

# LABORATORIO DE FENÓMENOS COLECTIVOS

## LA VISCOSIDAD DE LOS LÍQUIDOS

CRUZ DE SAN PEDRO JULIO CÉSAR

### RESUMEN

La finalidad de esta práctica es la determinación de la viscosidad de diferentes sustancias (agua, aceite de oliva, glicerina y shampoo) mediante un experimento sencillo. Esta práctica se realizó con ciertas incertidumbres y el difícil manejo de los instrumentos, la precisión en las tomas de datos (como el tiempo), etc.

Se comprobará en base a la teoría y observaciones realizadas en el laboratorio de clases, la viscosidad de algunos líquidos.

## OBJETIVO

Medir la viscosidad de cuatro líquidos (agua, glicerina, aceite de oliva, shampoo) diferentes utilizando la Ley de Stokes.

## INTRODUCCIÓN

La Viscosidad es un parámetro de los fluidos que tiene importancia en sus diversas aplicaciones industriales, particularmente en el desempeño de los lubricantes usados en máquinas y mecanismos. La viscosidad de las sustancias puras varía de forma importante con la temperatura y en menor grado con la presión.

La facilidad con que un líquido se escurre es una pauta de su viscosidad.

Se define la viscosidad como la propiedad que tienen los fluidos de ofrecer resistencia al movimiento relativo de sus moléculas. También se suele definir la viscosidad como una propiedad de los fluidos que causa fricción, esto da origen a la pérdida de energía en el flujo fluido. La importancia de la fricción en las situaciones físicas depende del tipo de fluido y de la configuración física o patrón. Si la fricción es despreciable, se considera el flujo como ideal.

Viscosidad: Una propiedad física muy importante que caracteriza la resistencia al flujo de los fluidos es la viscosidad. Y se deriva como consecuencia del principio de Newton de la viscosidad. Este principio establece que para un flujo laminar y para ciertos fluidos llamamos Newtonianos, la tensión cortante es una entercara tangente a la dirección del flujo, es proporcional al gradiente de la velocidad en dirección anormal al flujo.

Operacionalmente se expresa, así:

$$\tau = -\mu (\partial v / \partial n)$$

Donde  $\mu$  se conoce con el nombre de coeficiente de viscosidad dinámica y tiene dimensiones ( $Ft/L^2$ ). En general la viscosidad de los fluidos incompresibles disminuye al aumentar la temperatura, mientras que, en los gases sucede lo contrario.

Ecuación de Stokes: El fluido alrededor de una esfera ha sido estudiado por Stokes. Su aplicación es de gran utilidad en la resolución de problemas tales como los del sedimento de partículas de polvo. Stokes encontró que el empuje (fuerza ejercida sobre la esfera por el flujo de un fluido alrededor de ella) vale:

$$\text{Empuje} = 6\pi r_{\text{esfera}} \mu v$$

Siendo:

$r_{\text{esfera}}$  = el radio de la esfera

$v$  = la velocidad de la esfera

Para encontrar la velocidad final de una esfera que cae en un fluido en reposo, debe tenerse en cuenta que:

$$\text{Fuerza de empuje hidrostático} + \text{fuerza de empuje} = \text{Peso}$$

Para el análisis de la viscosidad de algún líquido se estudian los movimientos de la 'pelota' en dichos fluidos haciendo uso del balance de fuerzas de la segunda Ley de Newton.

