y en la medición y comprensión de la distribución de velocidades en las capas límite, el diagrama todavía se considera una solución temporal y tiene la función de Moody afirmó: “. . . una forma sencilla de estimar los factores de fricción” [1,2,3].

MATERIALES Y MÉTODO

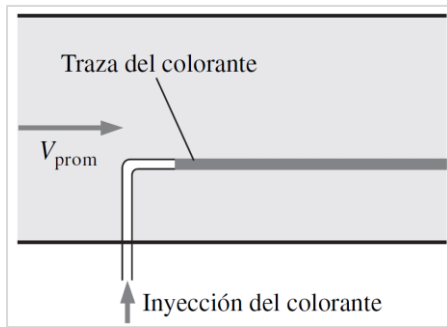
Se realizó la recolección de los datos de diámetro y rugosidad, y con esto se procede a evaluar el valor del factor de fricción para el sistema de Bomba Centrífuga del módulo en el laboratorio de Hidráulica, tomando 5 valores en el Módulo de Bomba Centrífuga del Laboratorio de Hidráulica de la UNS.

Flujos Laminar y Turbulento

Una inspección cuidadosa del flujo en una tubería revela que el flujo de fluidos es de líneas de corriente aproximadamente paralelas a bajas velocidades, pero se vuelve caótico conforme la velocidad aumenta sobre un valor crítico. Se dice que el régimen de flujo en el primer caso es laminar, y se caracteriza por líneas de corriente suaves y movimiento sumamente ordenado; mientras que en el segundo caso es turbulento, y se caracteriza por fluctuaciones de velocidad y movimiento también desordenado.

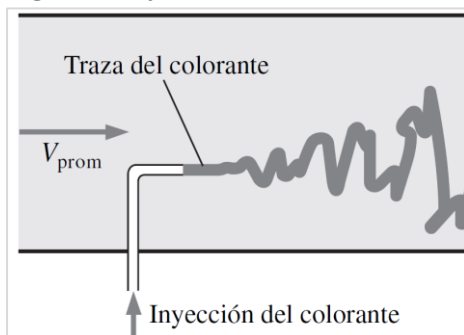
Es posible verificar la existencia de dichos regímenes de flujo laminar, transicional y turbulento cuando se inyectan algunas líneas de colorante en el flujo en una tubería de vidrio (Cengel & Cimbala) [4,5,6].

Figura1 Flujo laminar



En la Fig.1 se nota como la trayectoria de la tinta es uniforme, no se distorsiona. Tomada de, Cengel & Cimbala.

Figura2 Flujo turbulento



A diferencia del flujo laminar, la trayectoria de la tinta en la Fig. 2 se distorsiona lo cual es provocado por la turbulencia que existe en el fluido. Tomada de Cengel & Cimbala.

Número de Reynolds

Las pérdidas de carga o energía en un fluido, depende mucho de su tipo de flujo, bien si es laminar o turbulento, es por esto que se hace indispensable un medio para predecir el tipo de flujo sin la necesidad de observarlo directamente. Por esta razón, de forma experimental se ha demostrado y comprobado que el tipo de flujo depende de cuatro variables, viscosidad dinámica, densidad del fluido, diámetro interior de la tubería y la velocidad promedio del fluido.

Osborne Reynolds fue el primero en demostrar que es posible pronosticar el flujo laminar o turbulento si se conoce la magnitud de un número adimensional, al que hoy se le denomina número de Reynolds.

La ecuación siguiente muestra la definición básica del número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} \quad (1)$$

Ecuación de Darcy

Para el caso del flujo en tuberías y tubos, la fricción es proporcional a la carga de velocidad del flujo y a la relación de la longitud al diámetro de la corriente.

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

De acuerdo con Mott, esta ecuación es usada para calcular pérdidas por fricción en tuberías sin importar el tipo de flujo.

La ecuación de Darcy se utiliza para calcular la pérdida de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos, tanto para flujo laminar como turbulento. La diferencia entre los dos flujos está en la evaluación del factor de fricción adimensional).

