



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL.
Escuela Superior de Física y Matemáticas.



PRÁCTICA II.3 VISCOSIDAD.

Laboratorio de Física II.

Grupo sección de Laboratorio: 2FM1B.

Alumno: Flores Rodríguez Jaziel David.

7 Marzo de 2017.

Profesor: Salvador Tirado Guerra.

OBJETIVO:

Explicación de la viscosidad de un fluido y del manejo y montaje del viscosímetro. Después se realizan los experimentos para calcular el coeficiente de viscosidad a diferentes temperaturas de diversos líquidos.

MARCO TEÓRICO:

Viscosidad

La viscosidad es fricción interna en un fluido. Las fuerzas viscosas se oponen al movimiento de una porción de un fluido en relación con otra. La viscosidad es la razón por la que se dificulta remar una canoa en aguas tranquilas, pero también es lo que hace que funcione el remo. Los efectos de la viscosidad son importantes en el flujo de fluidos en las tuberías, en el flujo de la sangre, en la lubricación de las partes de un motor y en muchas otras situaciones. Los fluidos que fluyen con facilidad, como el agua y la gasolina, tienen menor viscosidad que los líquidos “espesos” como la miel o el aceite para motor. Las viscosidades de todos los fluidos dependen mucho de la temperatura, aumentan para los gases y disminuyen para los líquidos al subir la temperatura (**figura 1**). Un objetivo importante en el diseño de aceites para lubricar motores es reducir tanto como sea posible la variación de la viscosidad con la temperatura.

figura 1. La lava es un ejemplo de fluido viscoso. La viscosidad disminuye al aumentar la temperatura: cuanto más caliente está la lava, más fácilmente fluye.

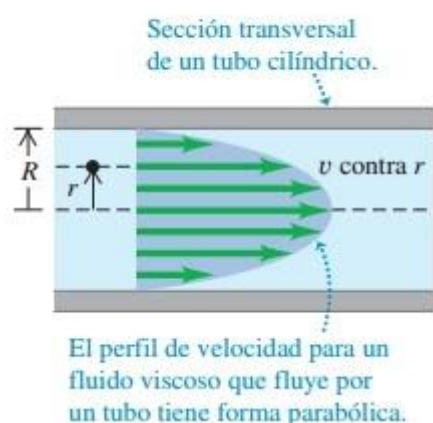


Un fluido viscoso tiende a adherirse a una superficie sólida que está en contacto con ella. Siempre hay una *capa de frontera* delgada de fluido cerca de la superficie, en la que el fluido está casi en reposo respecto a ella. Por eso, las partículas de polvo pueden adherirse al aspa de un ventilador aun cuando esté girando rápidamente, y por eso no podemos limpiar bien un auto con sólo dirigir el chorro de agua de una manguera hacia él.

La viscosidad tiene efectos importantes sobre el flujo de los líquidos a través de tuberías, y esto incluye el flujo de la sangre por el sistema circulatorio. Pensemos primero en un fluido con viscosidad cero para poder aplicar la ecuación de Bernoulli. Si los dos extremos de un tubo cilíndrico largo están a la misma altura ($y_1 = y_2$) y la rapidez de flujo es la misma en ambos extremos ($v_1 = v_2$), la ecuación de Bernoulli nos indica que la presión es la misma en ambos extremos. Sin embargo, este resultado simplemente no es válido si tomamos en cuenta la viscosidad. Para ver por qué, considere la figura 14.29, que muestra el perfil de rapidez de flujo para el flujo laminar de un fluido viscoso en un tubo cilíndrico largo.

Debido a la viscosidad, la rapidez es cero en las paredes del tubo (a las que se adhiere el fluido) y máxima en el centro del tubo. El movimiento semeja muchos tubos concéntricos que se deslizan unos en relación con otros, con el tubo central moviéndose más rápidamente y el más exterior en reposo. Las fuerzas viscosas entre los tubos se oponen a este deslizamiento, de manera que, si queremos mantener el flujo, deberemos aplicar una mayor presión atrás del flujo que adelante de él. Por eso también necesitamos seguir apretando un tubo de pasta dentífrica o un envase de salsa de tomate (ambos fluidos viscosos) para que siga saliendo el fluido del interior. Los dedos aplican detrás del flujo una presión mucho mayor que la presión atmosférica al frente del flujo.

Figura 2. Perfil de velocidad para un fluido viscoso en un tubo cilíndrico.



