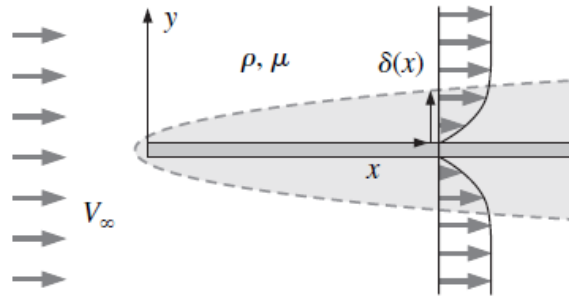


Modelo Segundo Parcial

Ejercicio 1

Una capa límite es una delgada región (usualmente a lo largo de una pared) en la que las fuerzas viscosas son significativas y dentro de la cual el flujo es rotacional. Considere una capa límite que crece a lo largo de una delgada placa plana (Fig. P7-54). El flujo es estacionario. El grosor de la capa límite δ a cualquier distancia corriente abajo x es función de x , de la velocidad de flujo libre V_∞ y de las propiedades del fluido ρ (densidad) y μ (viscosidad). Use el método de repetición de variables para generar una relación adimensional para δ como función de los otros parámetros. Muestre todo el procedimiento.



Solution We are to use dimensional analysis to find the functional relationship between the given parameters.

Assumptions 1 The given parameters are the only relevant ones in the problem.

Analysis The step-by-step method of repeating variables is employed to obtain the nondimensional parameters (the Π s).

Step 1 There are five parameters in this problem; $n = 5$,

List of relevant parameters: $\delta = f(x, V, \rho, \mu) \quad n = 5 \quad (1)$

Step 2 The primary dimensions of each parameter are listed,

$$\begin{array}{ccccc} \delta & x & V & \rho & \mu \\ \{L^1\} & \{L^1\} & \{L^1 t^{-1}\} & \{m^1 L^{-3}\} & \{m^1 L^{-1} t^{-1}\} \end{array}$$

Step 3 As a first guess, j is set equal to 3, the number of primary dimensions represented in the problem (m, L, and t).

Reduction: $j = 3$

If this value of j is correct, the expected number of Π s is

Number of expected Π s: $k = n - j = 5 - 3 = 2$

Step 4 We need to choose three repeating parameters since $j = 3$. We pick length scale x , density ρ , and freestream velocity V .

Repeating parameters: $x, \rho,$ and V

Step 5 The Π s are generated. Note that for the first Π we can do the algebra in our heads since the relationship is very simple. Namely, the dimensions of δ are identical to those of one of the repeating variables (x). In such a case we know that all the exponents in the Π group are zero except the one for x , which is -1 . The dependent Π is thus

$$\Pi_1: \quad \Pi_1 = \frac{\delta}{x}$$

The second Π is formed with viscosity,

$$\Pi_2 = \mu x^a \rho^b V^c \quad \{\Pi_2\} = \left\{ (m^1 L^{-1} t^{-1}) (L^1)^a (m^1 L^{-3})^b (L^1 t^{-1})^c \right\}$$

$$\text{mass:} \quad \{m^0\} = \{m^1 m^b\} \quad 0 = 1 + b \quad b = -1$$

$$\text{time:} \quad \{t^0\} = \{t^{-1} t^{-c}\} \quad 0 = -1 - c \quad c = -1$$

$$\text{length:} \quad \{L^0\} = \{L^{-1} L^a L^{-3b} L^c\} \quad 0 = -1 + a - 3b + c \quad a = -1$$

$$0 = -1 + a + 3 - 1$$

which yields

$$\Pi_2: \quad \Pi_2 = \frac{\mu}{\rho V x}$$

We recognize this Π as the inverse of the **Reynolds number**,

$$\text{Modified } \Pi_2 = \text{Reynolds number based on } x: \quad \Pi_2 = \text{Re}_x \frac{\rho V x}{\mu}$$

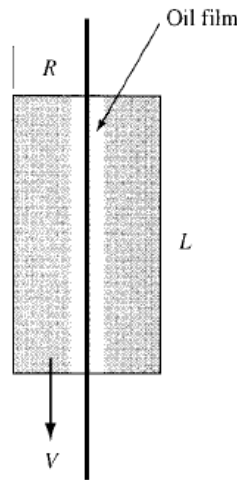
Step 6 We write the final functional relationship as

$$\text{Relationship between } \Pi\text{s:} \quad \boxed{\frac{\delta}{x} = f(\text{Re}_x)}$$

Discussion We cannot determine the *form* of the relationship by purely dimensional reasoning since there are two Π s. However, in Chap. 10 we shall see that for a laminar boundary layer, Π_1 is proportional to the square root of Π_2 .

