

# Comparación experimental de un aceite vegetal y un aceite mineral básico como lubricantes en el par tribológico acero-babbit

## *Experimental Comparison of Vegetable and Mineral Based Pils as Lubricants in Tribological Joint Steel-Babbit*

Dr. Calixto Rodríguez-Martínez, [calixto@fim.uo.edu.cu](mailto:calixto@fim.uo.edu.cu), Dr. Francisco Lafargue-Pérez, [calixto@fim.uo.edu.cu](mailto:calixto@fim.uo.edu.cu)

Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba

*La disminución de las fuentes naturales, el cambio climático y el incremento de la sensibilidad sobre el medio ambiente, han hecho que los lubricantes de base renovable comiencen a considerarse como una alternativa para sustituir los lubricantes de origen mineral. El trabajo presenta el comportamiento de la fricción cuando se emplean como lubricantes el aceite vegetal de *Jatropha curcas L* y un aceite mineral básico en la unión tribológica acero-babbit. Los resultados mostraron un coeficiente de fricción y una temperatura en el contacto de la unión tribológica con magnitudes más bajas empleando el aceite de *Jatropha curcas L* en comparación con el aceite mineral.*

**Palabras clave:** *aceite vegetal de *Jatropha curcas L*, aceite mineral básico, coeficiente de fricción, temperatura del contacto, unión tribológica acero-babbit.*

*The decrease in the natural sources, the climate change and the increase of the environmental awareness have made that the renewable base lubricants begin to be considered as an alternative to replace mineral oils. The paper presents the friction behaviour when using as lubricants the *Jatropha curcas L* vegetable and mineral based oils in tribological joint steel-babbit.*

*Results showed lower friction coefficient and contact temperature values with the use of *Jatropha curcas L* vegetable oil in comparison with mineral based oil.*

**Key words:** *Jatropha curcas L vegetable oil, mineral based oil, friction coefficient, contact temperature, tribological joint steel-babbit.*

## Introducción

A la luz de la disminución de las fuentes naturales de recursos, el cambio climático global, y el aumento de la conciencia ambientalista los lubricantes de base renovable han comenzado a considerarse como una alternativa potencial para sustituir los aceite derivados del petróleo /1/.

La sustitución de los aceite minerales por productos biodegradables, es una de las formas de reducir el efecto negativo producidos por los lubricantes sobre los ecosistemas. El problema es especialmente serio en los sistemas que trabajan bajo el principio de lubricación de un solo paso o de pérdida total en áreas ambientalmente sensibles, como son los equipos agrícolas, hidráulicos, forestales, de la construcción, etcétera, los cuales usan cientos de kg de lubricantes anualmente /2/.

El incremento de la demanda de lubricantes aceptables por el medio ambiente ha llevado a los investigadores a echar una mirada a los aceites de origen vegetal como una alternativa /3/.

La gran ventaja de estos lubricantes es que son ecológicos, tienen reducida razón de toxicidad y una alta biodegradación biológica sobre todo cuando son comparados con lubricantes de origen mineral /4/.

El nombre del género *Jatropha* deriva del griego: *jatrós* (doctor) y *trophé* (comida), que implica usos medicinales, mientras que *curcas* es el nombre común para la nuez del *Phycis* en Malabar, India. Es originaria de México y Centroamérica, pero crece en la mayoría de los países tropicales; se cultiva en América Central, Sudamérica, sureste de Asia, India y África. En Cuba, está presente en casi todas las provincias y la Isla de la Juventud y se desarrolla de forma silvestre como cerca viva /5/.

Teniendo en consideración la composición química y las propiedades físico-química del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L /6/, se decidió realizar un estudio comparativo de este aceite vegetal y un aceite mineral básico no aditivado como lubricantes en el par tribológico acero-babbit muy utilizado en el sector de la industria mecánica, determinando el coeficiente de fricción y la temperatura de contacto generada por dicha fricción.

## Fundamentación teórica

Producto de la fricción en las uniones de rozamiento se consume alrededor del 30 % de la energía generada en el mundo /7/. La disminución de la fricción es la vía directa para el ahorro energético. Para lograr este objetivo es fundamental el empleo de la lubricación.

Los aceites vegetales fueron uno de los primeros lubricantes empleados por el hombre, pero luego fueron casi completamente desplazados alrededor del año 1900 por los lubricantes minerales, los cuales poseen mayor fluidez a bajas temperaturas y mayor estabilidad oxidativa e hidrolítica /1/, sin

embargo hoy día los aceites vegetales han despertado un especial interés por su baja agresividad al medio ambiente en comparación con los aceites de origen mineral.

Otras de las características de los aceites vegetales que lo hacen atractivos para la lubricación, son su alto índice de viscosidad, lo que indica la poca variación de la viscosidad respecto a la temperatura, poseen aceptable volatilidad, buena compatibilidad con muchos aditivos y con los aceites minerales y además muy buena lubricidad y protección contra el desgaste /8/.

