

SISTEMA EXPERIMENTAL PARA MEDIR LA VISCOSIDAD EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA DE ACEITES LUBRICANTES.

EXPERIMENTAL SYSTEM FOR MEASURING VISCOSITY FUNCTION OF TEMPERATURE LUBRICATING OILS

Mirtha Ferrer Ventocilla, Carlos Fiestas Urbina¹

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo, diseñar y ensamblar un sistema experimental Engler para realizar mediciones de la viscosidad en función de la temperatura de aceites lubricantes. Las temperaturas a medir deben estar en el rango de 10 a 170 °C y la viscosidad estará expresada en grados Engler (°E). Con estos datos deben obtenerse las viscosidades de lubricantes expresadas en Stokes (St) utilizando la correlación de Ubbelohde.

Palabras clave: Diseño, viscosidad Engler, viscosidad cinemática, temperatura, aceites lubricantes.

ABSTRACT

The objective of this study is design and ensemble an experimental Engler system to measure the viscosity dependent of temperature of lubricants oils. The temperature must be in the range 10 to 170 °C and the viscosity will be expressed in Engler degrees (°E). Using the data collected with this system its possible to obtain the viscosity of oil lubricants expressed in stokes (St), trough the Ubbelohde correlation.

Keywords: Design, Engler viscosity, cinematic viscosity, temperature, lubricants oil.

¹ Facultad de Ciencias. Email: cfiestas@unjfsc.edu.pe

INTRODUCCIÓN

Se presenta el diseño y ensamblaje de un sistema experimental Engler (viscosímetro Engler) para medir la viscosidad Engler de aceites lubricantes en función de la temperatura en el rango de 10 a 170 °C denominado "Sistema Experimental para Medir la Viscosidad en Función de la Temperatura de Aceites Lubricantes".

La medición de la viscosidad de aceites lubricantes en función de la temperatura es útil para decidir el tipo de aceite a utilizar en las diferentes aplicaciones de lubricación de maquinarias, teniendo en consideración la temperatura a la cual trabajará el aceite y de este modo elegir el aceite adecuado para evitar la abrasión de las piezas móviles en contacto.

El propósito de esta investigación es realizar experimentos de medición de la viscosidad de aceites a diferentes temperaturas.

Modelo de Viscosidad de los Líquidos¹.

El comportamiento viscoso de los líquidos es tal que disminuye cuando la temperatura aumenta. En 1913 el fisicoquímico español J. de Guzmán demostró por primera vez de manera empírica, que la viscosidad sigue una ley del tipo de Arrhenius, resultado confirmado en 1916 por el propio Arrhenius. La ley que relaciona la viscosidad cinemática de un líquido con la temperatura es:

$$\eta = \frac{RT \exp\left(\frac{E_{vis}}{RT}\right)}{A'_{vis} PM}$$

Donde,

R: Constante universal de los gases ideales.

T: Temperatura absoluta de la sustancia líquida.

PM: Peso molecular de la sustancia líquida.

A'_{vis} : Factor pre exponencial de la expresión para la velocidad del paso de una molécula a través de la barrera de potencial, de altura ϵ_0 .

E_{vis} : Energía de activación del proceso, equivalente a la altura de la barrera de potencial ϵ_0 .

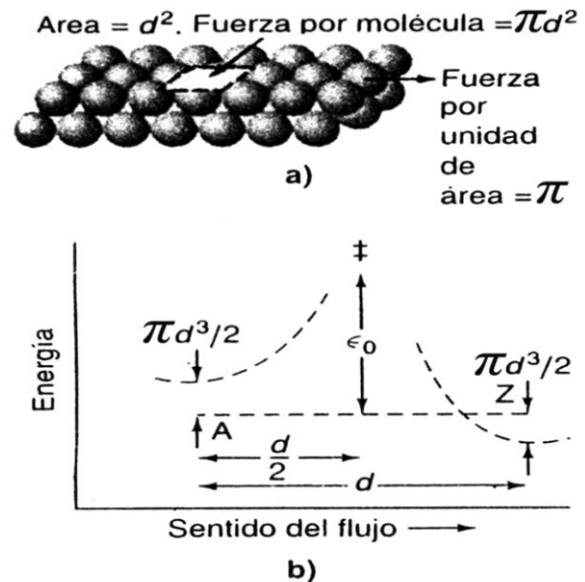


Figura 1. Potencial de activación en teoría de la viscosidad de los fluidos viscosos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se empleó un sistema experimental Engler con baño maría, para medir la viscosidad de aceites lubricantes en función de la temperatura.