Ejercicio 2 (Tablas al final)

Un cilindro de aluminio ($S = 2,7$) se desliza concéntricamente a un cable tensado de 1 mm de diámetro, Figura P7.85. La longitud del cilindro es $L = 8$ cm, y su radio $R = 1$ cm. El orificio de 2 mm de diámetro en el cilindro está lubricado con aceite SAE 30 a 20°C . Estime la velocidad límite de caída V del cilindro, (a) despreciando y (b) incluyendo la resistencia del aire. Suponga aire a 20°C y 1 atm.



Solution: For SAE 30 oil, from Table A-3, $\mu_{\text{oil}} \approx 0.29$ kg/m·s. Calculate the weight of the cylinder:

$$W = \rho_{\text{alum}} g \pi (R^2 - r_{\text{hole}}^2) L = [2.7(998)](9.81)\pi(0.01^2 - 0.001^2)(0.08) = 0.658 \text{ N}$$

From Problem 4.89, the (laminar) shear stress at the inner wall of the cylinder is

$$\tau_{w\text{-inner}} = \frac{\mu V}{r_{\text{hole}} \ln\left(\frac{r_{\text{hole}}}{r_{\text{wire}}}\right)} = \frac{0.29V}{0.001 \ln(2)} \approx 418V \quad \left(\text{with } V \text{ in } \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)$$

(a) If air drag is neglected, the oil-stress force balances the cylinder weight:

$$W = 0.658 \text{ N} = \tau_w 2\pi r_{\text{hole}} L = (418V) 2\pi(0.001)(0.08),$$

$$\text{Solve for } V_{\text{oil-only}} \approx \mathbf{3.13} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{Ans. (a)}$$

(b) For air take $\rho_{\text{air}} = 1.2$ kg/m³. From Table 7-3 for flat cylinder, $C_D \approx 0.99$. Thus

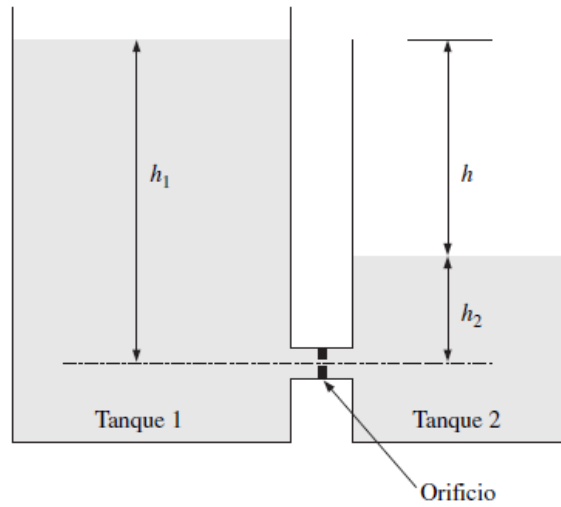
$$W = 0.658 = \tau_w 2\pi r_{\text{hole}} L + C_D \frac{\rho_{\text{air}}}{2} V^2 \pi R^2 = 0.210V + 0.000187V^2$$

$$\text{Rearrange: } V^2 + 1127V - 3525 = 0, \quad \text{solve } V_{\text{oil+air}} \approx \mathbf{3.12} \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{Ans. (b)}$$

We see that air drag is negligible in this thick-oil, low-speed situation.

