



**Laboratorio de Fenómenos Colectivos.
Semestre 2020-1.
Facultad de Ciencias.**

**Dr. Martín Romero Martínez.
Fis. José Abarca Munguía.**

**Práctica 4
Tensión superficial.**

**J. Gallegos.
T. Basile.
R. Rangel.
I. Santiago.**

Grupo: 8144.

Universidad Nacional Autónoma de México.

Fecha de elaboración: 2 y 4 de septiembre, 2019.

Fecha de entrega: 11 de septiembre, 2019.

Resumen:

Para este proyecto, con ayuda de un dinamómetro, calculamos la tensión superficial de cuatro líquidos (agua, glicerina, alcohol y aceite) con tres distintos anillos de metal para comparar los resultados obtenidos entre ellos, así como con los valores teóricos. De igual manera, medimos el efecto que tiene sobre la tensión superficial, el ir agregando gotas de jabón líquido al agua.

I. Introducción

Marco Teórico

La tensión superficial es la encargada de que la superficie de un líquido se comporte como una membrana, y es por esto que podemos observar insectos caminar sobre el agua o saber por qué las gotas de lluvia en caída libre son esféricas.[1]



Imagen 1. Insecto caminando sobre el agua

Las moléculas de un líquido se atraen mutuamente. Aunque en total las moléculas son eléctricamente neutras, suele haber una pequeña asimetría de carga que da origen a fuerzas de atracción electromagnética entre ellas, llamadas fuerzas de van der Waals. La fuerza de atracción entre moléculas semejantes que actúan para mantenerse unido un líquido recibe el nombre de cohesión. La fuerza de atracción entre moléculas distintas, por ejemplo, entre las de agua y las de vidrio, se conoce como adhesión.[4]

Dentro de un líquido, cualquier molécula está rodeada totalmente por otras moléculas, y la fuerza neta es cero. Sin embargo, no hay fuerza de atracción que actúen desde arriba sobre las moléculas que están en la superficie del líquido. El resultado es que sobre las moléculas de la capa superficial actúa una fuerza neta, debida a la atracción de moléculas vecinas que están justo abajo de la superficie. Esta “tracción” hacia adentro sobre las moléculas superficiales hace que la superficie del líquido se contraiga y se resista a estirarse o romperse.[2]

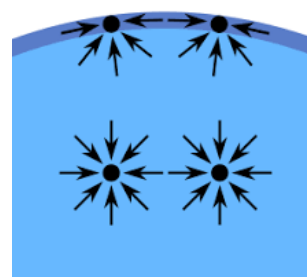


Imagen 2: Moléculas al haber tensión superficial

La tensión superficial S se define también como la fuerza superficial F por unidad de longitud L sobre la cual actúa, es decir:

$$S = \frac{F}{L} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Si colocamos un objeto sobre la superficie de un líquido, su peso crea una pequeña depresión en la superficie del líquido, estirándola. Pero entonces la superficie estirada ejerce una fuerza de restitución proporcional a la tensión superficial que puede mantener al objeto flotando sobre la superficie. Este efecto es la razón por la que es posible que un clip o una aguja que sea más denso que el agua pueda flotar o que ciertos insectos puedan “caminar” sobre el agua sin hundirse.

Es posible determinar valores de la tensión superficial midiendo la fuerza necesaria para levantar el objeto (aguja, clip, anillo, etc.) y sacarlo del líquido. La fuerza que se necesita es proporcional a L , la longitud del objeto. La película tiene dos superficies, una interior y otra exterior del objeto.[4] Por consiguiente, en el caso de un anillo, L se traduce como $2\pi d$ debido a las dos capas superficiales de longitud πd cada una, donde d es el diámetro. Así que nuestra ecuación queda como:

$$S = \frac{F}{2\pi d} \quad \text{Ecuación (2)}$$

Para calcular la incertidumbre de la tensión superficial se va a utilizar la ecuación de la división.

