

# ***TENSIÓN SUPERFICIAL***

## ***I. OBJETIVOS***

- Determinar el valor de la tensión superficial de una sustancia, por el método del tubo capilar.
- Analizar el efecto de la temperatura sobre la tensión superficial.
- Analizar el efecto de la concentración del soluto sobre la tensión superficial.

## ***II. INTRODUCCIÓN.***

Las fuerzas de atracción y de repulsión intermoleculares afectan a propiedades de la materia como el punto de ebullición, de fusión, el calor de vaporización y la tensión superficial.

Dentro de un líquido, alrededor de una molécula actúan atracciones simétricas pero en la superficie, una molécula se encuentra sólo parcialmente rodeada por moléculas y en consecuencia es atraída hacia adentro del líquido por las moléculas de la superficie hacia el interior del líquido (tensión superficial), y al hacerlo el líquido se comporta como si estuviera rodeado por una membrana invisible.

La tensión superficial es responsable de la resistencia que un líquido presenta a la penetración de su superficie, de la tendencia a la forma esférica de las gotas de un líquido, del ascenso de los líquidos en los tubos capilares y de la flotación de objetos u organismos en la superficie de los líquidos.

Termodinámicamente la tensión superficial es un fenómeno de superficie y es la tendencia de un líquido a disminuir su superficie hasta que su energía de superficie potencial es mínima, condición necesaria para que el equilibrio sea estable. Como la esfera presenta un área mínima para un volumen dado, entonces por la acción de la tensión superficial, la tendencia de una porción de un líquido lleva a formar una esfera o

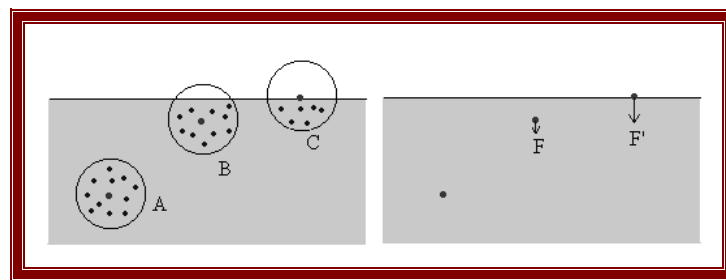
a que se produzca una superficie curva o menisco cuando está en contacto un líquido con un recipiente.

A la fuerza que actúa por centímetro de longitud de una película que se extiende se le llama tensión superficial del líquido, la cual actúa como una fuerza que se opone al aumento de área del líquido. La tensión superficial es numéricamente igual a la proporción de aumento de la energía superficial con el área y se mide en  $\text{erg}/\text{cm}^2$  o en  $\text{dinas}/\text{cm}$ . La energía superficial por centímetro cuadrado se representa con la letra griega gamma ( $\gamma$ ).

### III. FUNDAMENTO TEORICO

En un fluido cada molécula interactúa con las que le rodean. El radio de acción de las fuerzas moleculares es relativamente pequeño, abarca a las moléculas vecinas más cercanas. Vamos a determinar de forma cualitativa, la resultante de las fuerzas de interacción sobre una molécula que se encuentra en

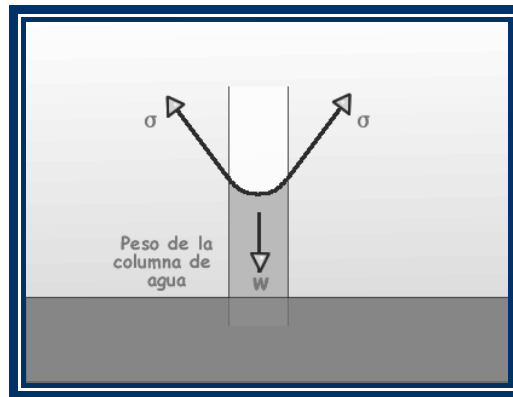
- A, el interior del líquido
- B, en las proximidades de la superficie
- C, en la superficie



Consideremos una molécula en el seno de un líquido en equilibrio, alejada de la superficie libre tal como la A. Por simetría, la resultante de todas las fuerzas atractivas procedentes de las moléculas que la rodean, será nula. En cambio, si la molécula se encuentra en B, por existir en valor medio menos moléculas arriba que abajo, la molécula en cuestión estará sometida a una fuerza resultante dirigida hacia el interior del líquido. Si la molécula se encuentra en C, la resultante de las fuerzas de interacción es mayor que en el caso B.