Ejercicio 3

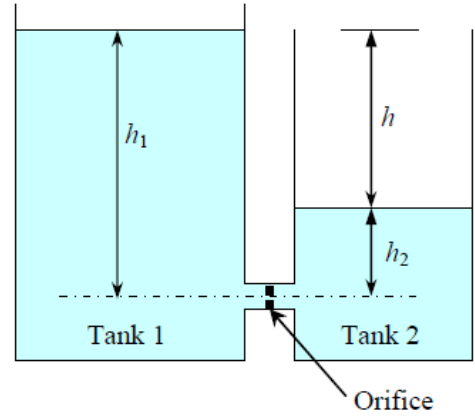
8-136 Un sistema que consiste de dos tanques cilíndricos interconectados, con $D_1 = 30$ cm y $D_2 = 12$ cm, se usará para determinar el coeficiente de descarga de un corto tramo de tubo con la placa de orificio de diámetro $D_0 = 5$ mm instalada en él. Al principio ($t = 0$ s), las alturas del fluido en los tanques son $h_1 = 50$ cm y $h_2 = 15$ cm, como se muestra en la figura P8-136. Si toma 170 s que los niveles de fluido en los dos tanques se igualen y el flujo se detenga, determine el coeficiente de descarga de la placa de orificio. No considere algunas otras pérdidas asociadas con este flujo.



Solution A system that consists of two interconnected cylindrical tanks is used to determine the discharge coefficient of a short 5-mm diameter orifice. For given initial fluid heights and discharge time, the discharge coefficient of the orifice is to be determined.

Assumptions 1 The fluid is incompressible. 2 The entire systems, including the connecting flow section, is horizontal. 3 The discharge coefficient remains constant (in reality, it may change since the flow velocity and thus the Reynolds number changes during flow). 4 Losses other than the ones associated with flow through the orifice are negligible. 5 The effect of the kinetic energy correction factor is negligible, $\alpha = 1$.

Analysis We take point 1 at the free surface of water in Tank 1, and point 0 at the exit of the orifice. We take the centerline of the orifice as the reference level ($z_1 = h_1$ and $z_0 = 0$). Noting that the fluid at point 1 is open to the atmosphere (and thus $P_1 = P_{atm}$ and $P_0 = P_{atm} + \rho gh_2$) and that the fluid velocity at the free surface is very low ($V_1 \cong 0$), the Bernoulli equation between these two points gives



$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_0}{\rho g} + \frac{V_0^2}{2g} + z_0 \rightarrow \frac{P_{atm}}{\rho g} + h_1 = \frac{P_{atm} + \rho gh_2}{\rho g} + \frac{V_0^2}{2g} \rightarrow V_0 = \sqrt{2g(h_1 - h_2)} = \sqrt{2gh}$$

where $h = h_1 - h_2$ is the vertical distance between the water levels in the two tanks at any time t . Note that h_1 , h_2 , h , and V_0 are all variable (h_1 decreases while h_2 and h increase during discharge).

Noting that the fluid is a liquid ($\rho = \text{constant}$) and keeping the conservation of mass in mind and the definition of the discharge coefficient C_d , the flow rate through the orifice can be expressed as

$$\dot{V} = C_d V_o A_o = -A_1 \frac{dh_1}{dt} = A_2 \frac{dh_2}{dt} \rightarrow dh_2 = -\frac{A_1}{A_2} dh_1$$

Also, $h = h_1 - h_2 \rightarrow dh = dh_1 - dh_2 \rightarrow dh_1 = dh_2 + dh$ (Note that $dh < 0$, $dh_1 < 0$, and $dh_2 > 0$)

Combining the two equations above, $dh_1 = \frac{dh}{1 + A_1/A_2}$

Then, $\dot{V} = C_d V_o A_o = -A_1 \frac{dh_1}{dt} \rightarrow C_d A_o \sqrt{2gh} = -A_1 \frac{1}{1 + A_1/A_2} \frac{dh}{dt}$

which can be rearranged as $-dt = \frac{A_1 A_2}{A_1 + A_2} \frac{1}{C_d A_o \sqrt{2g}} \frac{dh}{\sqrt{h}}$

Integrating $-\int_0^t dt = \frac{A_1 A_2}{A_1 + A_2} \frac{1}{C_d A_o \sqrt{2g}} \int_{h_1}^h \frac{dh}{\sqrt{h}}$

Performing the integration $t = -\frac{A_1 A_2}{A_1 + A_2} \frac{2}{C_d A_o \sqrt{2g}} [\sqrt{h} - \sqrt{h_1}]$