La diferencia de presión requerida para mantener una tasa determinada de flujo de volumen a través de un tubo cilíndrico de longitud L y radio R resulta ser proporcional a L/R^4 . Si disminuimos R a la mitad, la presión requerida aumenta $2^4=16$ veces; si disminuimos R en un factor de 0.90 (una reducción del 10%), la diferencia de presión requerida aumentará en un factor de $(1/0.90)^5=1.52$ (un aumento del 52%). Esta sencilla relación explica el vínculo entre una dieta alta en colesterol (que tiende a reducir el diámetro de las arterias) y una presión arterial elevada. Debido a la dependencia R^4 , incluso un leve estrechamiento de las arterias puede elevar considerablemente la presión arterial y forzar el músculo cardíaco.

Cuando un fluido se mueve por un tubo horizontal, las paredes de éste ejercen una fuerza resistiva o arrastre sobre las capas de fluido adyacente. Éstas, a su vez, frenan a las siguientes capas adyacentes y así sucesivamente. En consecuencia, la velocidad de flujo es inferior cerca de las paredes del tubo y mayor en el centro del mismo. Por lo tanto, para una tasa de flujo determinada la diferencia de presión entre dos puntos a lo largo del tubo depende de su radio. La diferencia de presión entre dos puntos también se relaciona con una cantidad conocida como coeficiente de viscosidad o simplemente la viscosidad del fluido. La relación exacta está dada por la siguiente ecuación, denominada ley de Poiseuille.

$$P_1 - P_2 = 8 \frac{Qnl}{r^2}$$

Dónde:

Q = tasa de flujo en m^3/s

n = coeficiente de viscosidad

r =Radio del tubo

L = Separación entre los puntos de prueba

Esta ecuación se emplea experimentalmente para determinar el coeficiente de viscosidad de un líquido. Un fluido viscoso no fluirá por una tubería a menos que haya una diferencia de presión entre los extremos. Por otra parte, la hipótesis propuesta por Newton se suele representar con un esquema como el de la figura 1, en el que se muestra dos superficies de superficie A , separadas por una distancia Y , estando una de ellas sometida a una fuerza F que le provoca una velocidad V . Al mismo tiempo, se suele describir matemáticamente los principios establecidos por Newton a partir de una expresión matemática como la ecuación siguiente:

$$\sigma = \mu \frac{dy}{dt}$$

Donde:

σ = Es el esfuerzo por unidad de área o esfuerzo de cizalla (F/A).

$\frac{dy}{dt}$ = Es el gradiente de velocidades, también llamado velocidad de deformación o velocidad de cizalla (dV/dX).

La viscosidad de un fluido Newtoniano se suele representar con la letra griega μ , pero para fluidos no Newtonianos la viscosidad aparente se suele representar entonces con la letra griega η .

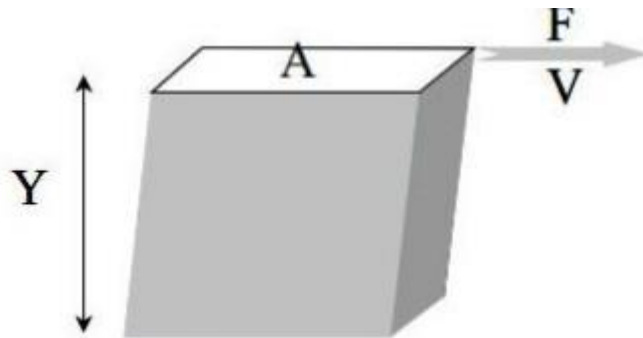


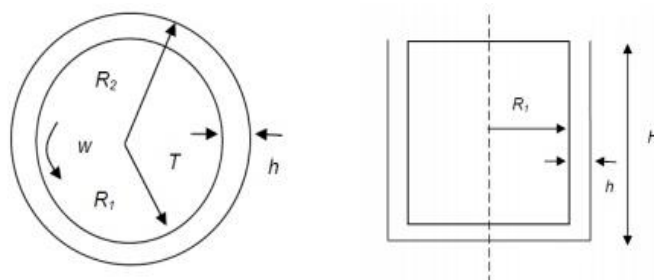
Figura 2.1. Experimento hipotético basado en las afirmaciones de Newton.

De acuerdo con lo expuesto, es posible definir lo que se conoce como fluido Newtoniano. Por fluido newtoniano se entiende aquel fluido cuyo valor de viscosidad, a una presión y temperatura dadas, es único para cualquier velocidad de cizalla, siendo independiente del tiempo de aplicación de la cizalla. Se tienen dos principales clasificaciones de los fluidos no newtonianos: independientes del tiempo y dependientes del tiempo. Como su nombre lo indica, los fluidos independientes del tiempo tienen una viscosidad, a cualquier tensión de tiempo, sin embargo, cambiara con él.