El coeficiente “f” o Factor de Fricción:

Llamado también coeficiente de pérdida de carga por rozamiento en la tubería, es un valor adimensional. Depende del tipo de circulación sea laminar o turbulento e incluso dentro de c/u de estos es esencialmente variable depende de:

- Velocidad promedio en la tubería
- El diámetro de la tubería
- Las propiedades del fluido (densidad y viscosidad)

La rugosidad promedio de la tubería (e)

Para el cálculo del coeficiente de fricción se puede usar el diagrama de Moody, en la cual intervienen las variables mencionadas.

Por otro lado, existen ecuaciones que permiten calcular este factor de fricción de manera aproximada, siendo las más representativas las siguientes.

La fórmula de Colebrook-White (Colebrook,1939) [7,8,9]., suele ser la más frecuentemente para determinar el coeficiente f en régimen turbulento, está dada por la ecuación (1), donde la relación ε/D representa la rugosidad relativa de la tubería

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad (3)$$

Para el caso de flujo laminar:

$$f = \frac{64}{Re} \quad \text{Para } Re \leq 2000 \quad (4)$$

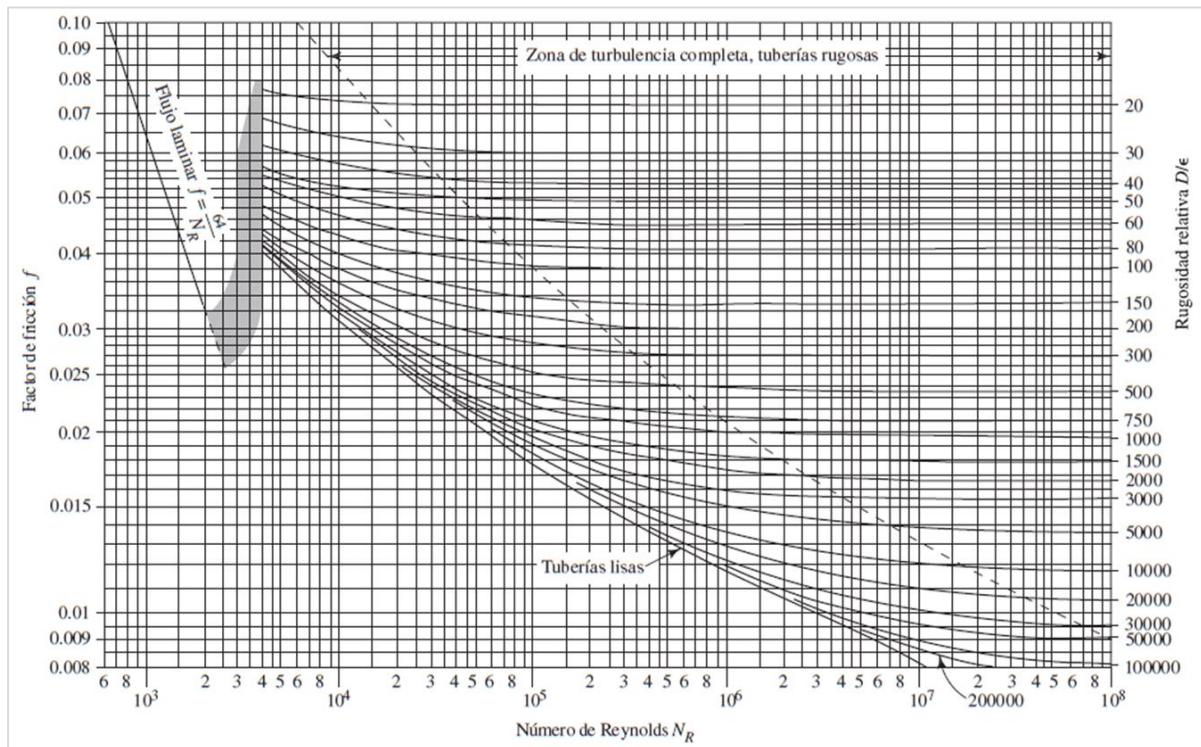
Diagrama de Moody

Es la representación gráfica en escala doblemente logarítmica del factor de fricción en función del [número de Reynolds](#) y la rugosidad relativa de una [tubería](#), diagrama hecho por [Lewis Ferry Moody](#).