Las fuerzas de interacción, hacen que las moléculas situadas en las proximidades de la superficie libre de un fluido experimenten una fuerza dirigida hacia el interior del líquido.

Como todo sistema mecánico tiende a adoptar espontáneamente el estado de más baja energía potencial, se comprende que los líquidos tengan tendencia a presentar al exterior la superficie más pequeña posible.

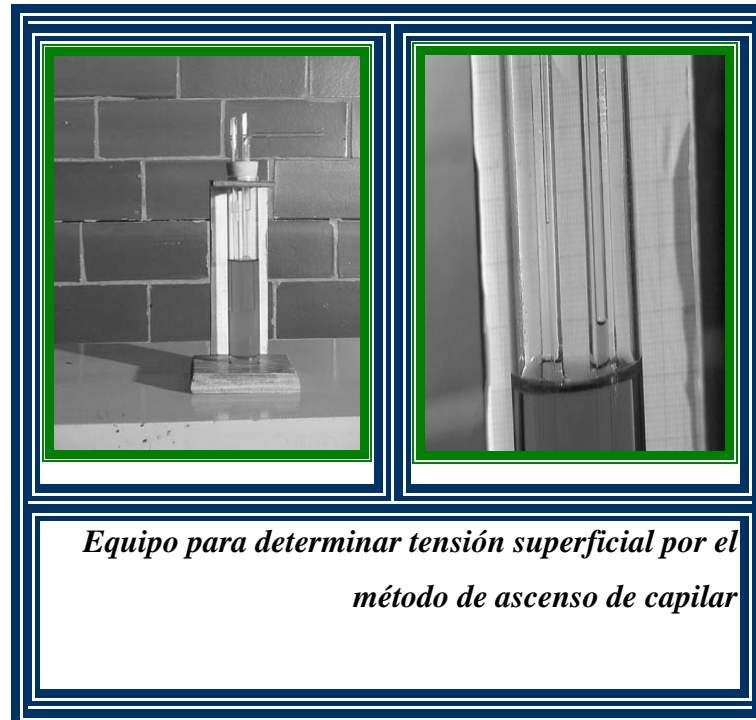


La columna de agua en un tubo capilar se eleva hasta que la componente vertical de la tensión superficial se equilibra con el peso de la columna.

### **Métodos para determinar tensión superficial.**

Existen varios métodos para determinar la tensión superficial; unos podrían ser estáticos o dinámicos, dependiendo del tiempo de permanencia de la superficie o también métodos basados en tubos capilares o superficies curvas

**METODO DEL ASCENSO CAPILAR.-** Cuando un líquido asciende por un tubo capilar y moja las paredes del tubo, forma un menisco cóncavo en la superficie líquido-aire en virtud de una diferencia de presión entre el líquido contenido en el recipiente y la presión del líquido en el interior del capilar. Esta diferencia de presión provoca un ascenso del líquido en el interior del capilar que se detiene en el momento en que las presiones son iguales, es decir la presión hidrostática de la columna de líquido en el capilar y la presión fuera del mismo

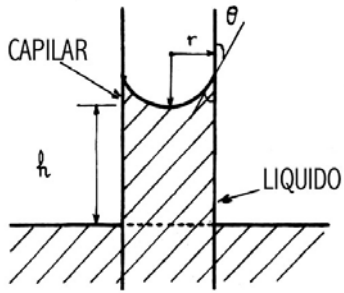


Por tanto, mientras más suba el líquido por el capilar, la diferencia de presiones es mayor y por lo tanto mayor es el valor de la tensión superficial del líquido. Esto está representado en la ecuación de Young-Laplace

$$\Delta P = \frac{2\gamma}{R}$$

Donde se observa que la tensión superficial depende directamente de la diferencia de presiones mientras que el radio del capilar la afecta inversamente.

Capilaridad es un fenómeno que influye en el ascenso o descenso del líquido por un capilar es el valor relativo de las **fuerzas de cohesión** entre las moléculas de un mismo líquido y las **fuerzas de adhesión** entre el líquido y las paredes del tubo. Si la adhesión es más fuerte que la cohesión ( $\text{adhesión} > \text{cohesión}$ ) los líquidos ascienden hasta que la fuerza de cohesión quede balanceada por el peso del agua. Si la cohesión es mayor que la adhesión, sucede una depresión y los líquidos descienden por el capilar. Estas fuerzas determinan el ángulo de contacto que forma el líquido con las paredes del tubo. Si este ángulo es pequeño se dice que el líquido moja la superficie y se forma entonces un menisco cóncavo.