Se utilizó agua destilada para la calibración del viscosímetro de Engler.



Figura 2. Instrumentos y materiales para la medición de la viscosidad en grados Engler.

Procedimiento^{2,3}

Los datos experimentales confiables se obtuvieron después de alcanzar una cierta pericia en el manejo del equipo, que demandaba precisión para determinar el momento en que dejaba de escurrir el líquido del cual se medía su viscosidad, además de medir simultáneamente la temperatura del líquido.

La calibración del Viscosímetro de Engler consiste en medir el tiempo de vaciado de 200 cm³ agua destilada a 20 °C. Es imprescindible medir este último parámetro del viscosímetro para poderlo utilizar eficazmente en la medición de la viscosidad Engler de los aceites la cual se obtiene dividiendo el tiempo de vaciado de 200 cm³ de aceite a una temperatura dada entre el tiempo de vaciado del mismo volumen de agua a 20 °C.

$$^{\circ}\text{E} = \frac{\text{Tiempo de vaciado de 200 ml del fluido en cuestion}}{\text{Tiempo de vaciado de 200 ml de agua a 20}^{\circ}\text{C}}$$

Con este fin se obtuvo la ecuación cuadrática para el tiempo de vaciado del agua destilada a diferentes temperaturas, utilizando la técnica de mínimos cuadrados y programación en MATLAB⁴.

También se midieron las viscosidades en grados Engler del aceite lubricante Castrol SAE 40, para probar la performance del sistema experimental.

Partes del Viscosímetro y Procedimiento:

- 1) Tiene un recipiente externo (baño maría).
- 2) Tiene un recipiente interno (donde se coloca el líquido a prueba).
- 3) Varita de obturación (para obturar el capilar a través del cual escurre el líquido de prueba).
- 4) La viscosidad del líquido de prueba es directamente proporcional al tiempo de escurrimiento, éste se mide empleando un cronómetro.
- 5) También disponemos de dos termómetros uno para medir la temperatura del baño maría y otro para medir la temperatura del líquido de prueba.
- 6) El líquido de prueba va a escurrir en un vaso de precipitado Pyrex de 1000 cm³.
- 7) Para dimensionar la muestra contamos con un matraz Pyrex de 300 cm³ donde depositamos una muestra de líquido de prueba de 200 cm³.
- 8) Rodeando la base del recipiente externo contamos con una resistencia eléctrica de 500 Watt para calentar el baño maría que a la vez calentará el líquido de prueba hasta la temperatura deseada.
- 9) Se llena el recipiente interno con 200 cm³ del líquido de prueba. Luego se calienta hasta la temperatura deseada mediante el baño maría agitando el líquido para homogenizar la temperatura.
- 10) Se saca la varita de obturación y se toma el tiempo de vaciado del líquido de prueba.
- 11) La viscosidad de líquido se expresa en grados de Engler (°E) que es igual al ratio entre el tiempo vaciado del líquido de prueba entre el tiempo de vaciado de 200 cm³ de agua destilada a 20 °C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la calibración del viscosímetro de Engler es necesario obtener una ecuación empírica que relacione el tiempo de vaciado del agua destilada en el rango de 10 – 30 °C, resultados que se muestran en la Tabla 1. Para el ajuste se utilizó la técnica de mínimos cuadrados.

Viscosidad cinemática del agua destilada en grados Engler, en el rango de 10 a 30 °C.

Tabla 1: Tiempo de vaciado de 200 cm³ de agua destilada, en función de la temperatura.