$$\delta r = \frac{x_1(\delta x_2) + x_2(\delta x_1)}{(x_2)^2} \text{ Ecuación 3}$$

Donde x_1 =fuerza, x_2 =longitud. Entonces

$$\delta r = \frac{F(\delta l) + l(\delta F)}{(d)^2 2\pi} \text{ Ecuación 3.1}$$

Líquido	Tensión superficial [N/m]
Agua	0.072
Aceite	0.033
Glicerina	0.0634
Alcohol etílico	0.0228

Tabla 1. Valores de la tensión superficial de algunos líquidos.

Como se puede ver, la tensión superficial depende de las características particulares del líquido. Como ya se mencionó, la tensión superficial está estrechamente relacionada con la fuerza entre las moléculas del líquido, mientras mayor sea la fuerza intermolecular, mayor es la tensión superficial.

Otro efecto en la tensión superficial es el que tienen los líquidos como el jabón, que son llamados surfactantes. Éstas son sustancias que cuentan con una parte hidrofílica y una hidrofóbica. La parte hidrofóbica se aleja de las moléculas del agua por lo que se dirigen a su superficie. Entonces las moléculas del surfactante se alinean en la superficie del agua (con la parte hidrofóbica saliendo del agua). Esto causa que se absorban los surfactantes en la superficie del agua. Pero las fuerzas de atracción entre las moléculas del surfactante son mucho menores a la fuerza entre puras moléculas de agua, por lo que la tensión superficial disminuye. [3]

• Medición de la Tensión superficial

Existen varias formas de medir la tensión superficial con diferentes métodos y procedimientos. Para esta práctica nos interesa en particular el método del Anillo de Du Nouy. En este método se coloca un anillo (generalmente de aluminio) sobre la superficie del líquido de tal forma que quede flotando debido a la tensión superficial, luego se jala hacia arriba el anillo y se mide la fuerza que hay que ejercer sobre este para que rompa la tensión superficial. Esta fuerza se sustituye en la ecuación 2 y la longitud sobre la que actúa la tensión superficial es el perímetro del anillo.

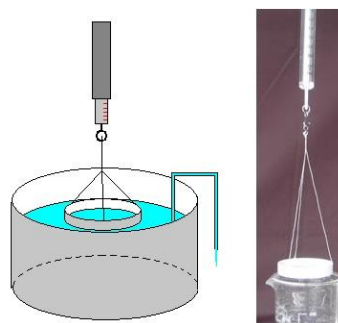


Imagen 3: Montaje experimental anillo de Du Nouy.

Objetivos

Nuestro objetivo en general es encontrar los valores de la tensión superficial a través del método de Du Nouy, midiendo la fuerza que se requiere para romper el contacto de los tres anillos con los distintos fluidos y sustituyendo en la **Ecuación 2**.

De la misma manera, calcular la tensión superficial del agua disolviendo pequeñas cantidades de jabón en ella y ver lo que ocurre al ir aumentando la concentración de éste.

Nuestro objetivo en particular es comparar los valores obtenidos experimentalmente con los

valores teóricos que investigamos anteriormente (**Tabla 1.**) para encontrar el error que tiene el utilizar este método, así como ver qué tanto distan unos resultados de otros al tener un cambio en la longitud del anillo de metal.

Finalmente, encontrar una relación entre el cambio producido por el jabón líquido y su tensión superficial correspondiente.



Imagen 4: Montaje experimental.

II. DESARROLLO EXPERIMENTAL

Material

- 3 anillos de metal de distintas longitudes
- Soporte universal (Tamaño pequeño)
- Pinza 3 dedos
- Nuez
- Mesa elevadora (Marca Uchida)
- Vernier (1/20 mm)
- Dinamómetro (Marca Pasco)
- Caja Petri (Marca Kimax)
- Líquidos (agua, aceite, glicerina, alcohol etílico y jabón líquido)
- Gotero

Montaje experimental.

