



CURSO: MECÁNICA DE FLUIDOS Y LABORATORIO II

UNIDAD I

Pérdidas de carga en tuberías

SEMANA 04

TEMAS :

- Pérdidas de carga en tuberías.
- Pérdidas de cargas primarias.

Docente: Ing. David Requena Machuca

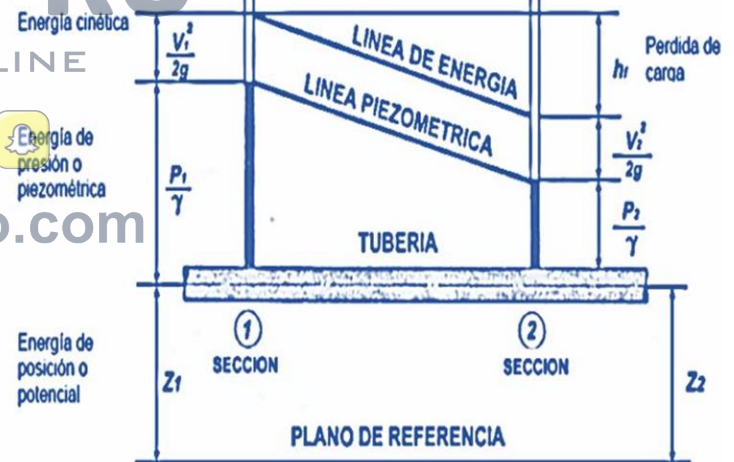
GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE



Energía de presión o piezométrica

www.geniospro.com

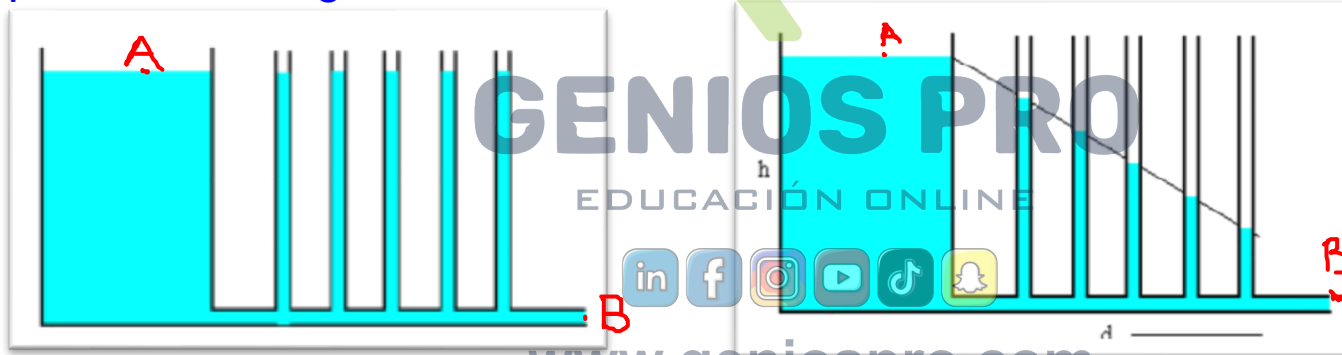


4.- Pérdidas de carga

Cuando un fluido fluye por una tubería, u otro dispositivo, tienen lugar pérdidas de energía debido a factores tales como:

- La fricción interna en el fluido debido a la viscosidad.
- La presencia de accesorios.

La ecuación de Bernoulli debe ser modificada para tener en cuenta estas pérdida de carga.



a) Viscosidad despreciable

b) Con Viscosidad

La ecuación de Bernoulli queda como:

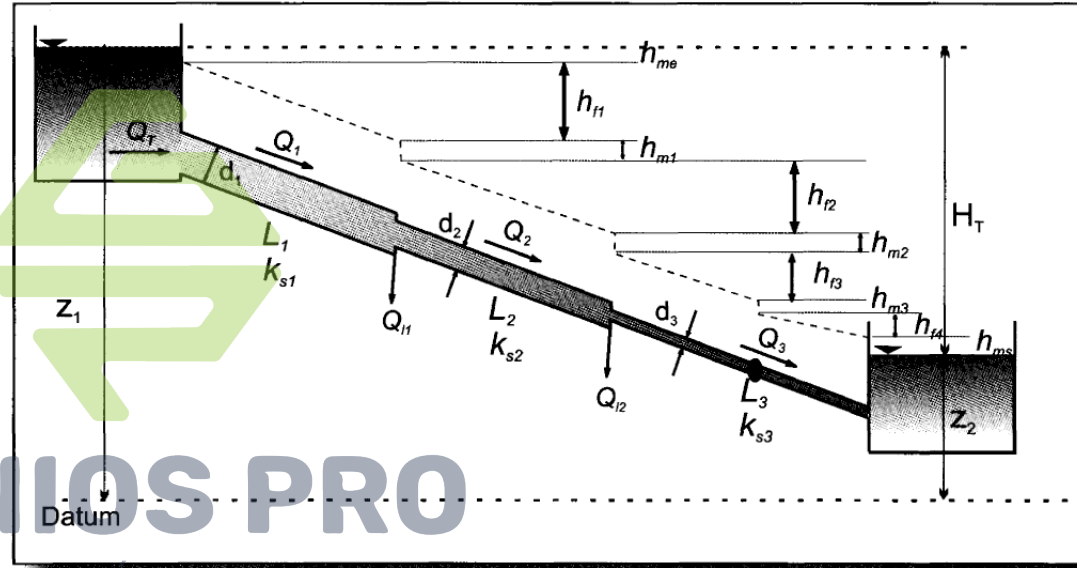
$$\left(\frac{P_A}{\gamma} + Z_A + \frac{V_A^2}{2g} \right) - \left(\frac{P_B}{\gamma} + Z_B + \frac{V_B^2}{2g} \right) = h_F$$