En este caso el cuerpo ha llegado a su velocidad terminal, no se encuentra acelerado:

$$\text{Fuerza de empuje hidrostático} + \text{Fuerza de empuje} - \text{Peso} = 0$$

Debido a que hay una 'fuerza viscosa' que se opone al empuje, tenemos que=

$$\text{Fuerza de empuje hidrostático} - \text{Fuerza de empuje} - \text{Peso} = 0$$

Matemáticamente lo expresamos así:

$$\Sigma F = E - F_{\text{viscosa}} + (-mg) = 0$$

Sean  $\rho_{\text{esfera}}$ ,  $\rho_{\text{líquido}}$  las densidades de la esfera y del fluido tenemos lo siguiente:

$$\left(\frac{4}{3}\right)\pi r^3 \rho_{\text{líquido}} g - \left(\frac{4}{3}\right)\pi r^3 \rho_{\text{esfera}} g + 6\pi r_{\text{esfera}} \mu v = 0$$

Despejando  $\mu$  obtenemos

$$= \frac{(2)(r^2)(g)(\rho_{\text{esfera}} - \rho_{\text{líquido}})}{(9)(v)}$$

donde:

$\mu$  = la viscosidad del líquido problema

$r$  = radio de la esfera

$g$  = gravedad

$\rho_{\text{esfera}}$  = densidad de la esfera

$\rho_{\text{líquido}}$  = densidad del líquido problema

$v$  = velocidad, que es igual a:  $h/t$ ,

donde

$t$  = tiempo de caída de la esfera en un marco de referencia

$h$  = longitud del tubo en el mismo marco de referencia

$$\mu = \frac{(2)(r^2)(g)(\rho_{\text{esfera}} - \rho_{\text{líquido}})}{(9)(h/t)} \quad \text{ecuación (*)}$$

Ecuación de Hange- Poiseuille: Si se aplican las leyes de Newton de la viscosidad al flujo de fluidos que circulan en régimen laminar, recorriendo conductos de sección circular y uniforme, se obtiene la ecuación de Hange- Poiseuille

$$Q = \frac{\pi(-\Delta p)R^4}{8\mu L}$$

donde:

$\Delta p$ = presión total del agua abajo

Q= Caudal volumétrico

R= radio del conducto

$\mu$ = viscosidad absoluta

L= longitud del conducto

En el caso de un tubo vertical la variación total en la presión únicamente se debe a la carga hidrostática, la ecuación anterior puede escribirse de la forma:

$$u = \frac{\pi g(\Delta h)R^4}{8QL}$$

en la que:

g= gravedad

$\Delta h$ = diferencia de carga hidrostática

u= viscosidad cinemática

En esta ecuación nos permite relacionar las viscosidades de dos fluidos, de la siguiente forma:

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

donde:

$\mu_1$ = viscosidad del líquido de referencia

$\mu_2$ = viscosidad del líquido problema

$\rho_1$ = densidad del líquido de referencia

$\rho_2$ = densidad del líquido problema

$t_1$ = tiempo de escurrimiento del líquido de referencia

$t_2$ = tiempo de escurrimiento del líquido problema

## MATERIAL

-Un tubo

- Cuatro diferentes sustancias (agua, glicerina, aceite de oliva, shampoo)

- Cronómetro

- Balanza (mínima escala 0.001g)

- Tres pelotas
- Vernier (m.e. 1/20mm)

## DESARROLLO

- Se miden los diámetros de las pelotas.
- Se toman los pesos de las pelotas
- Determinamos la densidad de las pelotas
- Determinamos la densidad de cada líquido
- Se marca un sistema de referencia al tubo
- Se llena con algún líquido
- Se coloca la pelota en la parte superior del tubo, se pone el cronómetro en la posición cero.
- Se suelta la pelota y ponemos el cronómetro en funcionamiento en el momento en el que la pelota pasa por las marcas puestas en nuestro marco de referencia.
- Se registra el tiempo y se repite este proceso con cada líquido y con cinco diferentes marcas.
- Se determina la viscosidad en base a los datos obtenidos mediante la ecuación 'Fuerza de empuje hidrostático+ fuerza de empuje= peso'

La siguiente figura muestra esquemáticamente el montaje de nuestro experimento.

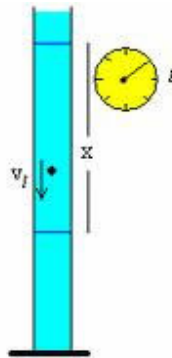


Figura 1

Pelota cayendo sobre un líquido, se toma el tiempo en dos distancias señaladas.