1. Colocar el soporte universal sobre la mesa e introducir la nuez por encima para poder acomodar la pinza de tres dedos de forma perpendicular al soporte.
2. Colgar el dinamómetro en la pinza de tres dedos utilizando el gancho del mismo. De la parte inferior del dinamómetro, colgar uno de los anillos de forma que quede totalmente derecho y equilibrado.
3. Por debajo del anillo, poner la mesa elevadora de tal forma que quepa la caja Petri sin chocar con el anillo.

Procedimiento 1 (agua, aceite, glicerina., alcohol)

1. Verter uno de los cuatro líquidos dentro de la caja Petri.
2. Al estar ya derecho el anillo, ir subiendo la mesa elevadora de poco en poco hasta lograr que el anillo esté sobre el líquido formando una pequeña capa (tensión superficial) entre ellos.

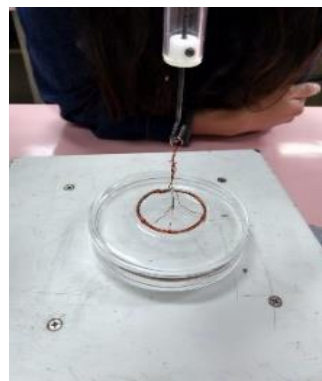


Imagen 5: Anillo 2 en tensión superficial aceite.

3. Ir bajando lentamente la mesa para notar cómo aumenta la fuerza necesaria para romper la tensión superficial en el dinamómetro.
4. Justo al momento en que se rompa la tensión, anotar la fuerza que se necesitó.

- Hacer esta medición cinco veces con cada líquido con los tres anillos, realizar un promedio de las cinco fuerzas de cada uno y calcular la tensión superficial sustituyendo el promedio de la fuerza dentro de la **Ecuación 2**.

Procedimiento 2 (agua con jabón)

- Verter agua en la caja Petri y ver la fuerza que se necesita para romper la tensión superficial de la misma manera que en el **Procedimiento 1**.
- Agregar con el gotero una gota de jabón líquido en el agua y mezclar hasta que se haya disuelto totalmente. Calcular la fuerza necesaria.
- Repetir el procedimiento hasta que la tensión superficial disminuya tanto, que ya no sea posible sostener el anillo.

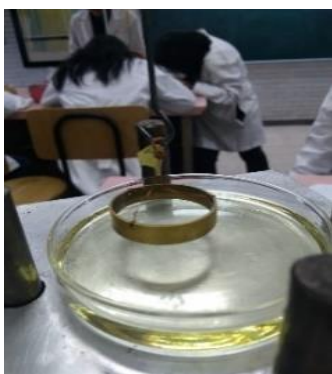


Imagen 6: Anillo 1 tensión superficial agua con jabón.

- Hacerlo para los tres anillos y hacer gráficas que describan esta relación.

III. RESULTADOS

Procedimiento 1

A partir del modelo de Du Nouy, medimos las fuerzas necesarias para que se rompieran las tensiones superficiales. Hicimos cinco medidas de cada líquido, de las cuales obtuvimos un promedio con su incertidumbre. Las incertidumbres las calculamos con la **Ecuación 3.1**

➤ ANILLO 1

El diámetro del primer anillo fue de $0.0425 \text{ m} \pm 0.00005 \text{ m}$

A partir de las medidas del agua (**Tabla 1 del apéndice**), del aceite (**Tabla 2 del apéndice**), de la glicerina (**Tabla 3 del apéndice**) y del alcohol (**Tabla 4 del apéndice**), utilizamos los promedios para calcular la tensión superficial.