Las pérdidas en tuberías

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + H_T$$

$$H_T = Z_1 - Z_2$$

$$H_T = \sum_{i=1}^n h_{fi} + \sum_{i=1}^m h_{mi}$$



GENIOS PRO

EDUCACION ONLINE



HT = PERDIDA PRIMARIA + PERDIDA SECUNDARIA.

www.geniospro.com

$$H_T = \sum_{i=1}^n f_i * \frac{L_1 \cdot v_i^2}{D_1 \cdot 2 \cdot g} + \sum_{i=1}^m k_{mi} \frac{v_i^2}{2 \cdot g}$$

4.1. Las pérdidas primarias o lineales

□ 4.1.1. Ecuación de Darcy – Weisbach

❖ Factor de fricción

a. Ecuación de Colebrook – White

b. Diagrama de Moody

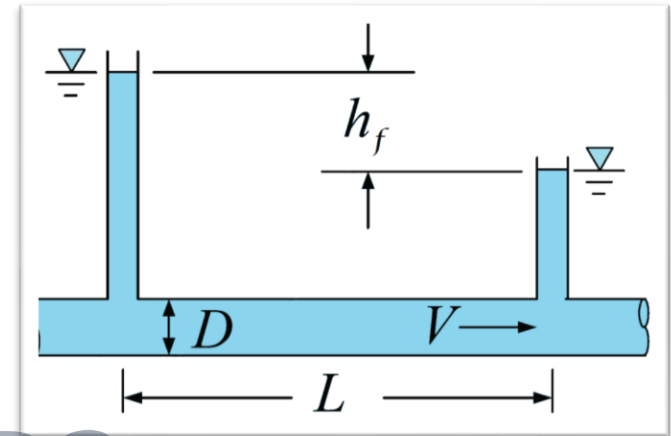
□ 4.1.2. Formula de Hazen - Williams

www.geniospro.com

4.1.1. ECUACION DE DARCY - WEISBACH

La ecuación de Darcy – Weisbach, es la ecuación de resistencia fluida mas general para el caso de tuberías circulares fluyendo a presión, la cual es el resultado de las leyes físicas del movimiento de Newton.

$$h_f = f \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$



Donde:

H_f = pérdida de carga (m)

f = coeficiente de fricción, adimensional.

L = longitud (m)

D = Diámetro (m)

$V^2/2g$ = Altura de velocidad (m)



www.geniospro.com

La experimentación muestra que lo siguiente es cierto en flujo turbulento:

$$h_f = f \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

1. La pérdida de carga varía directamente con la longitud del tubo.
2. La pérdida de carga varía casi con el cuadro de la velocidad.
3. La pérdida de carga varía casi inversamente con el diámetro.
4. La pérdida de carga depende de la rugosidad en la superficie de la pared interior del tubo.
5. La pérdida de carga depende de las propiedades de densidad y viscosidad del fluido.
6. La pérdida de carga es independiente de la presión.

Factor de fricción de Darcy

“f” **no puede ser una constante** sino que debe depender de la velocidad **V**, del diámetro **D**, de la densidad **ρ** , de la viscosidad **μ** y de ciertas características de rugosidad para la pared **ϵ** .

El término **f**, en lugar de ser una constante, depende de cinco magnitudes o cantidades:

$$f = f(V, D, \rho, \mu, \epsilon)$$

EDUCACIÓN ONLINE

- *Viscosidad cinemática* = $(1.14 - 0.031(T^\circ - 15) + 0.00068(T^\circ - 15)^2) * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

www.geniospro.com

R_e : Reynolds

D: Diámetro

V: Velocidad

ν : Viscosidad cinemática

$$R_e = \frac{D * V}{\nu}$$

a. Ecuación de Colebrook-White

Muchos son los investigadores que comenzaron a estudiar el fenómeno para poder encontrar una expresión que permitiera **calcular la famosa f**, entre ellos se encuentran Colebrook-White:

- En la **región laminar** Poiseuille propuso en 1846 la siguiente ecuación:

$$f = \frac{64}{Re}$$

- En **régime turbulento**, normalmente se usa la ecuación de Colebrook-White.

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

Donde: Re: Número de Reynolds (Adimensional); e: Rugosidad absoluta (m); e/D Rugosidad relativa.