Viscosímetro.

El viscosímetro es un instrumento de medición y control de viscosidad que es indispensable en el control de calidad de innumerables productos. Existen diferentes tipos de viscosímetros, por ejemplo: los viscosímetros capilares, los giratorios, los de cilindros concéntricos, entre otros.

Viscosímetro de cilindros concéntricos: Un viscosímetro de cilindros concéntricos es un dispositivo que se emplea para medir la viscosidad absoluta. Las figuras 2.2 y 2.3 esquematizan los detalles de este viscosímetro. El fluido está contenido entre un cilindro exterior fijo y otro interior que puede rotar libremente. La aplicación de un par de torsión t causa que el cilindro interno gire a una velocidad constante ω . El viscosímetro tiene una altura H y el ancho del espacio h es muy pequeño en comparación con los radios R_1 y R_2 .



Principio de Funcionamiento: Se basa en el hecho de que en un líquido la deformación unitaria por cizalladura aumenta sin límite, entonces:

$$\varepsilon_c \propto \frac{d(DU)}{dt}$$

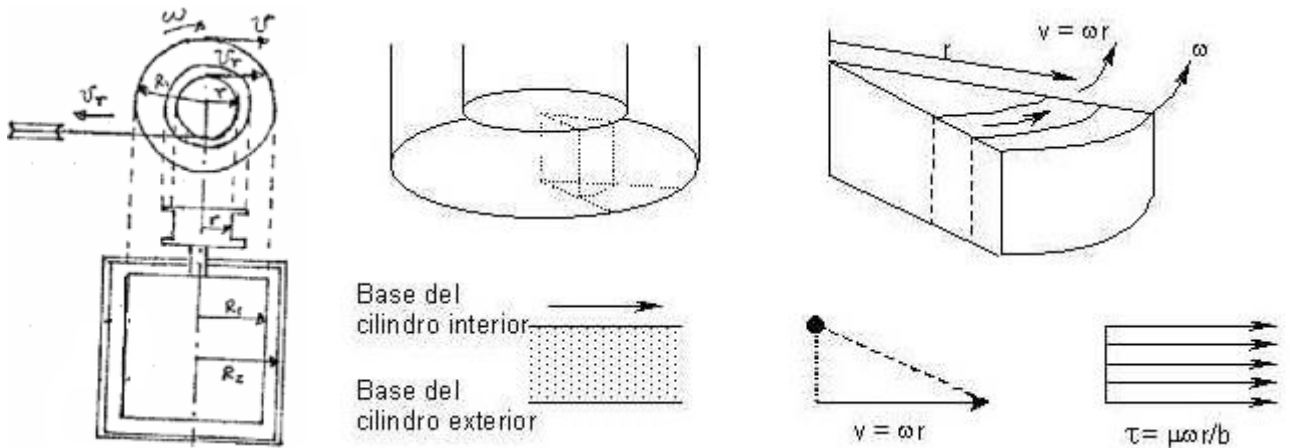
Con $\varepsilon_c = \frac{F}{A}$ y $(DU)_c = \frac{\Delta x}{L}$, entonces se tendrá $\frac{F}{A} \propto \frac{d}{dt} \left(\frac{\Delta x}{L} \right)$ o bien $\frac{F}{A} \propto \frac{V}{L}$ (1).

Es decir, aportar de ahora se tendrá $\frac{F}{A} = \eta \frac{V}{R_2 - R_1}$ (2).

Donde η = Coeficiente de viscosidad. Sea A el área de la cara transversal del cilindro, es decir $A = 2\pi R_1 l$ (3). Sea τ la torca ejercida en el cilindro, es decir será de la forma $\tau = FR_1$ o bien $F = \frac{\tau}{R_1}$ (4). Sustituyendo (3) y (4) en (2), quedará:

$$\frac{\tau/R_1}{2\pi R_1 L} = \eta \frac{V}{R_2 - R_1} \quad \text{o bien} \quad \eta = \frac{\tau(R_2 - R_1)}{2\pi R_1^2 LV} \quad (5).$$

Vea en la figura de a continuación las siguientes relaciones:



En la figura se puede apreciar que: $\omega = \frac{v_r}{r} = \frac{V}{R_1}$, es decir $V = \frac{V_r R_1}{r}$ (6). Además, tenemos que $\tau = FR_1 = r\omega$ (7). Sustituyendo (6) y (7) en (5) tendremos:

$$\eta = \frac{r\omega(R_2 - R_1)}{2\pi R_1^2 l v_r R_1 / r} = \frac{r^2 \omega (R_2 - R_1)}{2\pi R_1^2 l \frac{h}{t}}$$

Con $v = \frac{h}{t}$ con h=Longitud de la pesita y t=tiempo de cronómetro. Entonces:

$$\eta = \frac{r^2 \omega (R_2 - R_1)}{2\pi R_1^2 l h} t$$

O bien $\eta = \beta t$ con $\beta = \frac{r^2 \omega (R_2 - R_1)}{2\pi R_1^2 l h}$.

Clasificación de viscosidad SAE para lubricantes de motor de combustión interna:

La Sociedad de Ingenieros Automotrices de los Estados Unidos (SAE, en inglés), estableció una clasificación de viscosidad para los lubricantes desarrollados para su uso en motores de combustión interna (diesel, gasolina y gas). Esta clasificación de lubricantes está definida según la especificación SAE J-300-09 (ver Tabla 1) y en la actualidad contempla 11 grados de viscosidad, divididos en grados de invierno y grados de verano.

Grados de invierno y grados de verano:

Los grados de viscosidad para invierno van acompañados por la letra “W”, haciendo referencia a la estación climatológica de invierno (“Winter”, en inglés) y se basan principalmente en el cumplimiento de requerimientos de comportamiento a baja temperatura, aunque también deben cumplir con requerimientos a alta temperatura. Los grados de verano no van acompañados por alguna letra y sus requisitos de comportamiento son a altas temperaturas.

Grado de Viscosidad SAE	Viscosidad a Baja Temperatura (°C) , cP		Viscosidades en alta temperatura (°C)		
	Máx. Arranque	Máx. de Bombeo (Sin esfuerzo)	Cinemática (cSt) a 100°C mín.	Cinemática (cSt) a 100°C máx.	Alta Tasa de Corte (cP) a 150°C D4683, D4741 y D5481
0W	6 200 a -35	60 000 a -40	3,8	-	-
5W	6 600 a -30	60 000 a -35	3,8	-	-
10W	7 000 a -25	60 000 a -30	4,1	-	-
15W	7 000 a -20	60 000 a -25	5,6	-	-
20W	9 500 a -15	60 000 a -20	5,6	-	-
25W	13 000 a -10	60 000 a -15	9,3	-	-
20	-	-	5,6	< 9,3	2,6
30	-	-	9,3	<12,5	2,9
40	-	-	12,5	<16,3	3,5 (0W-40, 5W-40, 10W-40)
40	-	-	12,5	<16,3	3,7 (15W-40, 20W-40, 25W-40, 40)
50	-	-	16,3	< 21,9	3,7
60	-	-	21,9	< 26,1	3,7

Tabla 1.

Viscosidad en alta temperatura/alto esfuerzo cortante.

La cualidad del lubricante para generar un adecuado espesor de película a alta temperatura y altos esfuerzos de corte (ASTM D-4683-10 y D-4741-06), método de ensayo estándar para determinar la viscosidad a alta tasa de corte y alta temperatura por el simulador de cojinete cónico y método de ensayo para determinar la viscosidad a alta tasa de corte y alta temperatura por medio del viscosímetro de tapón-cónico. El primero se correlaciona con las condiciones que se encuentran en los cojinetes de bancada de un motor de combustión interna operando en condiciones severas. El segundo representa las condiciones de alta temperatura y alto corte que se presentan en un motor de combustión interna, sin tener en cuenta las presiones. En la Tabla 1 se presentan dos valores para el SAE 40. Uno para los grados que pueden utilizar la marca que los identifica como aceites para economía de combustible o servicio liviano (gasolina) y el otro para servicio pesado (diesel).

Desarrollo Experimental.

Lista de Materiales:

Instrumento de laboratorio (cilindros concéntricos)
Cronómetro con detector de movimiento.
Aceite de motor SAE 40.
Polea y cuerda sujetadas a los cilindros.
Pesa con gancho para sujetar.

Arreglo experimental.