Este diagrama se obtiene para flujos laminar y flujo turbulento en tuberías lisas y rugosas.

El cálculo de este coeficiente no es inmediato y no existe una única fórmula para calcularlo en todas las situaciones posibles.

Figura3 Diagrama de Moody



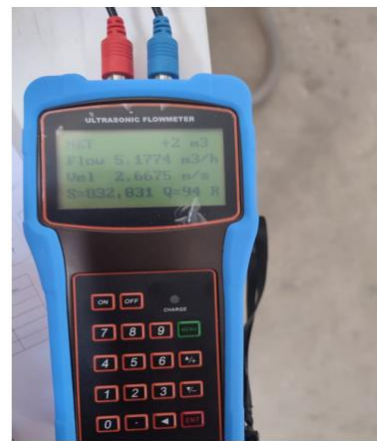
RESULTADOS

Se realizaron 5 mediciones en la tubería de la de Bomba Centrífuga del Laboratorio de Hidráulica de la UNS, la cual tiene como material el PVC, como se aprecia en la Fig. 4 y Fig. 5. Tomando la temperatura promedio de la tubería, la cual es 19.3°C , con la cual se obtiene la densidad, la viscosidad dinámica.

Figura4 Toma de temperatura del fluido(agua)



Figura5 Medición de muestras del caudal de la bomba



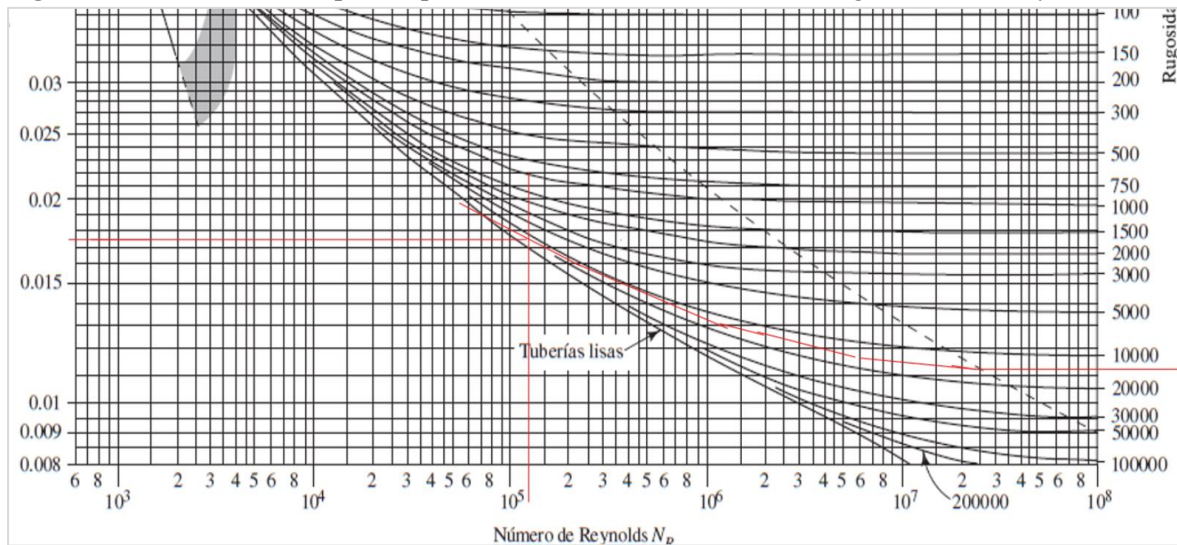
Una vez obtenidos los resultados, se determinan los números de Reynolds:

Tabla 1. Mediciones realizadas en la Bomba Centrífuga del Laboratorio de Hidráulica de la UNS.

Nº	Q_{equ} (L/s)	V (m/s)	$\varnothing$ (mm)	Re	e (mm)	D/e
1	1.99	6.12	20.36	123247.5	0.0015	13573.33
2	1.96	6.02	20.36	121233.6	0.0015	13573.33
3	1.95	6	20.36	120830.9	0.0015	13573.33
4	1.91	5.87	20.36	118212.9	0.0015	13573.33
5	1.39	4.29	20.36	86394.07	0.0015	13573.33

Para determinar el factor de fricción se usará el Diagrama de Moody en función del número de Reynolds y de la rugosidad relativa

Figura 6 Factor de fricción para la primera toma de datos usando el Diagrama de Moody.