## RESULTADOS

Tabla 1 para las pelotas usadas en el agua			
Pelota	Diámetro (m)	Peso (kg)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	0.0374	0.02588	944.84
2	0.0373	0.02281	839.47
3	0.0374	0.02821	1030

Tabla 2 para las pelotas usadas en la glicerina			
Pelota	Diámetro (m)	Peso (kg)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	0.0395	0.06217	1926.62
2	0.0395	0.06217	1926.62
3	0.0378	0.06203	2193.50

Tabla 3 para las pelotas usadas en el aceite de oliva			
Pelota	Diámetro (m)	Peso (kg)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	0.0375	0.0307	1111.88
2	0.0395	0.0387	1199.30
3	0.0370	0.0273	1029.37

Tabla 4 para las pelotas usadas en el Shampoo			
Pelota	Diámetro (m)	Peso (kg)	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
1	0.0396	0.09589	2949.10
2	0.0399	0.10023	3075.48
3	0.0375	0.03872	1402.34

Nota: Se tomaron tres pelotas diferentes para cada líquido.

Tabla 5	
Líquido	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )
Agua	1000
Glicerina	1261
Aceite de oliva	918
Shampoo	1020

La densidad del Shampoo varea

Para poder calcular la viscosidad de cada líquido utilizamos la ecuación (\*)

Resultados obtenidos para el agua.

Pelota 1			
Posición	Distancia (m)	Tiempo (s)	Viscosidad (Pa*s)
1	0.10	0.81	0.340
2	0.20	0.96	0.202
3	0.30	1.13	0.158
4	0.40	1.52	0.159
5	0.50	1.91	0.160
Desviación estándar para la Viscosidad	0.078 (Pa*s)		

Pelota 2			
Posición	Distancia (m)	Tiempo (s)	Viscosidad (Pa*s)
1	0.10	0.34	0.413
2	0.20	0.46	0.280
3	0.30	0.91	0.369
4	0.40	1.30	0.340
5	0.50	1.71	0.360
Desviación estándar para la Viscosidad	0.048 (Pa*s)		

Pelota 3			
Posición	Distancia (m)	Tiempo (s)	Viscosidad (Pa*s)
1	0.10	1.46	0.333
2	0.20	2.54	0.292
3	0.30	4.70	0.360
4	0.40	5.40	0.308
5	0.50	7.00	0.320
Desviación estándar para la Viscosidad	0.026 (Pa*s)		

Resultados obtenidos para la glicerina

Pelota 1			
Posición	Distancia (m)	Tiempo (s)	Viscosidad (Pa*s)
1	0.10	1.01	5.711
2	0.20	2.41	6.813
3	0.30	3.32	6.260
4	0.40	4.41	6.234
5	0.50	5.69	6.435
Desviación estándar	0.398 (Pa*s)		

para la Viscosidad	
--------------------	--

Pelota 2			
Posición	Distancia (m)	Tiempo (s)	Viscosidad (Pa*s)
1	0.10	0.55	3.110
2	0.20	1.34	3.788
3	0.30	1.66	3.845
4	0.40	2.31	3.265
5	0.50	2.77	3.132
Desviación estándar para la Viscosidad	0.361 (Pa*s)		

Pelota 3			
Posición	Distancia (m)	Tiempo (s)	Viscosidad (Pa*s)
1	0.1	0.37	2.685
2	0.20	0.84	3.047
3	0.30	1.46	3.732
4	0.40	1.67	3.029
5	0.50	1.96	2.844
Desviación estándar para la Viscosidad	0.399 (Pa*s)		

Resultados obtenidos para el aceite de oliva

Pelota 1			
Posición	Distancia (m)	Tiempo (s)	Viscosidad (Pa*s)
1	0.10	0.59	0.876
2	0.20	0.88	0.653
3	0.30	1.20	0.593
4	0.40	1.86	0.690
5	0.50	2.30	0.682
Desviación estándar para la Viscosidad	0.106 (Pa*s)		