RECORDANDO MÉTODOS NÚMERICOS

SOLUCIÓN NUMÉRICA COOLEBROOCK WHITE

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

Reemplazamos las variables conocidas:
 D, Re, e

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

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = x$$

Hacemos un cambio de variables para poder asemejar a una ecuación no lineal y solucionar numéricamente:

$$\frac{e}{3.7D} = a$$

$$\frac{2.51}{Re} = b$$

$$x = -2\log(a + bx)$$

$$x + 2\log(a + bx) = 0$$

NEWTON RAPHSON

$$f(x) = 2\log(a + bx) + x$$

$$f'(x) = \frac{2}{\ln(10)} \left(\frac{b}{a + bx} \right) + 1$$

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x)}{f'(x)}$$

Iteramos hasta que:

$$x_{i+1} - x_i = \text{error minimo} = 10^{-5}$$

Aseguramos la convergencia y finalmente reemplazamos x en la ecuación y calculamos f :

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = x$$

Calculado f , por Darcy calculamos la pérdida de carga:

$$h_f = f \cdot \frac{L \cdot V^2}{D \cdot 2 \cdot g}$$

b. DIAGRAMA DE MOODY

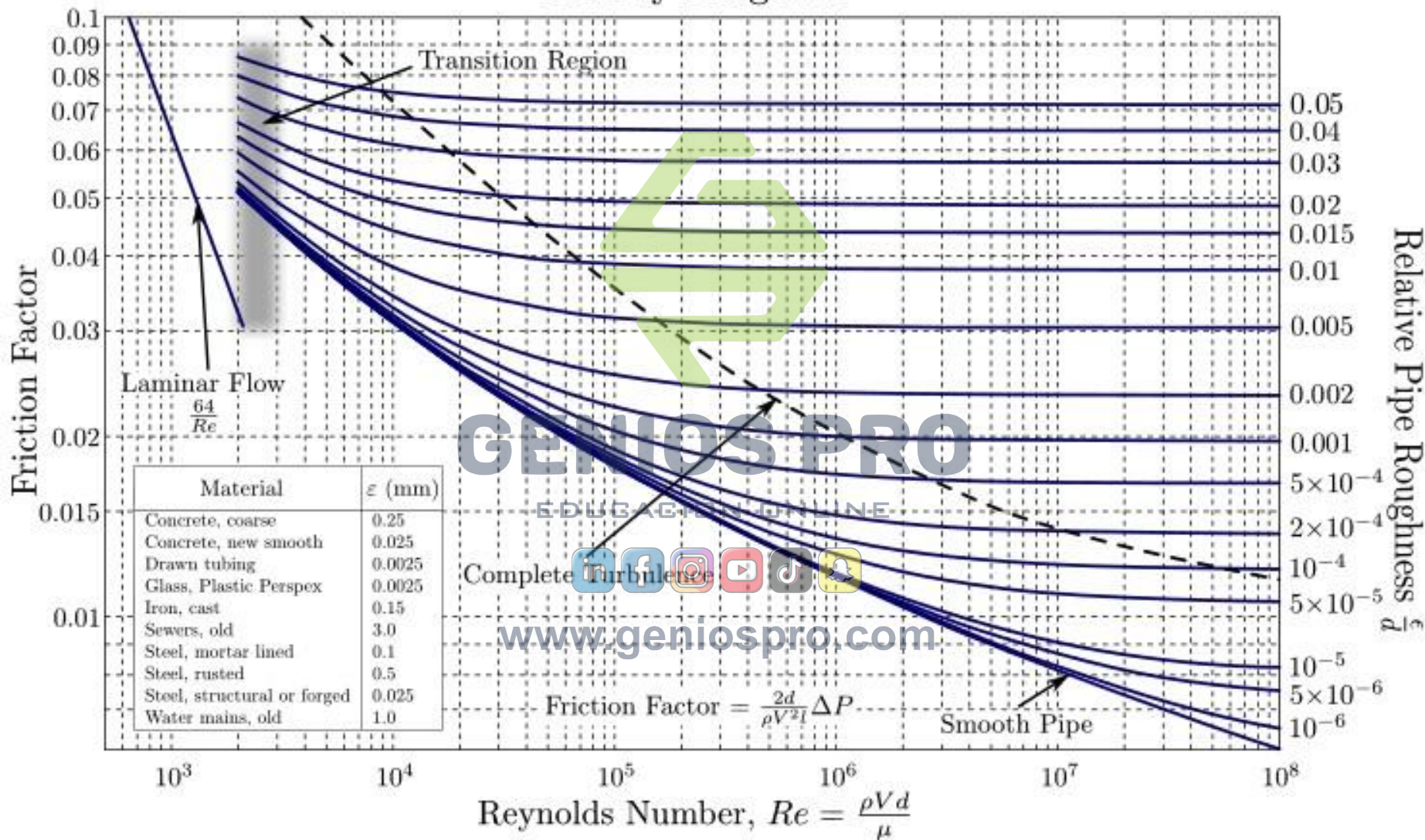
El Diagrama de Moody es un gráfico que permite relacionar el Re con la rugosidad relativa (e/D) para obtener el factor de fricción f . Es válido para cualquier condición de flujo.

