

# Medida de Tensión Superficial Mediante una Jeringuilla y una Cámara de Alta Velocidad



**M. Boutinguiza, F. Lusquiños, R. Comesaña**

*Dpto. de Física Aplicada (Universidad de Vigo), E.T.S. Enxeñeiros Industriais, Lagoas Marcosende E-36310, Vigo, España.*

**E-mail:** mohamed@uvigo.es

(Recibido el 14 Junio 2011; aceptado el 28 de Agosto de 2011)

## Resumen

Muy a menudo se pueden observar insectos que pueden caminar sobre la superficie del agua y que no se hallan parcialmente sumergidos; este fenómeno no se puede explicar por la fuerza de empuje sino por la fuerza de tensión superficial, fenómeno que hace que las gotas de líquido tienden a adoptar la forma esférica. La tensión superficial de ciertos líquidos puede ser medida con bastante precisión con la ayuda de una simple jeringuilla (de salida circular) y una cámara de alta velocidad. El objetivo de este trabajo persigue contribuir a la correcta asimilación del fenómeno de tensión superficial, así como su medida mediante un método sencillo a partir de la gota pendiente de un capilar.

**Palabras clave:** Tensión superficial, gota, capilar.

## Abstract

It is well known that some insects show the ability to walk on the surface of water. This phenomenon can't be explained by the buoyancy force, but by the surface tension force; due to this force the liquid drops tend to be spherical. The surface tension of some liquids can be measured using a syringe (with circular tip) and high speed camera. The aim of the present work is to consolidate the concept of surface tension and to measure it by means of a pendant drop method.

**Keywords:** Surface tension, gout, capillary.

**PACS:** 01.40.E-, 47.85.Dh, 47.20.Dr

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

Las fuerzas de cohesión o de atracción que existen entre las moléculas de un líquido, son de diferente magnitud y disminuyen rápidamente con la distancia dependiendo de la zona del líquido en cuestión. Las moléculas en seno del líquido están lo suficientemente cercanas unas de otras para que el efecto de las fuerzas de atracción sea considerable, pero tienden a equilibrarse debido a que están rodeadas de otras moléculas. Pero las moléculas de la superficie no están rodeadas completamente por otras moléculas del líquido y por lo tanto están sometidas a una fuerza neta hacia el seno del líquido. Así la superficie del líquido está sometida a fuerzas tangenciales a la superficie y hacia el seno del mismo. Dicha fuerza neta será más baja cuanto más pequeña sea la superficie. La superficie del líquido tiende a contraerse bajo la acción de esta fuerza [1, 2]. La tensión superficial es responsable además de la resistencia que ofrecen los líquidos ante la penetración de su superficie, del ascenso de líquidos en los tubos capilares, de la flotación de objetos en la superficie de líquidos, etc.

La fuerza de tensión superficial se puede definir como la fuerza que actúa tangente a la superficie del líquido en

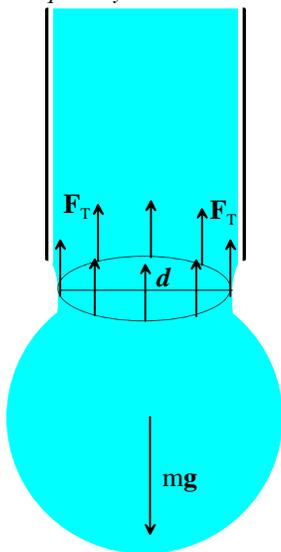
cada punto producto de las fuerzas de cohesión moleculares:

$$F_T = \sigma l, \quad (1)$$

donde  $l$  es la longitud de la capa superficial sobre la cual actúa la fuerza y  $\sigma$  es la tensión superficial del líquido. Este fenómeno se puede analizar también desde el punto de vista de la energía, ya que para incrementar la superficie del líquido en una cantidad infinitesimal  $\Delta S$  es necesario realizar un trabajo  $\Delta U$  contra las fuerzas de tensión superficial, de esta manera el coeficiente de tensión superficial  $\sigma$ , teniendo en cuenta la ecuación 1 se puede definir como:

$$\sigma = \frac{\Delta U}{\Delta S} = \frac{F \Delta x}{l \Delta x} = \frac{F}{L}, \quad (2)$$

La tensión superficial es la responsable de que gotas suspendidas de un líquido adquieran forma esférica. Para una gota de masa  $m$  que pende de un capilar (Fig. 1), la fuerza de tensión superficial actúa sobre la longitud  $l$  que tiende a encoger la gota equilibra la fuerza de gravedad que tiende a deformarla.