$$s(ag) = \frac{F}{2\pi d} = \frac{0.02}{2\pi(0.0425 \text{ m})} = 0.0748$$

$$s(ac) = \frac{F}{2\pi d} = \frac{0.01}{2\pi(0.0425 \text{ m})} = 0.0374$$

$$s(gl) = \frac{F}{2\pi d} = \frac{0.018}{2\pi(0.0425 \text{ m})} = 0.0674$$

$$s(al) = \frac{F}{2\pi d} = \frac{0.005}{2\pi(0.0425 \text{ m})} = 0.0187$$

LÍQUIDO	PROMEDIO FUERZA [N]	TENSIÓN SUPERFICIAL [N/m]
Agua	0.02 ± 0.0025	0.0748 ± 0.00945
Aceite	0.01 ± 0.0025	0.0374 ± 0.00944
Glicerina	0.018 ± 0.0025	0.0674 ± 0.00938
Alcohol	0.005 ± 0.0025	0.0187 ± 0.0094

Tabla 5. Promedio fuerzas y tensión superficial, Anillo 1.

Ahora comparamos nuestros resultados obtenidos con los valores teóricos (**Tabla 1**)

$$y = (-0.0162 \pm 0.0014)x + (0.073 \pm 0.0034)$$

LÍQUIDO	TENSIÓN SUPERFICIAL [N/m]	VALOR TEÓRICO TENSIÓN SUP. [N/m]	Donde “x” representa la cantidad de jabón en el agua y “y” la tensión superficial medida.
Agua	0.0748 ± 0.00945	0.072	➤ ANILLO 2
Aceite	0.0374 ± 0.00944	0.033	
Glicerina	0.0674 ± 0.00938	0.0634	
Alcohol	0.0187 ± 0.0094	0.0228	

Procedimiento 1

Tabla 6. Comparación valores obtenidos y teóricos tensión superficial, Anillo 1.

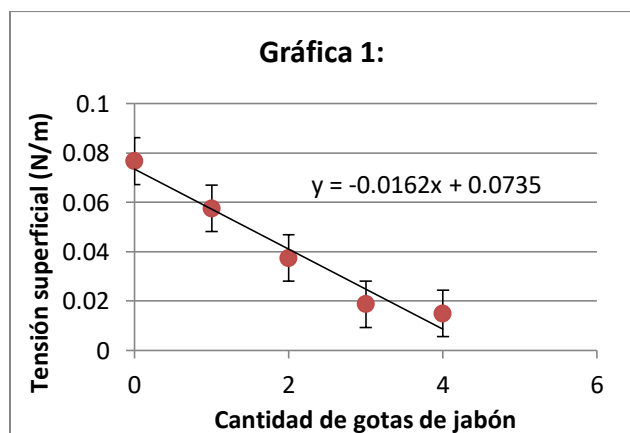
Procedimiento 2

Al ir agregando las gotas de jabón en el agua, encontramos la siguiente tabla:

CANTIDAD DE GOTAS DE JABÓN	TENSIÓN SUPERFICIAL (N/m)
0	0.0767 ± 0.00945
1	0.0575 ± 0.00942
2	0.0374 ± 0.0094
3	0.0187 ± 0.00938
4	0.0149 ± 0.00937

Tabla 7. Tensión superficial con gotas de jabón, Anillo 1.

A partir de ésta, graficamos el cambio de la tensión superficial al ir aumentando las gotas de jabón:



Gráfica 1. Núm. de gotas de jabón y tensión sup. Anillo 1.

Al ver la gráfica, podemos notar que se sigue un comportamiento lineal dado por la ecuación encontrada por el método de mínimos cuadrados:

El diámetro del segundo anillo fue de $0.0415 \text{ m} \pm 0.00005 \text{ m}$

A partir de las medidas del agua (**Tabla 8 del apéndice**), del aceite (**Tabla 9 del apéndice**), de la glicerina (**Tabla 10 del apéndice**) y del alcohol (**Tabla 11 del apéndice**), utilizamos los promedios para calcular la tensión superficial.