Pelota 2			
Posición	Distancia (m)	Tiempo (s)	Viscosidad (Pa*s)
1	0.10	0.43	1.028
2	0.20	0.80	0.956
3	0.30	1.21	0.964
4	0.40	1.45	0.866



5	0.50	1.70	0.812
Desviación estándar para la Viscosidad	0.085 (Pa*s)		

Pelota 3			
Posición	Distancia (m)	Tiempo (s)	Viscosidad (Pa*s)
1	0.10	1.12	0.930
2	0.20	2.23	0.926
3	0.30	3.35	0.927
4	0.40	4.80	0.996
5	0.50	6.20	1.029
Desviación estándar para la Viscosidad	0.047 (Pa*s)		

Resultados obtenidos para el Shampoo

Pelota 1			
Posición	Distancia (m)	Tiempo (s)	Viscosidad (Pa*s)
1	0.10	0.56	9.223
2	0.20	1.04	8.565
3	0.30	1.84	10.102
4	0.40	2.45	10.088
5	0.50	2.98	9.816
Desviación estándar para la Viscosidad	0.660 (Pa*s)		

Pelota 2			
Posición	Distancia (m)	Tiempo (s)	Viscosidad (Pa*s)
1	0.10	0.33	5.879
2	0.20	1.09	9.710
3	0.30	1.81	10.749
4	0.40	2.34	10.422
5	0.50	2.71	9.656
Desviación estándar para la Viscosidad	1.960 (Pa*s)		

Pelota 3			
Posición	Distancia (m)	Tiempo (s)	Viscosidad (Pa*s)
1	0.10	8.56	25.058
2	0.20	16.06	23.506
3	0.30	22.84	22.286

4	0.40	29.65	21.699
5	0.50	33.07	19.361
Desviación estándar para la Viscosidad	2.123 (Pa*s)		

Se desprecian en todas las tablas la incertidumbre ya que estamos manejando escalas grandes por conveniencia. El vernier y el cronometro tienen escalas demasiado pequeñas, pues no se aprecian al graficar, Son mínimas, las podemos despreciar.

## CONCLUSIÓN

Gran parte de los métodos experimentales de medida de la viscosidad, y que han servido como base para la construcción de los instrumentos de medida de viscosidad de uso industrial, están sustentados por las ecuaciones que expresan matemáticamente alguno de los principios de viscosidad anteriormente mencionados. Dada la naturaleza de esta práctica se empleó la sencilla técnica a la ley de Stokes. Esto nos obligó a realizar un análisis cuidadoso de la técnica que se empleó, lo que obviamente nos permitió apreciar objetivamente los problemas que surgen sobre viscosidad líquida y su repercusión en los resultados obtenidos.

Finalmente tenemos la siguiente tabla que muestra la viscosidad

Líquido	Viscosidad (Pa*s)
Agua	0.051
Glicerina	0.386
Aceite de Oliva	0.080
Shampoo	1.581

Para un experimento como este resulta adecuado utilizar como modelo aquel que se considera con una fuerza viscosa proporcional a la velocidad instantánea. Esto implica que satisface en este análisis la relación planteada entre el número de Reynolds y el modelo apropiado para la dependencia de dicha fuerza con la velocidad.

En estas condiciones es posible determinar también la viscosidad de fluidos a partir de la medición de la velocidad terminal de esferas que se dejan caer en dicho fluido. Esto constituye un método simple y accesible, ya que no requiere de instrumentos tan sofisticados.

Se obtuvo una gran concordancia entre los valores experimentales que resultaron al medir la viscosidad de cada líquido utilizando pelotas de diferentes diámetros e incluso diferentes materiales.

## BIBLIOGRAFÍA

F. Sears et al.

Física Universitaria, Vol. 1

Addison Wesley Longman. México 1999