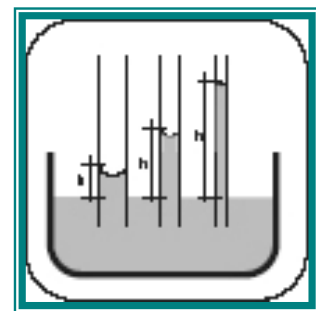
	$\uparrow F = 2\pi\sigma\cos\theta$ $\downarrow F = PA$ <div style="border: 2px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <math display="block">P = \gamma h = \frac{wh}{V} = \frac{mgh}{m/\rho} = \rho gh</math> </div> $\uparrow F = \rho gh\pi r^2$
<p><b>En el equilibrio:</b> <math>2\pi r\sigma\cos\theta = \rho gh\pi r^2</math></p> $\sigma = \frac{\rho ghr}{2\cos\theta}$	

Para la mayoría de líquidos en contacto con superficies de vidrio limpias el ángulo de contacto es cero,  $\cos\theta=1$ , entonces:

$$\sigma = \frac{\rho ghr}{2}$$

También podemos hallar la tensión mediante esta relación:

$$\frac{\gamma_m}{\gamma_{H_2O}} = \frac{\frac{\rho_m g h_m r}{2}}{\frac{\rho_{H_2O} g h_{H_2O} r}{2}}$$



$$\gamma_m = \gamma_{H_2O} \left( \frac{\rho_m h_m}{\rho_{H_2O} h_{H_2O}} \right)$$

**IV. PARTE EXPERIMENTAL:**

1. Introducir el líquido de referencia en el tubo receptor. ( aproximadamente a la mitad )
2. Esperar que los niveles del líquido suban por los capilares y se estabilicen. Medir la diferencia de alturas. Medir otra vez las alturas. Realizar esta operación, el número de veces necesarias para tener el valor por triplicado.
3. Limpiar perfectamente el equipo, secando los capilares.
4. Aplicar ecuaciones, hacer análisis de resultados, hacer gráficas

**V. CALCULOS**

*Datos obtenidos*

<b>Temperatura (°C)</b>	25	30	40	60	80	100
<b>Altura (mm)</b>	10	8	7	6	5	4

*Para el calculo del radio del capilar:*

*De tablas:*  $\gamma_{H_2O} = 72 \text{ dinas/cm}$  a  $25^\circ\text{C}$

Según la ecuación  $\sigma = \frac{\rho g h r}{2}$  hallamos el radio del capilar

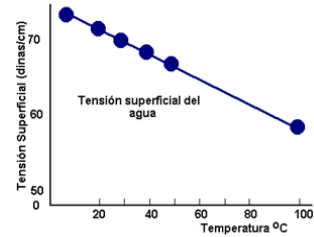
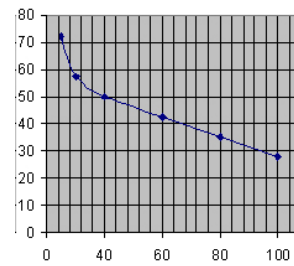
$$\frac{72 \text{ dinas}}{\text{cm}} = \frac{\left(0.99708 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right) \left(980 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}\right) (1\text{cm}) r}{2}$$

$$r = 0.147369 \text{ cm}$$

## A) Para el agua destilada:

T° (°C)	Altura (cm)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	$\gamma$ (dina/cm)
25	1.0	0,99708	72,0000
30	0.8	0,99568	57,5190
40	0.7	0.99225	50,1558
60	0.6	0.98324	42,6003
80	0.5	0.97183	35,0883
100	0.4	0.95838	27,6800