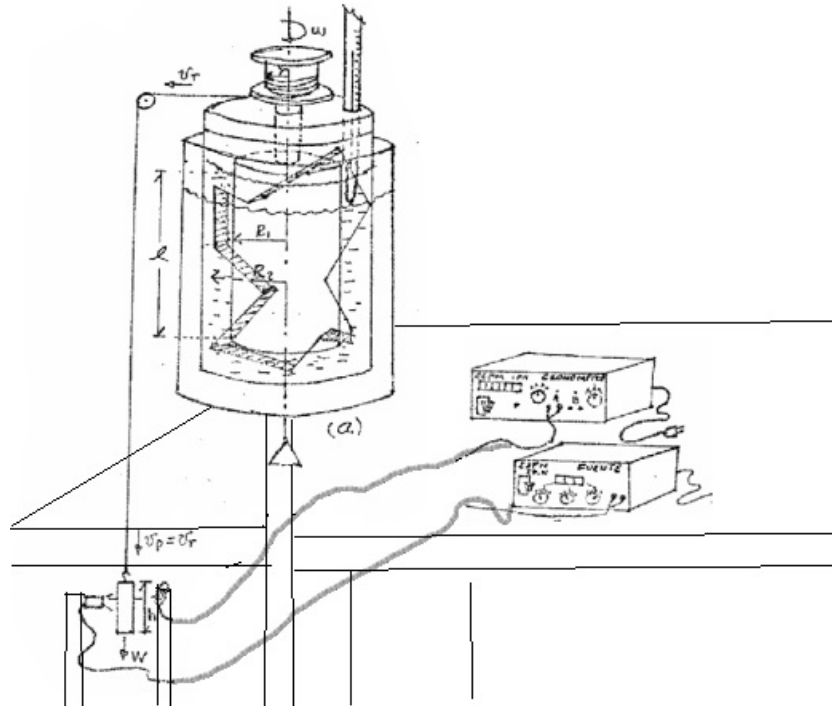


Figura 1: Arreglo general

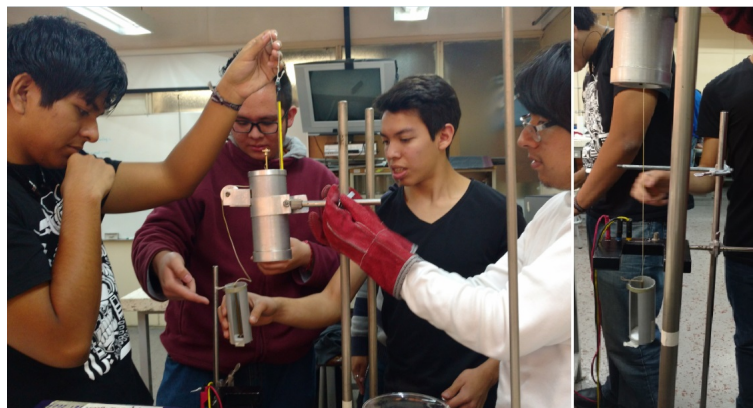


Figura 2: Variación de la temperatura del fluido hasta un punto y luego bajarla con compresas.

Procedimiento.

- 1.-Medir los parámetros iniciales r , ω , R_1 , R_2 , l y h para que así calcular β
- 2.-Calentar a baño María hasta que hierva el agua.
- 3.-Medir la temperatura del aceite y sacar y termómetro.
- 4.-Soltar la pesita, y registrar el tiempo t del cronómetro.
- 5.-Dejar bajar la temperatura y repetir 10 o 12 veces.
- 6.-Llenar la tabla y graficar .

Resultados.

Comenzamos la práctica con el material proporcionado por el equipo de laboratorio, procedimos a medir algunas de nuestras constantes como lo son; el radio del tambor giratorio $r = 7,8310^{-3}m$, masa de la pesita $m = 13,6 \times 10^{-3}kg$, y por el medio de las ecuaciones del marco teórico se obtuvo la rapidez angular $\omega = 113,6grad/s$, la altura h de la pesita $h = 118,5 \times 10^{-3}m$, la longitud l del cilindro exterior $l = 144 \times 10^{-3}m$, los radios interior y exterior $R_1 = 23,88 \times 10^{-3}m$ y $R_2 = 32,09 \times 10^{-3}m$ respectivamente, y en consecuencia, por medio de los cálculos justificados en el marco teórico $\beta = 28,529 \times 10^{-3}Pa$. Llenamos la Tabla 1 proporcionada para después graficar η vs T , y ajustar para calcular $\eta = \eta(T)$, es decir encontrar una dependencia de la viscosidad con respecto a la temperatura del fluido.

Tabla 1.