Tiempo de vaciado de 200 cm ³ de agua destilada					
i	θ_i (°C)	T_i (s)	$\langle T_i \rangle$ (s)	$(T_i - \langle T_i \rangle)^2$ (s ²)	$(T_i - \langle T_i \rangle)^2 / \langle T_i \rangle^2$
1	10,5	63,2	632,121	0,000146	0,000000
2	14,0	60,8	615,788	0,606529	0,000160
3	16,0	61,5	606,928	0,651572	0,000177
4	18,0	60,2	598,412	0,128737	0,000036
5	19,5	59,5	592,251	0,075584	0,000022
6	21,5	58,5	584,337	0,004399	0,000001
7	22,0	58,5	582,412	0,066977	0,000020
8	23,0	56,9	578,627	0,926791	0,000277
9	24,0	57,1	574,928	0,154292	0,000047
10	25,0	56,8	571,315	0,109892	0,000034
11	26,5	56,8	566,057	0,037762	0,000012
12	28,0	56,5	560,992	0,160641	0,000051
Σ				2,923323	0,000835

Tabla 2: Parámetros de la ecuación cuadrática que ajusta el tiempo de vaciado de 200 cm³ de agua destilada con la temperatura.

$A = 68,7440$	$n = 12$
$B = -0,5720$	$\sigma_T s = 0,515515889$
$C = 0,004$	$\sigma_{< > s} = 0,148816619$
$< > S = (A + B * \theta + C * \theta^2)$	$\sigma R_T = 0,008714627$
$\text{Tag } 20^\circ\text{C } S = 59,0240$	$\sigma R_{< >} = 0,002515696$

El tiempo de vaciado de 200 cm³ de agua destilada a 20°C, fue de:

$$T(20)^\circ\text{C} = 68,7440 - 0,5720 * (20) + 0,0043 * (20)^2 = \mathbf{59,0240(s)}$$

Utilizando la ecuación cuadrática empírica con los parámetros indicados en la tabla 2. Los datos experimentales se han graficado en la Figura 3.

Viscosidad del aceite SAE 40

El sistema de medición se probó midiendo la viscosidad Engler del aceite SAE 40, cuyos resultados se muestran en la tabla 3 y su gráfico en escala logarítmica (Figura 4).

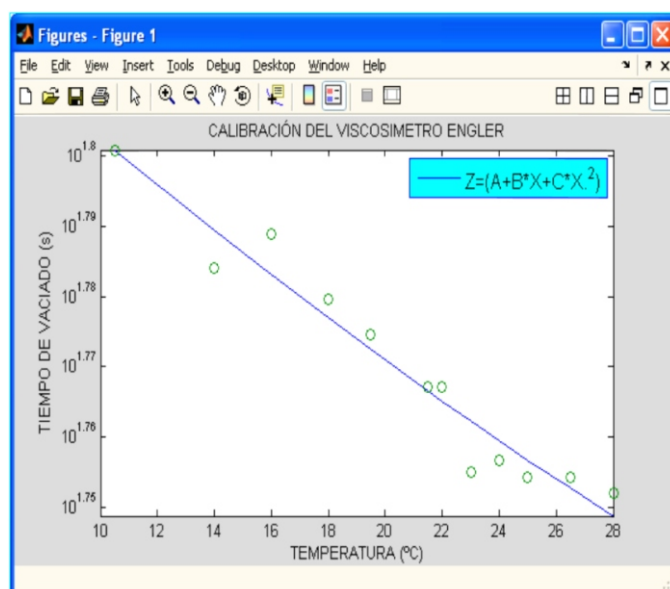


Figura 3. Tiempo de vaciado a 200 cm³ de agua destilada.

Tabla 3. Viscosidad del aceite lubricante SAE 40 expresado en Grados Engler en el rango (10- 160°C).