En la Fig. 6 se obtiene el factor de fricción:

$$f = 0.0175$$

Ahora se comprueba este resultado con la ecuación de Colebrooke – White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{e}{3.7D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{0.0015}{3.7 \times 20.36} + \frac{2.51}{123247.5\sqrt{f}} \right)$$

Despejando f del primer miembro

$$f = \left(\frac{1}{2 \cdot \log \left(\frac{0.0015}{3.7 \times 20.36} + \frac{2.51}{123247.5\sqrt{f}} \right)} \right)^2$$

Se hacen las iteraciones correspondientes y el valor que coincide lo más cercano será el valor del factor de fricción.

Tabla 2. Iteración del factor de fricción con la ecuación de Colebrooke – White:

fi	f
1	0.01294298
0.01294298	0.01824852
0.01824852	0.01760981
0.01760981	0.01767393
0.01767393	0.01766737
0.01766737	0.01766804
0.01766804	0.01766797
0.01766797	0.01766798

Luego de hacer las iteraciones con la ecuación de Colebrooke – Withe, se llega con el valor de f , el cuál es.

$$f = 0.017668$$

Tanto como la ecuación de Colebrooke como el diagrama de Moody nos dieron un valor semejante, debido a la precisión de la ecuación de Colebrooke, esta será usada para determinar los factores de fricción de las demás medidas

Entonces se hallan todos los valores de fricción

Tabla 1. Mediciones realizadas en la Bomba Centrífuga del Laboratorio de Hidráulica de la UNS.

Nº	Q_{equ} (L/s)	V (m/s)	$\varnothing$ (mm)	Re	e (mm)	D/e	f
1	1.99	6.12	20.36	123247.5	0.0015	13573.33	0.01767
2	1.96	6.02	20.36	121233.6	0.0015	13573.33	0.01772
3	1.95	6.00	20.36	120830.9	0.0015	13573.33	0.01773
4	1.91	5.87	20.36	118212.9	0.0015	13573.33	0.01781
5	1.39	4.29	20.36	86394.07	0.0015	13573.33	0.01891

Ahora con estos valores se analiza la Curva de Moody, tomando la relación entre el diámetro y la rugosidad, para evaluar el factor de fricción.

CONCLUSIONES

Para cada caudal se hallaron las velocidades y su número de Reynolds respectivos, obteniendo diferentes factores de fricción.

Los resultados obtenidos se ajustan a una de las curvas que se trazaría en el diagrama de Moody. De lo que se desprende que cumple para el material de tubería empleado (PVC) y el fluido usado (H₂O).

Nomenclatura

Re Número de Reynolds

ρ Densidad (kg/m³)

μ Viscosidad dinámica (Pa.s)

D Diámetro (m²)

ν Viscosidad cinemática (m²/s)

V Velocidad (m/s)

h_L Pérdidas por fricción (m)
 f Factor de fricción
 F_i Valor de iteración del factor de fricción

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

McGovern, J. Friction Factor Diagrams for Pipe Flow. 2011

Asker, M., Turgut, O. E., Coban, M. T.. A review of non iterative friction factor correlations for the calculation of pressure drop in pipes. 2014

Barr, D., White, C. Technical note. Solutions of the colebrook-white function for resistance to uniform turbulent flow. 1981

Cengel & Cimbala. Mecanica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones Primera Edicion. 2006

Chernikin, V., Chernikin, A. Generalized formula for the calculation of the coefficient of hydraulic resistance of main pipelines for light petroleum products and low-viscosity oil. (Russian). 2012

Goudar, C. T., Sonnad, J. R. Comparison of the iterative approximations of the ColebrookWhite equation. 2008

Colebrook, C. F. Turbulent flow in pipes, with particular reference to the transition region between the smooth and rough pipe laws. 1939

Mott, R. L., Untener, J. A. Mecánica de Fluidos (7a. ed.). 2015

Winning, H. K., Coole, T. Explicit friction factor accuracy and computational efficiency for turbulent flow in pipes. Flow. 2013