Grafica experimental



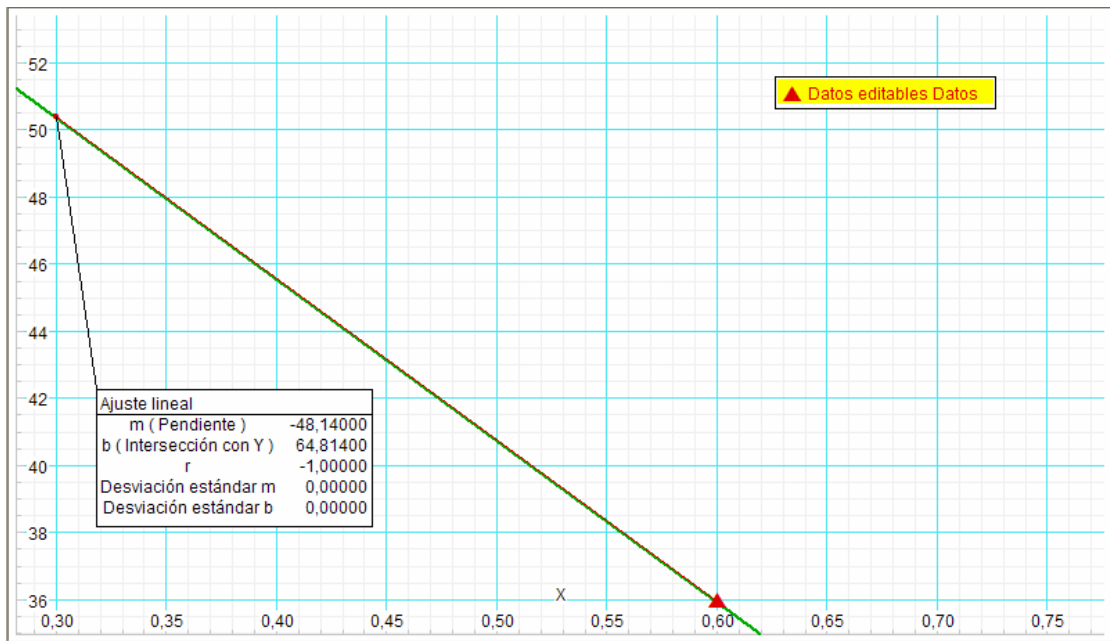
Grafica teórica

## B) Solución de Etanol – Agua a temperatura ambiente:

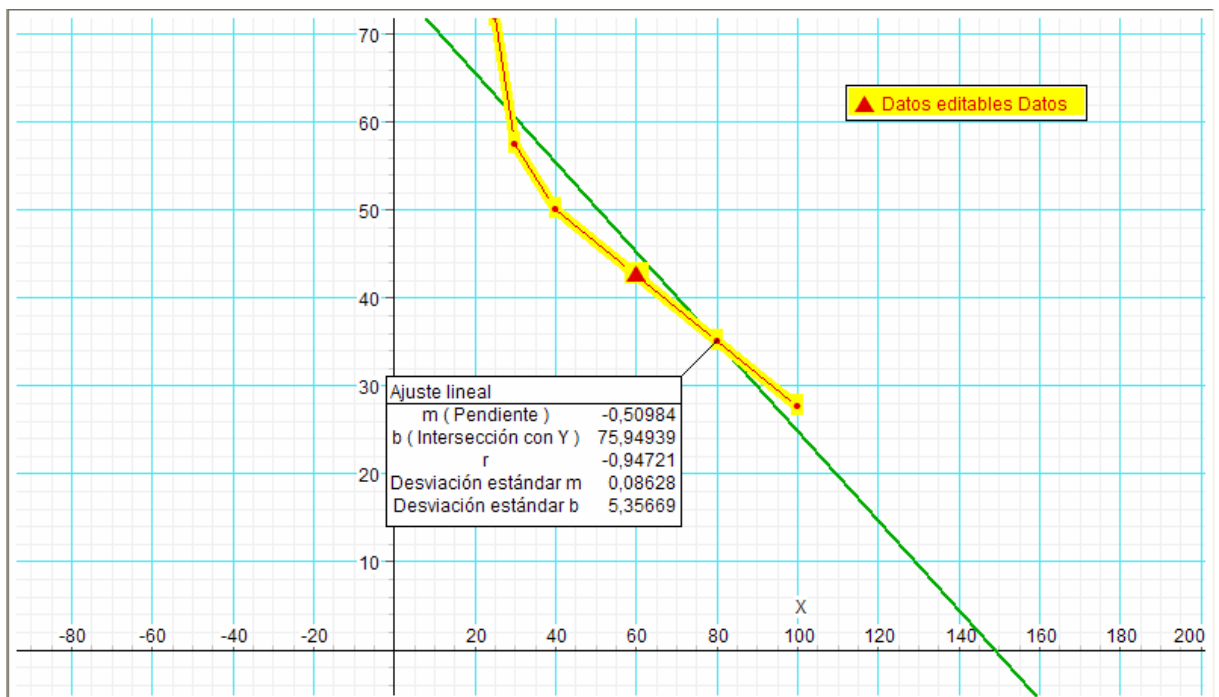
<i>X</i> <i>molar</i> <i>etanol</i>	<i>fracción</i>	<i>Altura</i> ( <i>cm</i> )	<i>Densidad</i> ( <i>g/cm</i> <sup>3</sup> )	$\gamma$ (dina/cm)
0.3		0.7	0.95382	48.2133
0.6		0.5	0.89113	32.1746

Con los datos obtenidos se observa como la tensión superficial disminuye al aumentar la concentración de soluto.