$$s(ag) = \frac{F}{2\pi d} = \frac{0.019}{2\pi(0.0425 \text{ m})} = 0.072$$

$$s(ac) = \frac{F}{2\pi d} = \frac{0.009}{2\pi(0.0425 \text{ m})} = 0.0345$$

$$s(gl) = \frac{F}{2\pi d} = \frac{0.016}{2\pi(0.0425 \text{ m})} = 0.0613$$

$$s(al) = \frac{F}{2\pi d} = \frac{0.007}{2\pi(0.0425 \text{ m})} = 0.0268$$

LÍQUIDO	PROMEDIO FUERZA [N]	TENSIÓN SUPERFICIAL [N/m]
Agua	0.019 ± 0.0025	0.072 ± 0.00967
Aceite	0.009 ± 0.0025	0.0345 ± 0.00962
Glicerina	0.016 ± 0.0025	0.0613 ± 0.00966
Alcohol	0.007 ± 0.0025	0.0268 ± 0.00961

Tabla 12. Promedio fuerzas y tensión superficial Anillo 2.

Ahora comparamos nuestros resultados obtenidos con los valores teóricos (**Tabla 1**)

LÍQUIDO	TENSIÓN SUPERFICIAL [N/m]	VALOR TEÓRICO TENSIÓN SUP. [N/m]
Agua	0.072 ± 0.00967	0.072
Aceite	0.0345 ± 0.00962	0.033
Glicerina	0.0613 ± 0.00966	0.0634
Alcohol	0.0268 ± 0.00961	0.0228

Tabla 13. Comparación valores obtenidos y teóricos tensión superficial, Anillo 2.

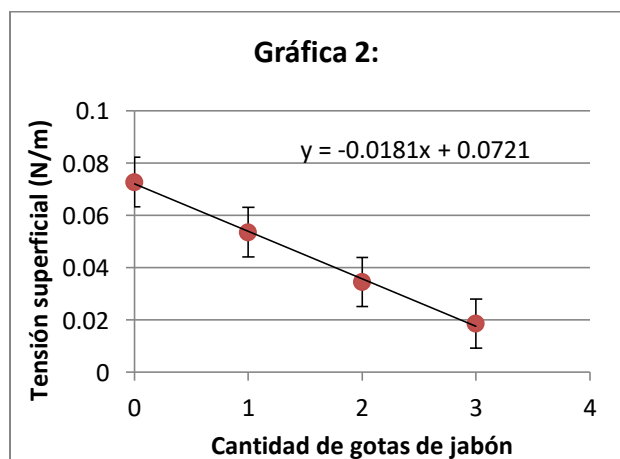
Procedimiento 2

Al agregar las gotas de jabón al agua, encontramos la siguiente tabla:

CANTIDAD DE GOTAS DE JABÓN	TENSIÓN SUPERFICIAL (N/m)
0	0.0728 ± 0.00967
1	0.0536 ± 0.00965
2	0.0345 ± 0.00962
3	0.0187 ± 0.00961

Tabla 14. Tensión superficial con gotas de jabón, Anillo 2.

Basándonos en la tabla pasada, graficamos el cambio de la tensión superficial al ir aumentando las gotas de jabón:



Gráfica 2. Núm. de gotas de jabón y tensión sup. Anillo 2.

En la gráfica podemos ver que se sigue un comportamiento lineal dado por la ecuación encontrada por el método de mínimos cuadrados:

$$y = (-0.0181 \pm 0.0022)x + (0.072 \pm 0.00412)$$

En donde “x” representa la cantidad de jabón en el agua y “y” la tensión superficial medida.