L=144 mm	r=7.83 mm	$\omega=236.78rad/s$	$\beta=28.529E-03$ (Pa)
h=118.5 mm	R ₂ =32.09 mm	R ₁ =23.88 mm	
n	T (°C)	t (s)	η (Pa s)
1	69	0.4508	1.29E-02
2	66	0.5078	1.45E-02
3	63	0.4796	1.37E-02
4	60	0.5543	1.58E-02
5	57	0.5309	1.51E-02
6	54	0.5772	1.65E-02
7	51	0.6504	1.86E-02
8	48	0.6481	1.85E-02
9	45	0.6618	1.89E-02
10	42	1.094	3.12E-02
11	39	1.2539	3.58E-02
12	36	1.286	3.67E-02

De las cuales extrajimos los siguientes datos de la siguiente tabla para poder hacer la gráfica η vs T .

Tabla 2.

n	X= T (°C)	Y= η (Pa s)
1	69	1.29E-02
2	66	1.45E-02
3	63	1.37E-02
4	60	1.58E-02
5	57	1.51E-02
6	54	1.65E-02
7	51	1.86E-02
8	48	1.85E-02
9	45	1.89E-02
10	42	3.12E-02
11	39	3.58E-02
12	36	3.67E-02

Datos tabulados para graficar.

Gráfica de dispersión

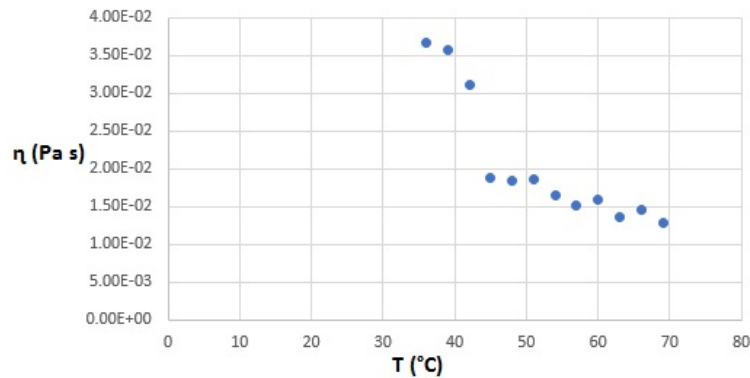


Gráfico de dispersión para los datos de la viscosidad variando la temperatura.

Notemos que nuestra gráfica de dispersión no toma ninguna forma ni función conocida, así que por el momento con la herramientas con las que contamos hasta ahora solo podremos darle una forma, a la dispersión de puntos, a la de una función lineal.

Ajuste de datos.

Por el Apéndice 1 podemos hacer el respectivo ajuste por el método de mínimos cuadrados para encontrar un modelo lineal $Y = ax + b$ tales que $(x_i, y_i) \rightarrow (T(^{\circ}C), \eta(Pa \cdot s))$ de los datos del experimento, cuya tablas de entrada y modelo es el siguiente:

Tabla de entrada.

n	$\sum_{i=1}^n x_i(^{\circ}C)$	$\sum_{i=1}^n y_i(Pa \cdot s)$	$\sum_{i=1}^n y_i x_i(Pa \cdot s \cdot ^{\circ}C)$	$\sum_{i=1}^n x_i^2(^{\circ}C^2)$
11	630	$2,48 \times 10^{-1}$	12,11709935	34362

De donde:

$$a = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \quad y \quad b = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i y_i \sum_{i=1}^n x_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}.$$

Sustituyendo los valores queda:

$$a = \frac{(12 \times 12,11709935 [Pa \cdot s \cdot ^{\circ}C]) - (6,3 \times 10^2 \times 2,48 \times 10^{-1} [Pa \cdot s \cdot ^{\circ}C])}{(1234362 [^{\circ}C^2]) - (6,3 \times 10^2 [^{\circ}C])^2} = -7,04 \times 10^{-4} [Pa \cdot s/^{\circ}C].$$

$$b = \frac{(34362 \times 2,48 \times 10^{-1} [Pa \cdot s \cdot ^{\circ}C^2]) - (12,11709935 \times 630 [Pa \cdot s \cdot ^{\circ}C^2])}{(1234362 [^{\circ}C^2]) - (6,3 \times 10^2 [^{\circ}C])^2} = 5,76 \times 10^{-2} [Pa \cdot s].$$