## *Grafico tensión superficial VS X*



## *Grafico tensión superficial VS temperatura*



**D)** Puesto que las fuerzas intermoleculares de atracción entre moléculas de agua se deben a los enlaces de hidrógeno y éstos representan una alta energía, la tensión superficial del agua es mayor que la de muchos otros líquidos (*Cabe suponer que los líquidos cuyas moléculas tengan fuerzas de atracción intermoleculares fuertes tendrán tensión superficial elevada*).

**E) Surfactantes:** compuestos químicos de mayor utilización en la industria de jabones y detergentes, la cual emplea a los surfactantes como emulsificantes, tensoactivos y/o espumantes.

Los agentes activos superficiales o surfactantes (derivado del inglés surface active agents) son moléculas que contiene un segmento liposoluble (soluble en aceite) y otro hidrosoluble (soluble en agua). La solubilidad parcial tanto en agua como en aceite permite al surfactante ocupar la interfase.

Los agentes de actividad superficial son sustancias químicas que reducen la tensión superficial de los líquidos.

Los surfactantes pueden ser clasificados por la carga iónica de la parte superficialmente activa de la molécula. En los surfactantes aniónicos, la carga molecular es negativa; en los catiónicos, positiva; en los no iónicos, no hay carga y en los anfóteros existen cargas tanto positivas como negativas en la molécula.

**F)** En las superficies de ropas u objetos, la suciedad se adhiere por medio de una película grasa que el agua no puede disolver. Al agregar jabón o detergente al agua y agitar, la grasa se emulsifica y forma pequeñas gotas separadas, que son arrastradas por el agua del lavado.

**G) El choloque**, es una semilla que también se le conoce como jaboncillo, pues se comporta como tal, **disminuyendo la tensión superficial del agua**. Las moléculas de jabón se orientan y se disponen en la interfase con la cabeza hacia el agua y la ropa. Si se agita este sistema, el grasa o suciedad se subdivide en gotitas y cada una es rodeada por agua. Cada glóbulo de grasa tiene a su alrededor cargas eléctricas del mismo signo que, al repelerse, hacen que las partículas grasas queden separadas entre sí. Se dice, por esta propiedad, que el jabón emulsifica las grasas.

h) EL stone wash, o al lavar golpeando la ropa es otra forma de **disminuir la tensión superficial del agua**, pues por fricción estamos aumentando la temperatura, y se sabe que al aumentar la temperatura disminuye la tensión superficial de los líquidos.

## ***APLICACIÓN DE LA TENSION SUPERFICIAL***

### ***PROCESO DE DESCONTAMINACION***

#### ***FLOTACIÓN***

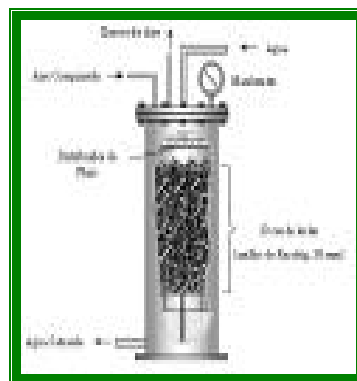
La flotación es una "operación física unitaria", esto es, un método de tratamiento en el que predominan los fenómenos físicos, que se emplea para la separación de partículas de una fase líquida. La separación se consigue introduciendo finas burbujas de gas, normalmente aire, en la fase líquida.

Las burbujas se adhieren a las partículas, y la fuerza ascensorial que experimenta el conjunto partícula-burbuja de aire hace que suban hasta la superficie del líquido. De esta forma, es posible hacer ascender a la superficie partículas cuya densidad es mayor que la del líquido, además de favorecer la ascensión de las partículas cuya densidad es inferior, como el caso del aceite en el agua. Una vez las partículas se hallan en superficie, pueden recogerse mediante un rascado superficial

En el tratamiento de aguas residuales, la flotación se emplea para la eliminación de la materia suspendida y para la concentración de los fangos biológicos.