➤ ANILLO 3

Procedimiento 1

El diámetro del primer anillo fue de $0.0584 \text{ m} \pm 0.00005 \text{ m}$

A partir de las medidas del agua (**Tabla 15 del apéndice**), del aceite (**Tabla 16 del apéndice**), de la glicerina (**Tabla 17 del apéndice**) y del alcohol (**Tabla 18 del apéndice**), utilizamos los promedios para calcular la tensión superficial.

$$s(ag) = \frac{F}{2\pi d} = \frac{0.026}{2\pi(0.0425 \text{ m})} = 0.0708$$

$$s(ac) = \frac{F}{2\pi d} = \frac{0.013}{2\pi(0.0425 \text{ m})} = 0.035$$

$$s(gl) = \frac{F}{2\pi d} = \frac{0.024}{2\pi(0.0425 \text{ m})} = 0.0652$$

$$s(al) = \frac{F}{2\pi d} = \frac{0.008}{2\pi(0.0425 \text{ m})} = 0.0218$$

LÍQUIDO	PROMEDIO FUERZA [N]	TENSIÓN SUPERFICIAL [N/m]
Agua	0.26 ± 0.0025	0.0708 ± 0.00686
Aceite	0.013 ± 0.0025	0.035 ± 0.00685
Glicerina	0.024 ± 0.0025	0.0652 ± 0.00684
Alcohol	0.008 ± 0.0025	0.0218 ± 0.00683

Tabla 19. Promedio fuerzas y tensión superficial Anillo 3.

Ahora comparamos nuestros resultados obtenidos con los valores teóricos (**Tabla 1**)

LÍQUIDO	TENSIÓN SUPERFICIAL [N/m]	VALOR TEÓRICO TENSIÓN SUP. [N/m]	Donde “x” representa la cantidad de jabón en el agua y “y” la tensión superficial medida.
Agua	0.065 ± 0.00686	0.072	
Aceite	0.035 ± 0.00685	0.033	
Glicerina	0.0652 ± 0.00684	0.0634	IV. OBSERVACIONES
Alcohol	0.0218 ± 0.00683	0.0228	

Tabla 20. Comparación valores obtenidos y teóricos tensión superficial, Anillo 3.

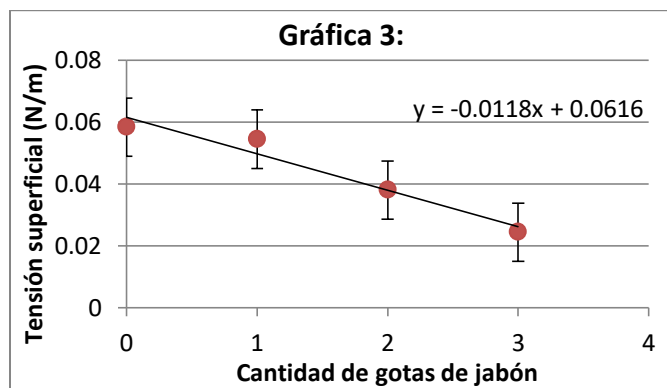
Procedimiento 2

Al ir agregando las gotas de jabón en el agua, encontramos la siguiente tabla:

CANTIDAD DE GOTAS DE JABÓN	TENSIÓN SUPERFICIAL (N/m)
0	0.0584 ± 0.00686
1	0.0545 ± 0.00685
2	0.0381 ± 0.00684
3	0.0245 ± 0.00683
4	-

Tabla 21. Tensión superficial con gotas de jabón, Anillo 3.

Gracias a ésta, pudimos graficar el cambio de la tensión superficial al ir aumentando las gotas de jabón:



Gráfica 3. Núm. de gotas de jabón y tensión sup. Anillo 3

Cuando vemos la gráfica, notamos que se sigue un comportamiento lineal dado por la ecuación encontrada por el método de mínimos cuadrados:

$$y = (-0.0118 \pm 0.0205)x + (0.061 \pm 0.0384)$$

A lo largo de la elaboración de la práctica pudimos notar varias características que impidieron obtener con más exactitud los datos.