Tag (20°C)(S)= 59,0240

i	Θi (°C)	Ti (s)	μi (°E)
1	14,5	3954,8	670,033
2	22,5	2824,7	478,568
3	25,5	2241,5	379,761
4	37,5	1132,3	191,837
5	43,3	759,0	128,592
6	53,5	451,0	76,410
7	68,5	277,0	46,930
8	85,8	166,0	28,124
9	90,0	156,5	26,515
10	100,0	111,0	18,806
11	110,0	99,0	16,773
12	120,0	95,5	16,180
13	134,0	80,0	13,554
14	134,0	80,0	13,554
15	150,0	78,0	13,215
16	159,5	81,5	13,808
Σ			2132,658

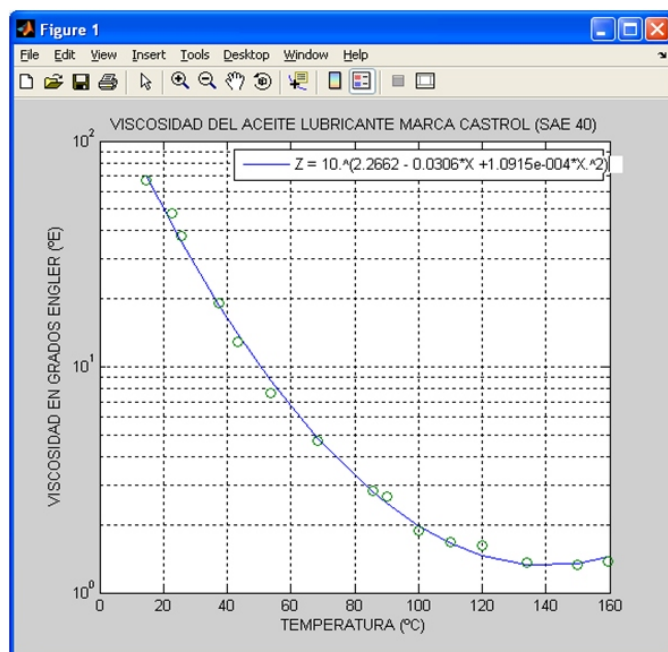


Figura 4. Viscosidad del aceite lubricante Castrol SAE 40 expresado en grados Engler en el rango.

Tabla 4. Viscosidad del Aceite Lubricante Castrol SAE 40, expresada en Stokes (ST), en el rango 10 a160 °C

i	Θ_i (°C)	η_i (°E)	η_i (St)
1	14,5	670,033	48,970
2	22,5	478,568	34,970
3	25,5	379,761	27,744
4	37,5	191,837	13,990
5	43,3	128,592	0,9351
6	53,5	7,641	0,5503
7	68,5	4,693	0,3296
8	85,8	28,124	0,1832
9	90,0	26,515	0,1700
10	100,0	18,806	0,1039
11	110,0	16,773	0,0850
12	120,0	1,618	0,0793
13	134,0	13,554	0,0525
14	134,0	13,554	0,0525
15	150,0	13,215	0,0489
16	159,5	13,808	0,0552
Σ			152,130

CONCLUSIONES

El comportamiento de los datos experimentales se ajusta a una curva cuadrática en un sistema de coordenadas semilogaritmico, resultando errores estadísticos aleatorios en el rango aceptable para investigaciones científicas (<1%).

El sistema experimental diseñado y ensamblado para el fin de medir viscosidades de aceites lubricantes en el rango de temperatura de 10 a 170 °C tuvo un buen desempeño.

RECOMENDACIONES

Recomendamos mejorar el viscosímetro Engler, incorporándole un potenciómetro para graduar la potencia de la energía eléctrica para el calentamiento en baño maría, asimismo agregarle un termostato para la precisión de la medición de la temperatura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bird W E, Lichtfood E. *Transport Phenomena*. New York. John Wiley Sons, Inc; 2002.
2. Shames I. *Mecánica de fluidos*. Bogotá Colombia: Editorial McGraw – Hill Interamericana S.A. 1995.
3. Hernández S R. *Metodología de la Investigación*. 4ta. Ed. México: Editorial McGraw – Hill Interamericana S.A. 1991.
4. Streeter V Wylie B. *et al. Mecánica de Fluidos*. Bogotá Colombia: Editorial McGraw – Hill Interamericana S.A. 2000.
5. Morales M. *Matlab 7.0 Métodos numéricos y visualización gráfica*. Primera Edición, 2005.