El diagrama de Moody está elaborado en papel doble logarítmico, es la representación gráfica de la ecuación de Poiseuille que en papel logarítmico es una recta y la de Colebrook-White en función de dos variables, función que viene representada en el diagrama por una familia de curvas para cada valor del parámetro k/D .



Es un diagrama adimensional, que puede ser usado con cualquier sistema coherente de unidades.

Moody Diagram



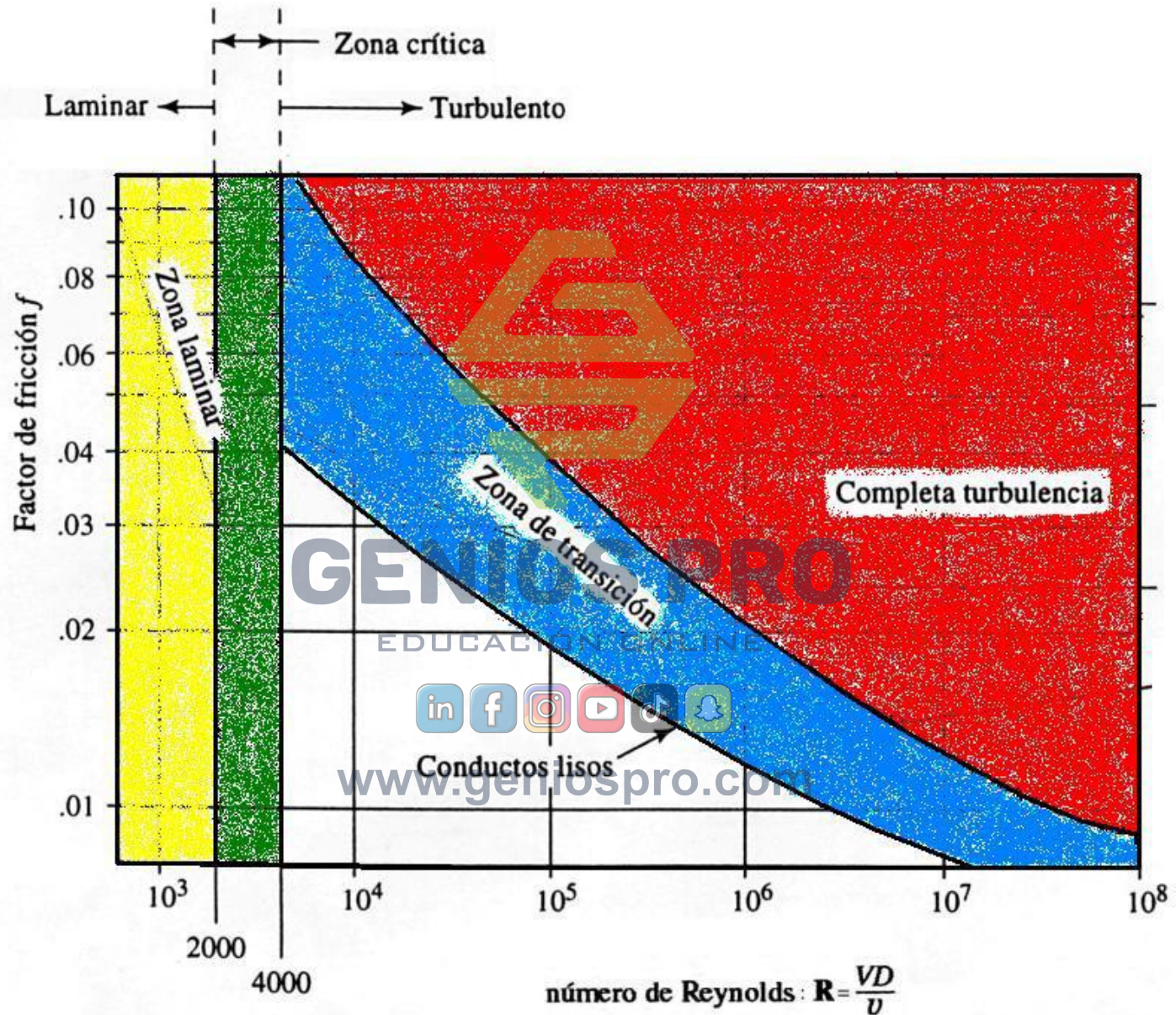


DIAGRAMA DE MOODY

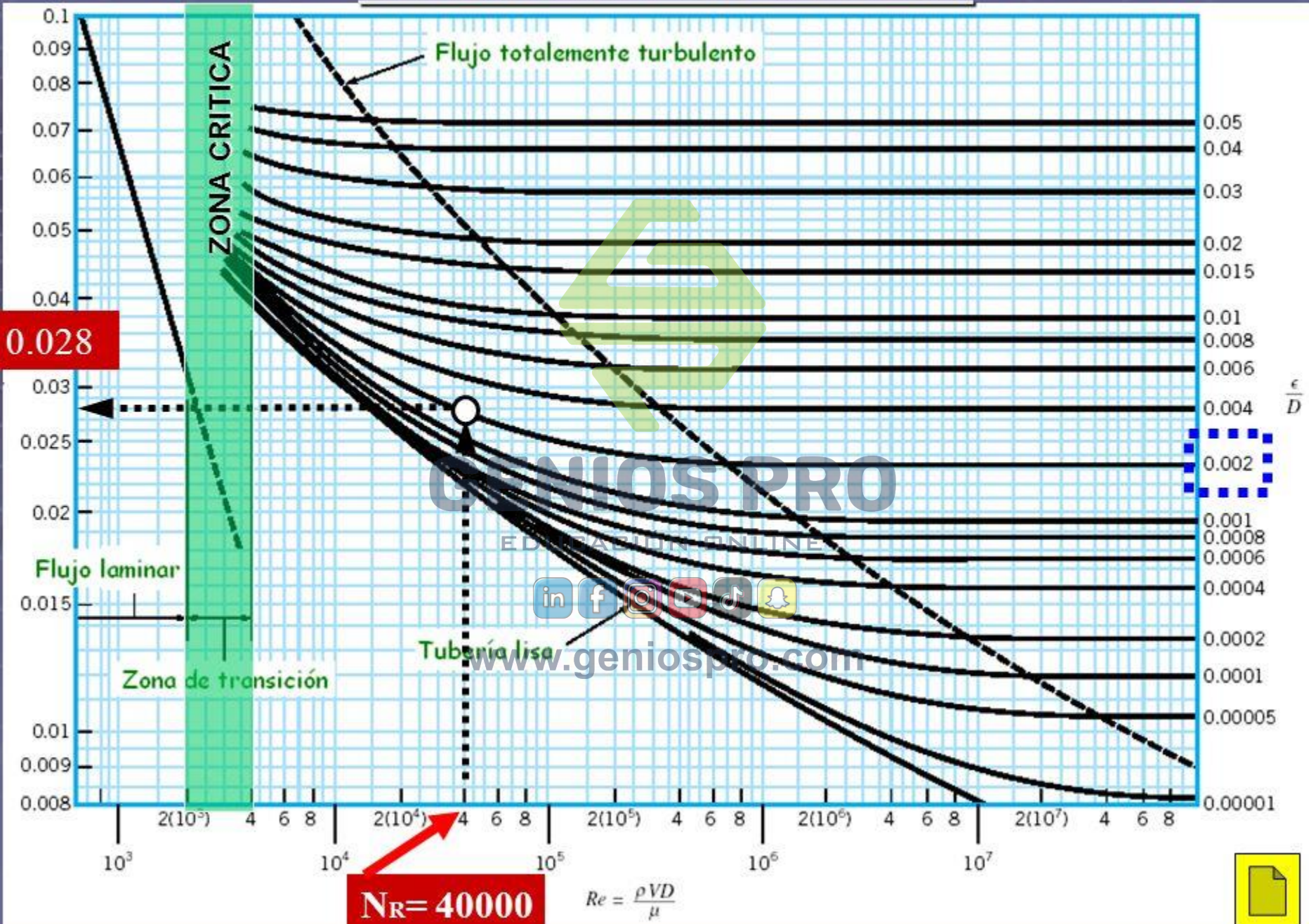
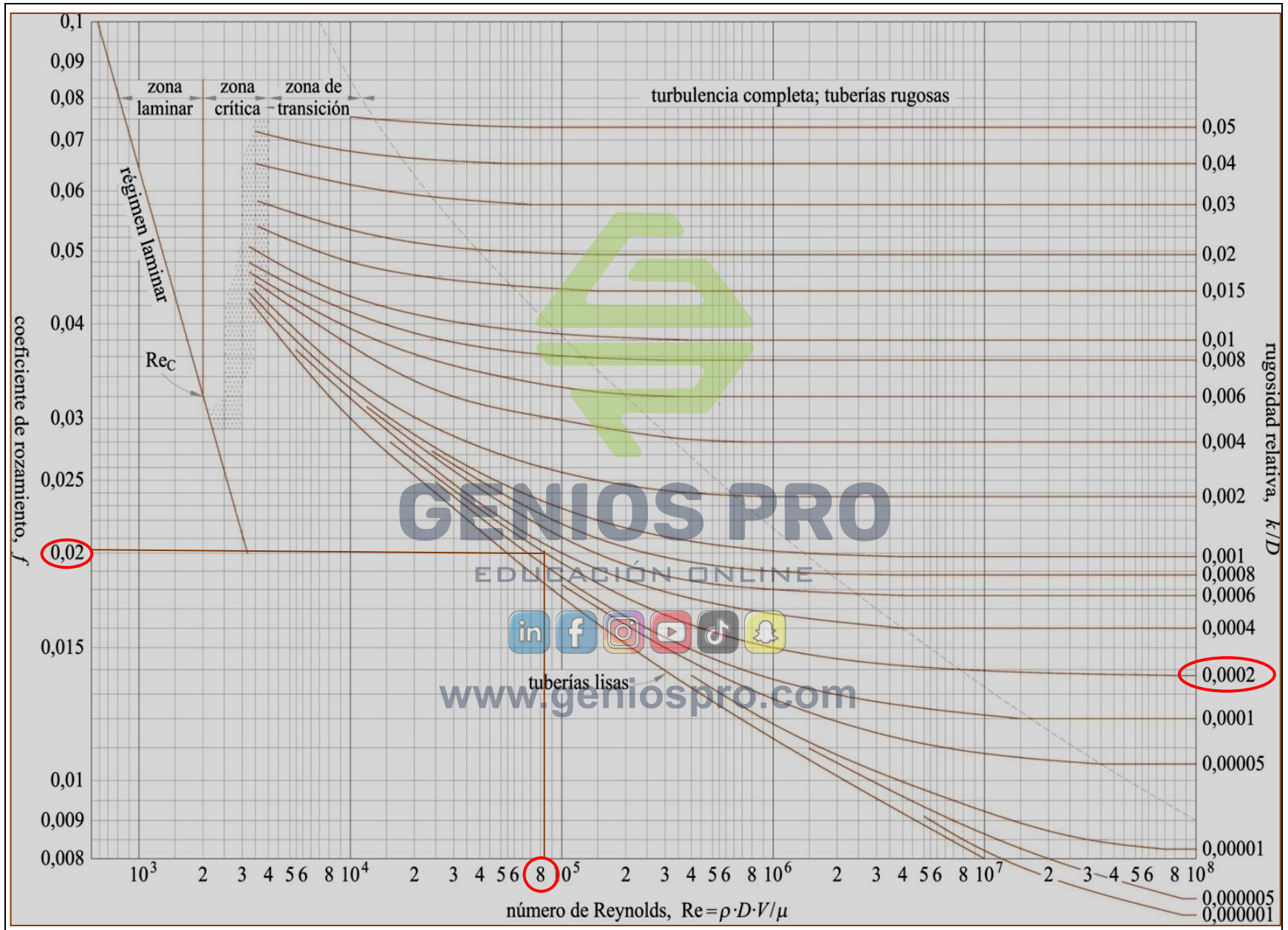