Solving for C_d $C_d = \frac{2(\sqrt{h_1} - \sqrt{h})}{(A_2/A_1 + A_2/A_2)t\sqrt{2g}}$

Fluid flow stops when the liquid levels in the two tanks become equal (and thus $h = 0$). Substituting the given values, the discharge coefficient is determined to be

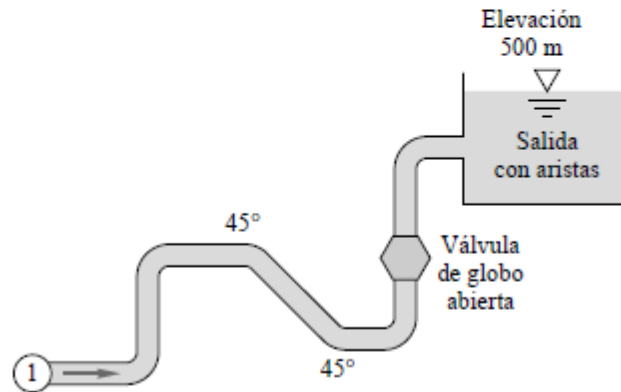
$$\frac{A_2}{A_2} + \frac{A_2}{A_1} = \left(\frac{D_0}{D_2}\right)^2 + \left(\frac{D_0}{D_1}\right)^2 = \left(\frac{0.5 \text{ cm}}{30 \text{ cm}}\right)^2 + \left(\frac{0.5 \text{ cm}}{12 \text{ cm}}\right)^2 = 0.002014,$$

$$C_d = \frac{2\sqrt{0.5 \text{ m}}}{(0.002014)(170 \text{ s})\sqrt{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2}} = \mathbf{0.933}$$

Discussion We could add the minor losses at the pipe inlet and outlet without much extra effort.

Ejercicio 4

El sistema de la Figura P6.105 consiste en 1200 m de tubería de hierro fundido de 5 cm de diámetro, dos codos de gran radio a 45° y cuatro a 90° , todos acoplados, una válvula de globo abierta, también acoplada, y una salida con aristas. Si la elevación del punto 1 es de 400 m, ¿qué presión manométrica se necesita en el punto 1 para proporcionar $0,005 \text{ m}^3/\text{s}$ de agua a 20°C en el depósito?



P6.105

6.105 The system in Fig. P6.105 consists of 1200 m of 5 cm cast-iron pipe, two 45° and four 90° flanged long-radius elbows, a fully open flanged globe valve, and a sharp exit into a reservoir. If the elevation at point 1 is 400 m, what gage pressure is required at point 1 to deliver 0.005 m³/s of water at 20°C into the reservoir?

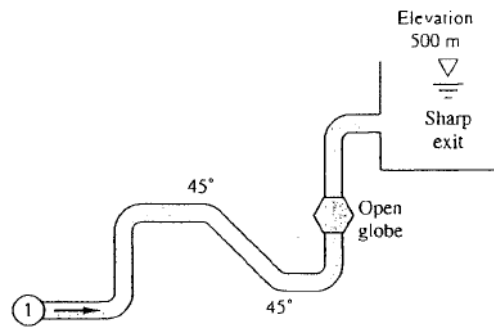


Fig. P6.105

Solution: For water at 20°C, take $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ and $\mu = 0.001 \text{ kg/m}\cdot\text{s}$. For cast iron, take $\varepsilon \approx 0.26 \text{ mm}$, hence $\varepsilon/d = 0.0052$. With the flow rate known, we can compute V , Re :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.005}{(\pi/4)(0.05)^2} = 2.55 \frac{\text{m}}{\text{s}}; \quad Re = \frac{998(2.55)(0.05)}{0.001} \approx 127000, \quad f_{\text{Moody}} \approx 0.0315$$

The minor losses may be listed as follows:

45° long-radius elbow: $K \approx 0.2$; 90° long-radius elbow: $K \approx 0.3$

Open flanged globe valve: $K \approx 8.5$; submerged exit: $K \approx 1.0$

Then the energy equation between (1) and (2—the reservoir surface) yields

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = 0 + 0 + z_2 + h_f + \sum h_m,$$

$$\begin{aligned} \text{or: } p_1/(\rho g) &= 500 - 400 + \frac{(2.55)^2}{2(9.81)} \left[0.0315 \left(\frac{1200}{0.05} \right) + 0.5 + 2(0.2) + 4(0.3) + 8.5 + 1 - 1 \right] \\ &= 100 + 253 = 353 \text{ m, or: } p_1 = (998)(9.81)(353) \approx \mathbf{3.46 \text{ MPa}} \quad \text{Ans.} \end{aligned}$$