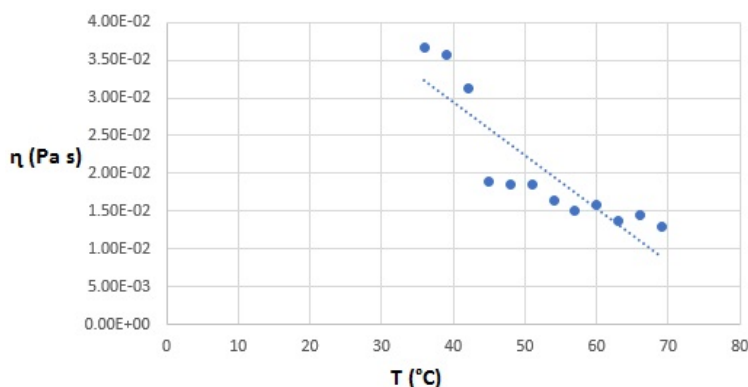
Finalmente queda el modelos propuesto:

$$Y = -7,04 \times 10^{-4}x + 5,76 \times 10^{-2} \rightarrow (1)$$

De (1) podemos graficar sus correspondientes líneas de tendencia, a continuación vamos a graficar su modelo y a tratarlo con más detalle.

Ajuste por excel.

Notemos que mientras por medio de cálculos pudimos encontrar un modelo, el programa Excel pudo encontrar otro, es cual se muestra a continuación.



Por la ecuación anterior se tiene que $\eta = \eta(T) = -7,04 \times 10^{-4}(T) + 5,76 \times 10^{-2}$ y así se logra obtener una relación entre la viscosidad y la temperatura. Cabe resaltar que aunque el comportamiento de los puntos de dispersión era muy inusual, es decir, claramente no muestra un comportamiento lineal ni logarítmico, aunque sí el de una función estrictamente decreciente como se esperaba de acuerdo a nuestras hipótesis, la viscosidad en un fluido disminuía mientras aumentaba la temperatura, así conjeturamos un comportamiento de la viscosidad del aceite en un rango de temperatura, y cuya ecuación, remarcamos es :

$$\eta(T) = -7,04 \times 10^{-4}(T) + 5,76 \times 10^{-2}.$$

Error Porcentual.

Los valores verdaderos de la viscosidad del aceite SAE 40 (los cuales se encuentran en la tabla 1 del marco teórico) a una temperatura menor que 100°C debe ser menor que 16.3 cp (cp es una unidad de viscosidad denominada centi Poise, donde 1 centipoise = $1 \times 10^{-3} \text{Pa} \cdot \text{s}$). Entonces, de nuestras mediciones y cálculos con un valor en nuestra ecuación hallada de 59°C que claramente cumple con la condición de que sea menor a 100°C y esta nos arroja un valor de 16.06 cp, un valor muy cercano al verdadero, y así que podemos obtener el error porcentual, usando el rango de valores los cuales no cumple la condición:

$$\text{Error porcentual } M_c = \frac{\text{Error verdadero}}{\text{Valor Verdadero}} = \frac{\text{Valor verdadero} - \text{Valor aproximado}}{\text{Valor verdadero}} \times 100 = 38,65 \%.$$

Discusiones.

Al llevar a cabo este experimento pudimos notar que hubo ciertas fallas con la calibración del instrumento, ya que en algunas ocasiones el cronómetro no se detenía cuando la pesita pasaba por el sensor de movimiento, cabe resaltar que la polea no era una polea ideal ya que al menos yo la sentí y esta tenía bastante fricción y lo mejor que pudimos hacer fue limpiarla. Fuera de eso el comportamiento de nuestra función lineal propuesta fue bastante buena, aunque pudimos hacerla mejor con un ajuste logarítmico, dado que estos materiales son muy usados en la industria lo mejor sería buscar la mejor geometría del arreglo para cada tipo de fluido. Finalmente se logró encontrar que en nuestra ecuación de tendencia que era bastante buena, no del todo, pero confirmaba nuestras hipótesis al comportamiento del fluido con respecto de la temperatura.

Anexo.

Veamos que, en el gráfico de dispersión se pueden observar que después de los tres primeros puntos existe un salto enorme sobre el patrón de los puntos. Así que, como mostraremos en la siguiente Figura 1.1 discriminaremos a estos y sólo trabajaremos con los puntos aparentemente uniformes.