En cuanto al dinamómetro, la escala con la que medimos las fuerzas necesarias para romper la tensión superficial (0.005 N) no es tan pequeña como quisiéramos ya que con ésta, es muy difícil encontrar la fuerza exacta. Por lo dicho anteriormente, decidimos hacer un promedio de todas las fuerzas y utilizar este promedio para la ecuación de tensión superficial, en vez de hacerlo para cada valor de la fuerza.

Otra observación que tuvimos fue que los anillos deben de estar derechos al momento de ponerlos sobre los líquidos, de no ser así, la tensión superficial no se logra en su totalidad, ya que el anillo está de unos puntos hundido y de otros sobresale.

Pudimos observar que unos líquidos (alcohol y aceite) fueron más difíciles de medir debido a que al ser menor su tensión superficial, los anillos no lograban sostenerse con tanta facilidad como con los otros líquidos con mayor tensión superficial (agua y glicerina).

V. CONCLUSIÓN

Al comparar los resultados obtenidos con los teóricos encontramos cuál fue el error porcentual de nuestras medidas:

➤ ANILLO 1

Agua

Medida obtenida: 0.0748 ± 0.0094 N/m

Medida teórica: 0.072 N/m

$$\text{Error: } \frac{|0.072 - 0.0748|}{0.072} * 100 = 3.8\%$$

Aceite

Medida obtenida: 0.0374 ± 0.0094 N/m

Medida teórica: 0.033 N/m

$$\text{Error: } \frac{|0.033 - 0.0374|}{0.033} * 100 = 13.1\%$$

Glicerina

Medida obtenida: 0.0674 ± 0.0094 N/m

Medida teórica: 0.0634 N/m

$$\text{Error: } \frac{|0.0634 - 0.0674|}{0.0634} * 100 = 6.3\%$$

Alcohol

Medida obtenida: 0.0187 ± 0.0093 N/m

Medida teórica: 0.0228 N/m

$$\text{Error: } \frac{|0.0228 - 0.0187|}{0.0228} * 100 = 17.9\%$$

➤ ANILLO 2

Agua

Medida obtenida: 0.0725 ± 0.0096 N/m

Medida teórica: 0.072 N/m

$$\text{Error: } \frac{|0.072 - 0.0725|}{0.072} * 100 = 0.69\%$$

Aceite

Medida obtenida: 0.0345 ± 0.0095 N/m

Medida teórica: 0.033 N/m

$$\text{Error: } \frac{|0.033 - 0.0345|}{0.033} * 100 = 4.5\%$$

Glicerina

Medida obtenida: 0.0613 ± 0.0097 N/m

Medida teórica: 0.0634 N/m

$$\text{Error: } \frac{|0.0634 - 0.0613|}{0.0634} * 100 = 3.31\%$$

Alcohol

Medida obtenida: 0.0268 ± 0.0095 N/m

Medida teórica: 0.0228 N/m

$$\text{Error: } \frac{|0.0228 - 0.0268|}{0.0228} * 100 = 17.5\%$$

➤ ANILLO 3

Agua

Medida obtenida: 0.0708 ± 0.0069 N/m

Medida teórica: 0.072 N/m

$$\text{Error: } \frac{|0.072 - 0.0708|}{0.072} * 100 = 1.66\%$$

Aceite

Medida obtenida: 0.035 ± 0.0068 N/m

Medida teórica: 0.033 N/m

$$\text{Error: } \frac{|0.033 - 0.035|}{0.033} * 100 = 6.1\%$$

Glicerina

Medida obtenida: 0.0652 ± 0.0069 N/m

Medida teórica: 0.0634 N/m

$$\text{Error: } \frac{|0.0634 - 0.0652|}{0.0634} * 100 = 2.9\%$$

Alcohol

Medida obtenida: 0.0218 ± 0.0067 N/m

Medida teórica: 0.0228 N/m

$$\text{Error: } \frac{|0.0228 - 0.0218|}{0.0228} * 100 = 4.4\%$$

Encontramos que el anillo 3 es el que estuvo más cercano a los valores teóricos, esto por ser el de mayor longitud. Por la **ecuación 2** sabemos que a mayor longitud, la fuerza será mayor y por lo mencionado en las observaciones acerca de la escala del

dinamómetro, mientras más grande sea la fuerza, ésta se puede medir con mayor exactitud en el dinamómetro.