Ejercicio 5

Las turbinas de reacción en la instalación de la presa del Hoover tienen una capacidad estimada de 116.600 CV a 180 rpm bajo una carga de 148 m. El diámetro de cada turbina es 3,35 m y el caudal es 66,5 m³/seg. Calcular el factor de velocidad, la velocidad unitaria, el caudal unitario, la potencia unitaria y la velocidad específica.

Solución:

Aplicando las ecuaciones (4) a (11) del principio de este Capítulo, obtenemos los valores siguientes:

$$\phi = \frac{D_1 N}{8460 \sqrt{H}} = \frac{(3,35 \times 100)180}{8460 \sqrt{148}} = 0,586$$

$$N_u = \frac{D_1 N}{\sqrt{H}} = \frac{(3,35 \times 100)180}{\sqrt{148}} = 4957 \text{ rpm}$$

$$Q_u = \frac{Q}{D_1^2 \sqrt{H}} = \frac{66,5}{(335)^2 \sqrt{148}} = 0,0000487 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$P_u = \frac{P}{D_1^2 H^{3/2}} = \frac{116.600}{(335)^2 (148)^{3/2}} = 0,000577 \text{ CV}$$

$$N_s = N_u \sqrt{P_u} = 119,1$$

Ejercicio 6

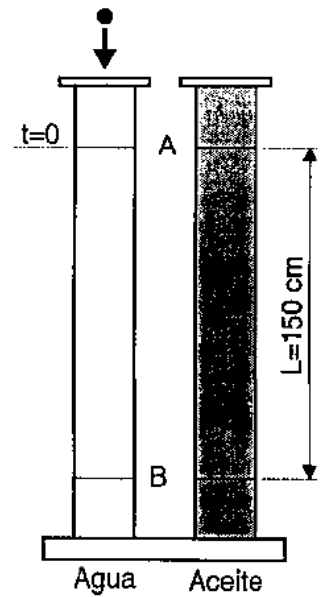
Se desea determinar la viscosidad de un aceite de densidad $\rho=850 \text{ kg/m}^3$. Para ello se dispone de un viscosímetro de caída de bola como el mostrado en la figura.

El ensayo consta de dos partes: durante la primera se deja caer una esfera de 5 mm de diámetro por la columna de la izquierda en la que se dispone de agua a la temperatura ambiente (Densidad $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$; Viscosidad dinámica = $1,1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m/seg}$; Viscosidad cinemática = $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{seg}$). Se supone que en el instante en que la esfera cae por el punto A la esfera ha adquirido una velocidad constante y tarda un tiempo $t_1= 6 \text{ seg}$ en llegar hasta el punto B.

En la segunda parte del ensayo, la misma esfera se deja caer por la columna de la derecha obteniéndose un tiempo $t_2= 30 \text{ seg}$.

Determinar:

- a) La densidad de la partícula esférica utilizada en los ensayos.
- b) La viscosidad dinámica del aceite contenido en la columna de la derecha.



Apartado a)

En primer lugar se plantea el balance de fuerzas sobre la esfera cuando se encuentra cayendo en la zona comprendida entre los puntos A y B. En dicha zona se admite que la velocidad es constante, por la suma de fuerzas ejercidas sobre la misma es nula. El balance de fuerzas sobre la esfera en su caída libre en el seno del fluido contempla tres fuerzas:

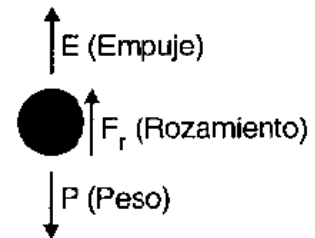
- Peso P del cuerpo, que se obtiene a partir del volumen del mismo y su densidad ρ_c mediante la expresión

$$P = \rho_c g \frac{\pi}{6} D^3$$

donde D es el diámetro de la esfera. Nótese que precisamente la densidad del cuerpo es la incógnita de esta apartado.