Diagrama de Moody



4.1.2. FORMULA DE HAZEN - WILLIAMS

El método de Hazen-Williams es válido solamente para el agua que fluye en las temperaturas ordinarias (5°C-25°C). La fórmula es sencilla y su cálculo es simple debido a que el coeficiente de rugosidad "C" no es función de la velocidad ni del diámetro de la tubería. Es útil en el cálculo de pérdidas de carga en tuberías para redes de distribución de diversos materiales, especialmente de fundición y acero:

Hazen - Williams

$$Hf_{loc} = \frac{10.679}{C^{1.852}} \times \frac{L}{D^{4.87}} \times Q^{1.852}$$



Donde:

www.geniospro.com

hf = pérdida de carga (m)

L = longitud de la tubería (m)

D = diámetro interno (m)

Q = caudal (m³/s)

Los valores de los coeficientes “C” se sacan de tabla, según material y años de uso de las tuberías.

Tabla de coeficientes de Hazen-Williams

Material	Coficiente de Hazen-Williams
Asbesto-cemento (nuevo)	135
Cobre y Latón	130
Ladrillo de saneamiento	100
Hierro fundido, nuevo	130
Hierro fundido, 10 años de edad	107 – 113
Hierro fundido, 20 años de edad	89 – 100
Hierro fundido, 30 años de edad	75 – 90
Concreto, acabado liso	130
Concreto, acabado común	120
Acero galvanizado (nuevo y usado)	125
Acero remachado nuevo	110
Acero remachado usado	85
PVC	140
PE	150
Plomo	130 -140
Aluminio	130

Tabla 1 Coeficiente de Hazen-Williams para diferentes materiales

Material	C	Material	C
Asbesto cemento	140	Hierro galvanizado	120
Latón	130-140	Vidrio	140
Ladrillo de saneamiento	100	Plomo	130-140
Hierro fundido nuevo	130	Plástico (PE, PVC)	140-150
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113	Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100	Acero nuevo	140-150
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90	Acero	130
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83	Acero rolado	110
Concreto	120-140	Lata	130
Cobre	130-140	Madera	120
Hierro dúctil	120	Hormigón	120-140

GENIOS PRO
EDUCACIÓN ONLINE

$$f = \frac{1013,673}{D^{0,019} Re^{0,148}}$$

www.geniospro.com

donde:

f: factor de fricción de la ecuación de Darcy-Weisbach (adim.);

C_{HW} : coeficiente de fricción de la ecuación de Hazen-William (dim.);

D: diámetro de la tubería (m) y

Re : número de Reynolds (adim.).