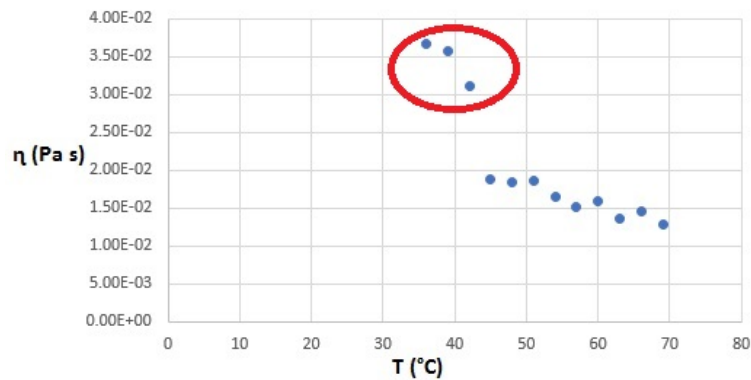
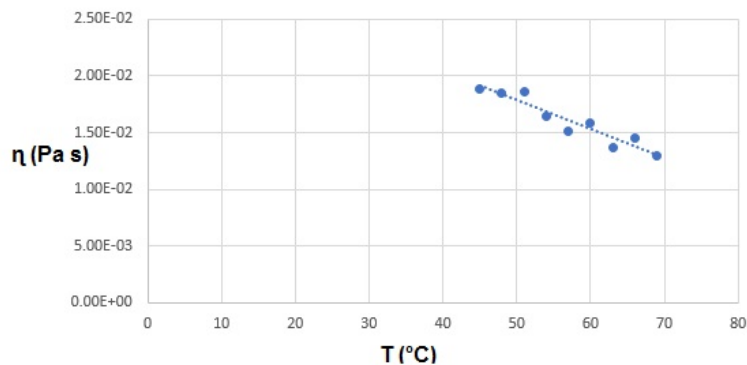


Figura 1: Los puntos encerrados se apartarán

Arreglo de datos.

El modelo que se requerirá entonces será de la siguiente forma:



Cuya ecuación es la siguiente $y = -3 \times 10^{-4}x + 3,08 \times 10^{-2}$.

Error porcentual.

Los valores verdaderos de la viscosidad del aceite SAE 40 (los cuales se encuentran en la tabla 1 del marco teórico) a una temperatura menor que 100°C debe ser menor que 16.3 cp (cp es una unidad de viscosidad denominada centi Poise, donde 1 centipoise = $1 \times 10^{-3}\text{Pa} \dots$). Entonces, de nuestras mediciones y cálculos con un valor en nuestra ecuación hallada de 49°C que claramente cumple con la condición de que sea menor a 100°C y esta nos arroja un valor de 16.06 cp, un valor muy cercano al verdadero, y así que podemos obtener el error porcentual, usando el rango de valores los cuales no cumple la condición:

$$\text{Error porcentual } M_c = \frac{\text{Error verdadero}}{\text{Valor Verdadero}} = \frac{\text{Valor verdadero} - \text{Valor aproximado}}{\text{Valor verdadero}} \times 100 = 48,65\%.$$

Discusiones.

En esta ocasión se observa que en apesar de que hicimos un análisis con los datos que aparentemente tenían un patrón más uniforme y que discriminamos 3 puntos, la ecuación que construimos nos arroja valores con un mayor porcentaje de error, es decir, que tal vez los valores en de la imagen (viscosidad) de la función deben ser un poco más altos y así poder tener un menor porcentaje de error.

7. Conclusiones:

En general, al realizar la práctica pudimos observar que la propiedad intrínseca de éste fluido (aceite) que fué la viscosidad la cual hicimos variar a cierta temperatura, se encontró un comportamiento esperado, se concluye que en caso de éste aceite de motor SAE 40 el cual se mencionó que se usa para trabajos pesados y en tiempos de altas teperaturas, y que sin embargo su viscosidad si cambia considerablemente al aumentar la temperaura aunque en un rango muy bajo, casi 40 grados. Recalcamos,la dispersión de puntos no muestra un comportamiento de una función lineal pudimos hacer una aprximación muy buena con un comportamiento de una función estrictamente decreciente.

8. Referencias:

- 1.- Bitácora de laboratorio de Flores Rodríguez Jaziel David.
- 2.- Manual de prácticas auxiliar. Autor: Fco. Havez Varela y las notas del profesor Salvador Tirado Guerra.
- 3.- Fisica Universitaria - Sears - Zemansky - 12ava Edición - Capítulo 14 -2009.
- 4.- <http://noria.mx/lublearn/entendiendo-los-grados-de-viscosidad-sae-para-lubricantes-de-motor/>