- Empuje E del cuerpo, al verse sometido en el seno de un fluido de densidad ρ :

$$E = \rho g \frac{\pi}{6} D^3$$



donde ρ es la densidad del fluido (agua).

- Fuerza de rozamiento F_r debida al rozamiento viscoso del fluido con la esfera. Dicha fuerza de rozamiento viene dada por

$$F_R = \frac{1}{2} C_D \rho S_{caract.} V_{\infty}^2$$

donde C_D es el coeficiente de descarga del cuerpo; ρ es la densidad del fluido (en este caso la densidad del agua ρ); $S_{caract.}$ es una superficie característica (en este caso la sección frontal de la esfera; y V_{∞} es la velocidad con que se mueve el fluido en torno a la esfera, que en este caso coincide con la velocidad de caída de ésta.

El balance de fuerzas sobre la esfera permite escribir:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} C_D \rho S V^2 &= \frac{\pi}{6} D^3 g (\rho_c - \rho) \\ \frac{1}{2} C_D \rho \frac{\pi D^2}{4} V^2 &= \frac{\pi}{6} \pi D^3 g (\rho_c - \rho) \\ \rho_c &= \rho + \frac{3 \rho C_D V^2}{4 D g} \end{aligned} \quad (1)$$

Tan solo queda por verificar la expresión a emplear para el coeficiente de resistencia C_D . Para ello en primer lugar calculamos el número de Reynolds:

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$$

donde la velocidad de caída de la bola es $V = \frac{L}{t_1} = \frac{15}{6} = 0,25$ m/s; el diámetro D de la esfera 5 mm; y la viscosidad cinemática del agua $\nu = 1,1 \cdot 10^{-6}$ m²/s. Por tanto el valor del número de

Reynolds es:

$$\text{Re} = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{0.25 \cdot 0.0005}{11 \cdot 10^{-6}} = 1136$$

Para dicho valor del número de Reynolds (zona c) el coeficiente de resistencia C_D es

$$C_D = 0.44$$

En definitiva, la expresión de la densidad de la esfera resulta ser

$$\rho_c = \rho + \frac{3\rho C_D V^2}{4Dg} = 1000 + \frac{3 \cdot 1000 \cdot 0.44 \cdot 0.25^2}{4 \cdot 0.0005 \cdot 9.81}$$

$$\boxed{\rho_c = 1420.49 \text{ kg/m}^3}$$

Apartado b.

En el caso de que la esfera caiga dentro del tubo que contiene aceite, el balance de fuerzas es idéntico al del apartado anterior, con la diferencia de que la densidad del fluido ρ y la

viscosidad del fluido ahora corresponden al aceite. La incógnita en este momento es, precisamente, la viscosidad del aceite. Asimismo el valor de velocidad de caída de la esfera dentro del aceite es

$$V = \frac{L}{t_1} = \frac{15}{30} = 0.05 \text{ m/s}$$

De la expresión (1) puede despejarse el valor del coeficiente C_D , en función del resto de datos que en este momento son conocidos:

$$C_D = \frac{4Dg(\rho_c - \rho)}{3\rho V^2} \quad (2)$$

Sustituyendo valores, se obtiene que el coeficiente de arrastre C_D debe valer

$$C_D = 1756$$

Tan solo queda por determinar la zona o el rango dentro del cual se encuentra el número de Reynolds para determinar la expresión que es necesario emplear. Indudablemente no puede encontrarse en la denominada zona a) don de la expresión del coeficiente de arrastre es:

$$C_D = \frac{24}{\text{Re}} = \frac{24v}{V \cdot D}$$

ya que esta zona es válida tan solo para valores del número de Reynoled (Re) inferiores a 1. Por ello lo más probable es que se encuentre en la zona b), donde la expresión del coeficiente de arrastre C_D es

$$C_D = \frac{24}{\text{Re}} (1 + 0.15 \text{Re}^{0.687}) = 1756$$

De la expresión anterior puede obtenerse por iteración el valor del número de Reynolds. Para ello se adopta un valor inicial de 1'37 (24/17'56) y a partir de ahí se tantean valores hasta obtener la solución. Las diferentes iteraciones realizadas son