**FIGURA 1.** Esquema de una gota que cuelga de un capilar que está en condición de equilibrio debido a la acción de la resultante de la fuerza de tensión superficial y del peso de la gota.

$$F_T = m g, \quad \pi d \sigma = m g. \quad (3)$$

Donde  $d$  es el diámetro de la circunferencia donde se rompe la gota, ligeramente por debajo de tubo capilar. La Ec. 3 permite por tanto obtener la tensión superficial de manera experimental, según la siguiente expresión si se puede medir con cierta precisión la masa de la gota y el diámetro  $d$ :

$$\sigma = \frac{m g}{\pi d}. \quad (4)$$

## II. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para facilitar la medición del diámetro  $d$  se utiliza una jeringuilla de salida circular llena del líquido a estudiar; se coloca en posición vertical para obtener imágenes. Se procede a grabar el proceso de descuelgue de la gota con la ayuda de una cámara de alta velocidad, para de esta manera poder estimar el diámetro  $d$  (ver Fig. 2). La medición del diámetro  $d$  se lleva a cabo con un programa informático gratuito (tipo Image Tool) con la ayuda de un patrón (diámetro exterior de la jeringuilla medido con micrómetro) para calibrar las medidas en el programa. El proceso se repite varias veces para minimizar el error. A continuación se depositan  $N$  gotas en un recipiente (vaso de precipitados) para determinar su masa en una balanza de precisión. La tensión superficial del líquido problema se determina de acuerdo con la expresión:

$$\sigma = \frac{Mg}{N\pi d}. \quad (5)$$

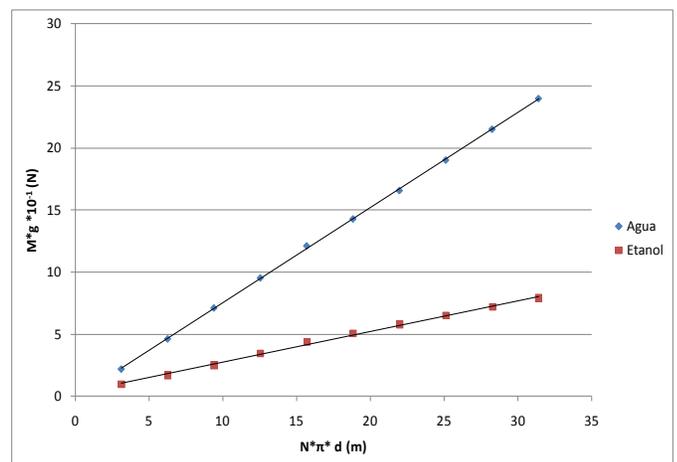


**FIGURA 2.** Imágenes captadas con cámara de alta velocidad del proceso de descuelgue de una gota de la jeringuilla, a) Gota de agua, b) Gota de etanol.

donde  $M$  es la masa total de las  $N$  gotas. Representando el peso de las gotas frente  $N\pi d$  en una gráfica se obtiene una recta cuya pendiente característica de cada líquido es precisamente la tensión superficial del mismo, como se puede apreciar a modo de ejemplo en la Fig. 3, donde las gráficas correspondientes al agua al etanol arrojaron resultados de tensión superficial de  $0.076N/m$  y  $0.024N/m$  respectivamente.

El procedimiento experimental es bastante sencillo y rápido, lo que brinda la posibilidad de extender el estudio a distintos líquidos cuya tensión superficial permite grabar adecuadamente el proceso de desprendimiento de la gota [3, 4], así como para demostrar la variación de la tensión superficial en función de la temperatura.

La actividad propuesta está orientada a apoyar los contenidos teóricos que se imparten en los cursos introductorios de física en la universidad, además de implicar a los estudiantes en su propia formación mediante la experimentación y la indagación en los fenómenos físicos de importancia científica.



**FIGURA 3.** Las pendientes de las rectas de agua y etanol representan sus respectivas tensiones superficiales de acuerdo con la Ec. 5.

### III. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha podido determinar la tensión superficial del agua y el etanol mediante el método de la gota pendiente de un capilar, haciendo uso de una jeringuilla y una cámara de alta velocidad. El trabajo propuesto supone una actividad sencilla y de bajo coste que implica a los estudiantes en la experimentación directa y en el método científico. Permite profundizar en la comprensión del concepto de tensión superficial, así como comparar sus valores en distintos líquidos.

### REFERENCIAS

- [1] Resnick, R., Halliday, D., Krane, K., *Física*, 4ª Ed. Vol. 1 (Compañía Editorial Continental, México, 2001).
- [2] Freedman, Y. y Zemansky, S., *Física universitaria*, 12ª Ed. Vol. 1 (Editorial Pearson Education, México, 2009).
- [3] Thompson, F., *Measuring surface tension with single-drop dispenser equipment*, *Physics Education* **42**, 22-23 (2007).
- [4] Kato, K., Iyota, H., Inoue, T. y Tsujino, T., *Volume of a liquid drop detaching from a sphere*, *Heat Transfer-Asian Research* **39**, 396-409 (2010).