Con respecto al jabón, viendo las gráficas observamos que a medida que aumentamos la cantidad de jabón, la tensión superficial disminuye, como dice el marco teórico sobre el efecto de surfactantes sobre la tensión, además encontramos que este comportamiento sigue una relación lineal.

VI. BIBLIOGRAFÍA

[1] Sears, Zemansky, Física universitaria Vol. 1, Addison-Wesley, México 2009.

[2] Buffa Anthony. et al., FÍSICA, Pearson Educación, México 2007.

[3] Resnick R., Física Vol. 1, Compañía Editorial Continental, México 1999.

[4] Jones Edwin, Childers Richard, FÍSICA Contemporánea Tercera Edición, McGraw Hill, México 2001.

Apéndice

ANILLO 1

AGUA 1	Fuerza [N] (± 0.0025 N)
	0.02
	0.025
	0.02
	0.015
	0.02
Promedio	0.02

Tabla 1. Medidas fuerzas, agua, anillo 1.

ACEITE 1	Fuerza [N] (± 0.0025 N)
	0.01
	0.01
	0.01
	0.01
	0.01
Promedio	0.01

Tabla 2. Medidas fuerzas, aceite, anillo 1.

GLICERINA 1	Fuerza [N] (± 0.0025 N)
	0.02
	0.015
	0.015
	0.02
	0.02
Promedio	0.018

Tabla 3. Medidas fuerzas, glicerina, anillo 1.

ALCOHOL 1	Fuerza [N] (± 0.0025 N)
	0.005
	0.005
	0.005
	0.005
	0.005
Promedio	0.005

Tabla 4. Medidas fuerzas, alcohol, anillo 1.

ANILLO 2

AGUA 2	Fuerza [N] (± 0.0025 N)
	0.015
	0.02
	0.02
	0.02
	0.02
Promedio	0.019

Tabla 8. Medidas fuerzas, agua, anillo 2.

ACEITE 2	Fuerza [N] (± 0.0025 N)
	0.01
	0.01
	0.01
	0.01
	0.005
Promedio	0.009

Tabla 9. Medidas fuerzas, aceite, anillo 2.

GLICERINA 2	Fuerza [N] (± 0.0025 N)
	0.015
	0.015
	0.015
	0.02
	0.015
Promedio	0.016

Tabla 10. Medidas fuerzas, glicerina, anillo 2.

ALCOHOL 2	Fuerza [N] (± 0.0025 N)
	0.005
	0.005
	0.01
	0.005
	0.01
Promedio	0.007

Tabla 11. Medidas fuerzas, alcohol, anillo 2.

ANILLO 3

AGUA 3	Fuerza [N] (± 0.0025 N)
	0.025
	0.03
	0.025
	0.025
	0.025
Promedio	0.026

Tabla 15. Medidas fuerzas, agua, anillo 3.

ACEITE 3	Fuerza [N] (± 0.0025 N)
	0.01
	0.015
	0.01
	0.015
	0.015
Promedio	0.013

Tabla 16. Medidas fuerzas, aceite, anillo 3.

GLICERINA 3	Fuerza [N] (± 0.0025 N)
	0.025
	0.025
	0.025
	0.02
	0.025
Promedio	0.024

Tabla 17. Medidas fuerzas, glicerina, anillo 3.

ALCOHOL 3	Fuerza [N] (± 0.0025 N)
	0.01
	0.01
	0.005
	0.01
	0.005
Promedio	0.008

Tabla 18. Medidas fuerzas, alcohol, anillo 3.