Re	$C_D = \frac{24}{Re} (1 + 0.15 Re^{0.687})$
1,36	20,92
1,7	17,17
1,5	19,17
1,6	18,11
1,65	17,62
1,66	17,53
1,655	17,58
1,656	17,56

En definitiva, el valor del número de Reynolds es

$$Re = 1'656$$

Conocido el número de Reynolds, a partir del mismo puede determinarse el valor de la viscosidad dinámica

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

$$\mu = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{Re}$$

Sustituyendo valores se obtiene

$$\mu = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{Re} = \frac{850 \cdot 0.005 \cdot 0.0005}{1'656}$$

$$\boxed{\mu = 0.128 \text{ kg/(m} \cdot \text{seg)}}$$

Tablas

Tabla A.3. Propiedades de líquidos comunes a 1 atm y 20 °C (68 °F).

Líquido	ρ , kg/m ³	μ , kg/(m · s)	γ , N/m ³	p_v , N/m ²	Módulo de compresibilidad, N/m ²	Parámetro de viscosidad, C [†]
Amoniaco	608	$2,20 \times 10^{-4}$	$2,13 \times 10^{-2}$	$9,10 \times 10^{-5}$	—	1,05
Benceno	881	$6,51 \times 10^{-4}$	$2,88 \times 10^{-2}$	$1,01 \times 10^{-4}$	$1,4 \times 10^{-9}$	4,34
Tetracloruro de carbono	1590	$9,67 \times 10^{-4}$	$2,70 \times 10^{-2}$	$1,20 \times 10^{-4}$	$9,65 \times 10^{-8}$	4,45
Etanol	789	$1,20 \times 10^{-3}$	$2,28 \times 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-3}$	$9,0 \times 10^{-8}$	5,72
Etilenglicol	1117	$2,14 \times 10^{-2}$	$4,84 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-1}$	—	11,7
Freón 12	1327	$2,62 \times 10^{-4}$	—	—	—	1,76
Gasolina	680	$2,92 \times 10^{-4}$	$2,16 \times 10^{-2}$	$5,51 \times 10^{-4}$	$9,58 \times 10^{-8}$	3,68
Glicerina	1260	1,49	$6,33 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$	$4,34 \times 10^{-9}$	28,0
Queroseno	804	$1,92 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-2}$	$3,11 \times 10^{-3}$	$1,6 \times 10^{-9}$	5,56
Mercurio	13.550	$1,56 \times 10^{-3}$	$4,84 \times 10^{-1}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$2,55 \times 10^{-10}$	1,07
Metanol	791	$5,98 \times 10^{-4}$	$2,25 \times 10^{-2}$	$1,34 \times 10^{-4}$	$8,3 \times 10^{-8}$	4,63
Aceite SAE 10W	870	$1,04 \times 10^{-11}$	$3,6 \times 10^{-2}$	—	$1,31 \times 10^{-9}$	15,7
Aceite SAE 10W30	876	$1,7 \times 10^{-11}$	—	—	—	14,0
Aceite SAE 30W	891	$2,9 \times 10^{-11}$	$3,5 \times 10^{-2}$	—	$1,38 \times 10^{-9}$	18,3
Aceite SAE 50W	902	$8,6 \times 10^{-11}$	—	—	—	20,2
Agua	998	$1,00 \times 10^{-3}$	$7,28 \times 10^{-2}$	$2,34 \times 10^{-3}$	$2,19 \times 10^{-9}$	Tabla A. 1
Agua de mar (30%)	1025	$1,07 \times 10^{-3}$	$7,28 \times 10^{-2}$	$2,34 \times 10^{-3}$	$2,33 \times 10^{-9}$	7,28

Tabla 7.3. Resistencia de cuerpos tridimensionales para $Re \geq 10^4$.