La principal ventaja del proceso de flotación frente al de sedimentación consiste en que permite eliminar mejor y en menos tiempo las partículas pequeñas o ligeras cuya deposición es lenta. Su uso está generalizado para las aguas industriales y no tanto para las urbanas.

#### ***FLOTACIÓN POR AIRE DISUELTO:***



En los sistemas FAD (Flotación por Aire Disuelto), el aire se disuelve en el agua residual a una presión de varias atmósferas, y a continuación se libera la presión hasta alcanzar la atmosférica.

En las instalaciones de pequeño tamaño, se puede presurizar a 275-230 kPa mediante una bomba la totalidad del caudal a tratar, añadiéndose el aire comprimido en la tubería de aspiración de la bomba. El caudal se mantiene bajo presión en un calderín durante algunos minutos, para dar tiempo para dar tiempo a que el aire se disuelva.

A continuación, el líquido presurizado se alimenta al tanque de flotación a través de una válvula reductora de presión, lo cual provoca que el aire deje de estar en disolución y que se formen diminutas burbujas distribuidas por todo el volumen de líquido.

En las instalaciones de mayor tamaño, se recircula parte del efluente del proceso de FAD (entre el 15 y el 20 por ciento), el cual se presuriza, y se semisatura con aire. El caudal recirculado se mezcla con la corriente principal si presurizar antes de la entrada al tanque de flotación, lo que provoca que el aire deje de estar en disolución y entre en contacto con las partículas sólidas a la entrada del tanque.

Las principales aplicaciones de la flotación por aire disuelto se centran en el tratamiento de vertidos industriales y en el espesado de fangos.



### ***Generación de microburbujas***

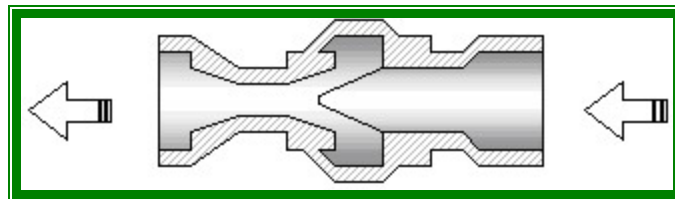
Estas se producen en los constrictores de flujo, situados entre el saturador y la celda de flotación.

La selección de este sistema de restricción del flujo es importante porque de su eficiencia depende la distribución de tamaño de burbujas y la cantidad de aire "liberado", dos de los factores de mayor importancia en la FAD (Flotación por Aire Disuelto),.

Por ejemplo, simples constricciones de placas con orificios de diámetro variable son baratos y eficientes, consiguiendo valores de "liberación", del orden de 90 % del aire disponible.

La energía transferida en el proceso de expansión y generación de burbujas depende de la tensión superficial líquido/aire y de la diferencia de presión entre el saturador y la restricción.

La energía requerida en la generación de burbujas, en la restricción de flujo, será menor cuanto menor sea la tensión superficial y mayor la diferencia de presiones entre la salida del saturador y el constrictor.



Después de la expansión, las cavidades llevan un tiempo para alcanzar el tamaño de las burbujas. La "precipitación" del aire en la forma de burbujas no es total en esta expansión a través del constrictor y muchas burbujas son "nucleadas" y formadas en superficies sólidas.

## ***VI. CONCLUSIONES***

- La altura a la que se eleva o desciende un líquido en un capilar es directamente proporcional a su tensión superficial y está en razón inversa a la densidad del líquido y del radio del tubo.
- El aumento de la temperatura, provoca una disminución en la tensión superficial del agua.
- El método de ascenso capilar es confiable en la determinación de la tensión superficial de un líquido.
- La tensión superficial es directamente proporcional a la concentración, en el uso de electrolitos fuertes. Para el electrolito débil y para el tensoactivo, la tensión superficial es inversamente proporcional a la concentración, aunque en diferente proporción.

## ***VII. RECOMENDACIONES***

- Antes de comenzar a trabajar, revisar el equipo y en especial el capilar, de tal forma que deberá estar muy limpio y seco. El capilar y el tubo con el papel milimetrado deben estar, entre sí, paralelos.
- Conocimiento de sus valores fisicoquímicos de densidad y tensión superficial a la temperatura de trabajo del líquido de referencia
- Trabajar varias veces el procedimiento a fin de tener el mismo resultado por triplicado. Las soluciones de tensoactivo producen mucha espuma, es muy importante de evitar cualquier burbuja en el interior de los capilares ya que alteraría el valor de la altura de la columna líquida,