5.1. Perfil de flujo de fluido en tubería

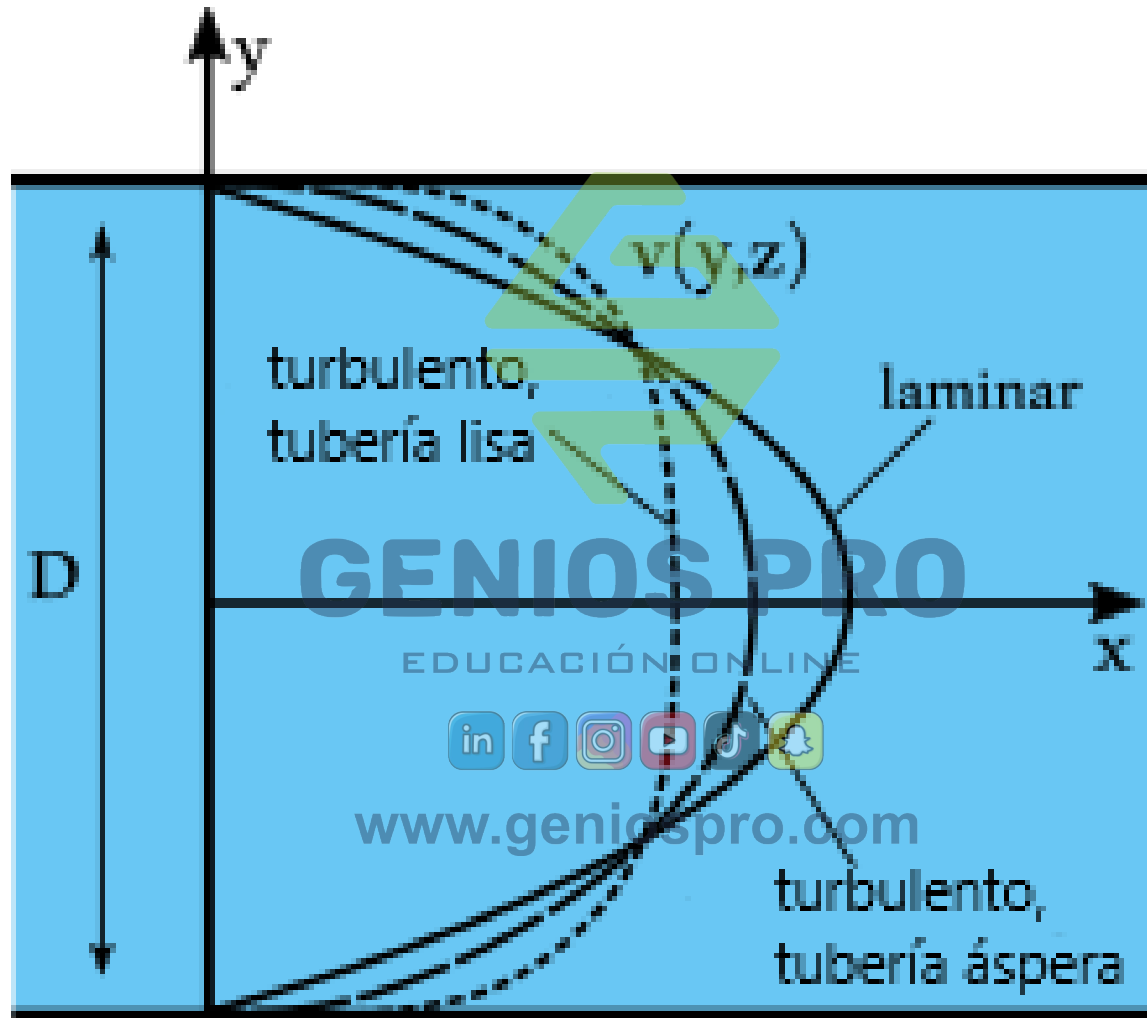
El perfil de flujo es un concepto de la mecánica de fluidos, en particular de la técnica de medición de flujo. Se refiere a la distribución de la velocidad dependiente de la ubicación en una sección transversal de un flujo. Si un fluido circula a través de una tubería (o canal de riego o un canal), la distribución de la velocidad en la sección transversal no es constante, generalmente es cero en la pared de la tubería y de velocidad máxima en la mitad de la tubería.

GENIOS PRO

La distribución de la velocidad es simétrica a la tubería o al eje del canal. Un perfil no permanente se encuentra en la entrada, la salida, detrás de las curvas



www.geniospro.com



PERFILES DE VELOCIDAD

Velocidad media igual para todos los casos.

Flujo laminar:

$$\frac{v}{\bar{v}} = 2 \left(2 \frac{y}{r_o} - \frac{y^2}{r_o^2} \right)$$

Flujo hidráulicamente liso:

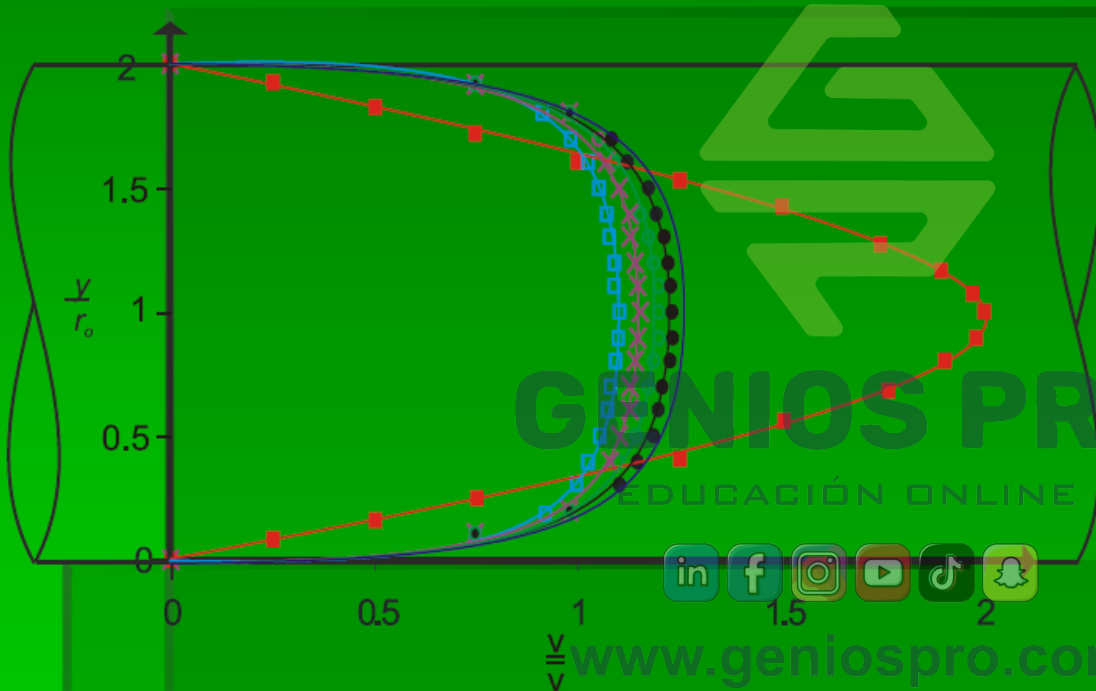
$$\frac{v}{\bar{v}} = \frac{1}{0.4} \ln \frac{v_* y}{\nu} + 5.47$$

$$\frac{v}{\bar{v}} = \frac{1}{0.4} \ln \frac{v_* r_o}{\nu} + 1.72$$

Flujo hidráulicamente rugoso:

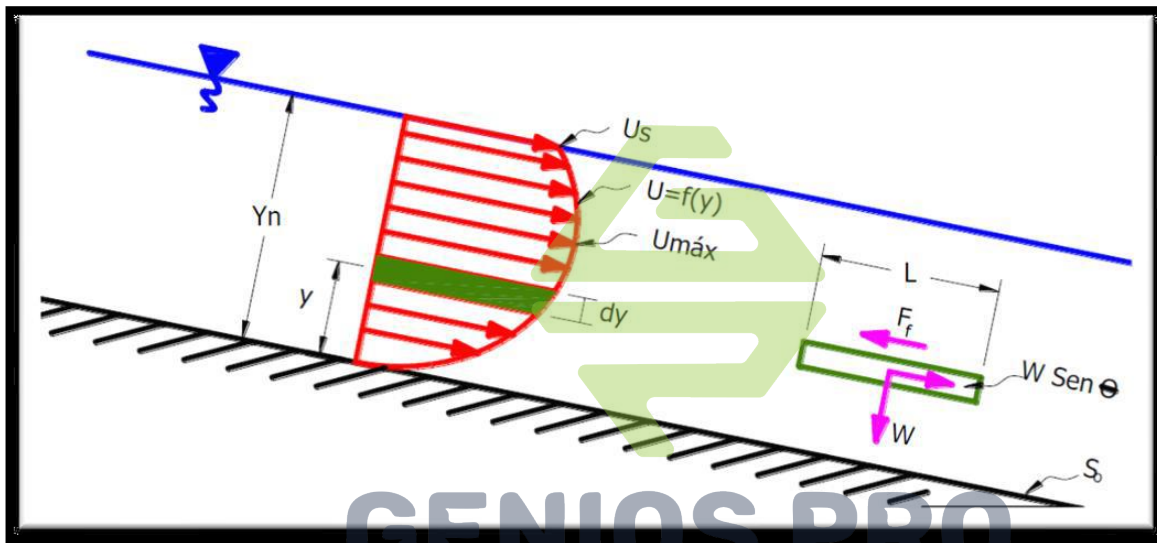
$$\frac{v}{\bar{v}} = \frac{1}{0.4} \ln \frac{y}{k_s} + 8.48$$

$$\frac{v}{\bar{v}} = \frac{1}{0.4} \ln \frac{r_o}{k_s} + 4.73$$



- Flujo laminar
- Flujo hidráulicamente liso:
 - $Re = 4000$
 - $Re = 10000$
 - $Re = 10^6$
- Flujo hidráulicamente rugoso:
 - $k_s: 0.0015$ m
 - $k_s: 0.015$ m

5.2. PERFIL DE VELOCIDADES EN CANALES ABIERTOS.



GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com





...GRACIAS GENIOS PRO

EDUCACIÓN ONLINE



www.geniospro.com