Cuerpo	C_D basado en el área frontal	Cuerpo	C_D basado en el área frontal																					
Cubo:	1,07	Cono:	<table border="1"> <tr> <td>θ:</td> <td>10°</td> <td>20°</td> <td>30°</td> <td>40°</td> <td>60°</td> <td>75°</td> <td>90°</td> </tr> <tr> <td>C_D:</td> <td>0,30</td> <td>0,40</td> <td>0,55</td> <td>0,65</td> <td>0,80</td> <td>1,05</td> <td>1,15</td> </tr> </table>	θ :	10°	20°	30°	40°	60°	75°	90°	C_D :	0,30	0,40	0,55	0,65	0,80	1,05	1,15					
θ :	10°	20°	30°	40°	60°	75°	90°																	
C_D :	0,30	0,40	0,55	0,65	0,80	1,05	1,15																	
		Cilindro, flujo laminar:	<table border="1"> <tr> <td>L/D:</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>∞</td> </tr> <tr> <td>C_D:</td> <td>0,64</td> <td>0,68</td> <td>0,72</td> <td>0,74</td> <td>0,82</td> <td>0,91</td> <td>0,98</td> <td>1,20</td> </tr> </table>	L/D :	1	2	3	5	10	20	40	∞	C_D :	0,64	0,68	0,72	0,74	0,82	0,91	0,98	1,20			
L/D :	1	2	3	5	10	20	40	∞																
C_D :	0,64	0,68	0,72	0,74	0,82	0,91	0,98	1,20																
	0,81	Antena parabólica porosa [23]:	<table border="1"> <tr> <td>Porosidad:</td> <td>0</td> <td>0,1</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> <td>0,5</td> </tr> <tr> <td>$\leftarrow C_D$:</td> <td>1,42</td> <td>1,33</td> <td>1,20</td> <td>1,05</td> <td>0,95</td> <td>0,82</td> </tr> <tr> <td>$\rightarrow C_D$:</td> <td>0,95</td> <td>0,92</td> <td>0,90</td> <td>0,86</td> <td>0,83</td> <td>0,80</td> </tr> </table>	Porosidad:	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	$\leftarrow C_D$:	1,42	1,33	1,20	1,05	0,95	0,82	$\rightarrow C_D$:	0,95	0,92	0,90	0,86	0,83	0,80
Porosidad:	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5																		
$\leftarrow C_D$:	1,42	1,33	1,20	1,05	0,95	0,82																		
$\rightarrow C_D$:	0,95	0,92	0,90	0,86	0,83	0,80																		
Taza:	1,4	Persona media:	 $C_{D,A} = 9 \text{ ft}^2$ $C_{D,A} = 1,2 \text{ ft}^2$																					
	0,4	Pinos y abetos [24]:	<table border="1"> <tr> <td>U, m/s:</td> <td>10</td> <td>20</td> <td>30</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>C_D:</td> <td>$1,2 \pm 0,2$</td> <td>$1,0 \pm 0,2$</td> <td>$0,7 \pm 0,2$</td> <td>$0,5 \pm 0,2$</td> </tr> </table>	U , m/s:	10	20	30	40	C_D :	$1,2 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,2$											
U , m/s:	10	20	30	40																				
C_D :	$1,2 \pm 0,2$	$1,0 \pm 0,2$	$0,7 \pm 0,2$	$0,5 \pm 0,2$																				
Disco:	1,17	Camión con remolque:	 Sin deflector: 0,96; con deflector: 0,76																					
Paracaídas (Baja porosidad):	1,2																							
Tren aerodinámico (aprox. 5 vagones):	$C_{D,A} = 8,5 \text{ m}^2$																							
Bicicleta y ciclista:																								
Levantado: $C_{D,A} = 0,51 \text{ m}^2$; en carrera: $C_{D,A} = 0,30 \text{ m}^2$																								

Cuerpo	Relación de aspecto	C_D basado en el área frontal	Cuerpo	Relación de aspecto	C_D basado en el área frontal
Placa rectangular:	b/h		Cilindro con bases planas:	L/d	
	1	1,18		0,5	1,15
	5	1,2		1	0,90
	10	1,3		2	0,85
	20	1,5		4	0,87
	∞	2,0		8	0,99
Elipsoide:	L/d				
	0,75	Laminar	Turbulento		
	1	0,5	0,2	Esfera ascendiendo por flotabilidad [50],	$C_D = 0,95$
	2	0,47	0,2	$135 < Re_d < 1 \times 10^5$	
	4	0,27	0,13		
	8	0,25	0,1		
		0,2	0,08		