La presencia del grupo carboxilo (COOH) en los aceites vegetales reacciona con las superficies metálicas formando una capa por absorción difíciles de separar, reduciendo la fricción entre los cuerpos en contacto en el régimen de lubricación límite /9/.

## Métodos utilizados y condiciones experimentales

Para la realización de los experimentos se utilizó un tribómetro tipo Timken bloque-rodillo (figura 1).

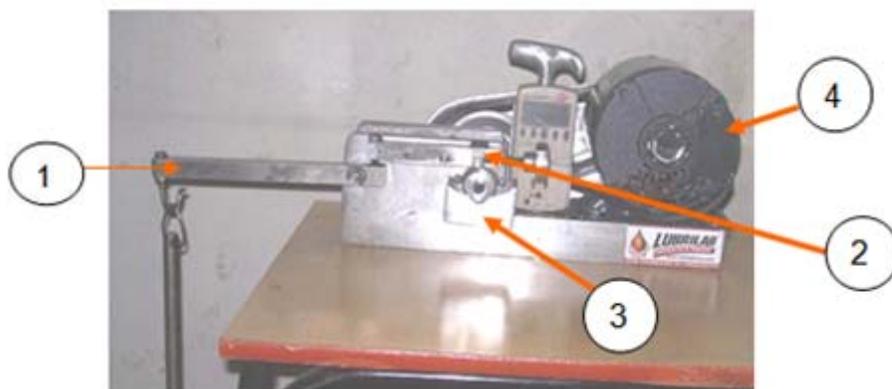


Fig. 1 Tribómetro Timken: 1 sistema de palanca de carga, 2 sistema portaprobeta, 3 depósito del lubricante, 4 motor asincrónico.

En la figura 2 se muestra un detalle del par tribológico evaluado, las probetas rodillo y bloque.



**Fig. 2 Detalle del par tribológico.**

En la figura 3 se muestran los termopares utilizados para controlar la temperatura del aceite ( $T_{ac}$ ) y del contacto entre el bloque y el rodillo ( $T_c$ ).



**Fig. 3 Termopares: 1 termopar en el contacto, 2 termopar en el aceite.**

Las condiciones del experimento, esto es, carga en el contacto entre el bloque-rodillo ( $Q$ ), velocidad de deslizamiento ( $V_d$ ), tiempo de ensayo, temperatura ambiente y humedad relativa se muestran en la tabla 1.

Tabla 1  
Condiciones experimentales

Condiciones	Magnitud
Carga (N)	115
Velocidad de deslizamiento (m/s)	1,5
Tiempo de ensayo (min.)	10
Temperatura ambiente (°C)	28,6
Humedad relativa (%)	66,8

Las propiedades y características de los materiales evaluados se muestran en la tabla 2.

Tabla 2  
Propiedades y características de los materiales evaluados

Componentes del par	Material	Dureza	Acabado superficial ( $\square$ m)
Bloque	Babbit con base estaño	HB 36	0,8
Rodillo	Acero AISI No. E-52100	HRc 64	0,035

Los aceites evaluados fueron el aceite vegetal de *Jatropha curcas* L y un aceite mineral básico; ambos con viscosidades cinemáticas similares

para evitar la influencia de esta propiedad en los resultados. Las propiedades de ambos aceites se muestran en la tabla 3.

Tabla 3  
Propiedades de los lubricantes empleados

Componentes del par	Material	Dureza	Acabado superficial ( $\square$ m)
Bloque	Babbit con base estaño	HB 36	0,8
Rodillo	Acero AISI No. E-52100	HRc 64	0,035

Los parámetros principales para la comparación del comportamiento tribológico fueron el coeficiente de fricción ( $f$ ) y la temperatura en el contacto ( $T_c$ ) entre ambas probetas (bloque-rodillo).

Para determinar el coeficiente de fricción se midió el consumo de potencia del motor asincrónico con carga y en vacío, la diferencia entre ambas ofrece como resultado el consumo de potencia producto de la fricción ( $N_f$ ), luego se determinó el coeficiente de fricción mediante la siguiente expresión:

$$f = \frac{N_f}{Q \cdot V_d} \quad (1)$$

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos de las corridas experimentales para el aceite vegetal de la *Jatropha curcas* L y el aceite mineral se muestran en las tablas 4 y 5, respectivamente. El comportamiento del coeficiente de fricción y la temperatura en el contacto para ambos aceites se muestran en las figuras 4 y 5.

Tabla 4  
Comportamiento del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L

Tiempo de ensayo (min.)	Tac (°C)	Tc (°C)	Nf (W)	Coefficiente de fricción
1	32,0	34,7	10	0,056
2	32,1	35,8	7	0,039
3	32,3	36,3	6	0,033
4	32,4	37,5	6	0,033
5	32,5	38,0	6	0,033
6	32,8	38,4	6	0,033
7	33,2	38,9	6	0,033
8	33,2	39,4	5	0,028
9	33,4	39,9	4	0,022
10	33,6	40,1	4	0,022

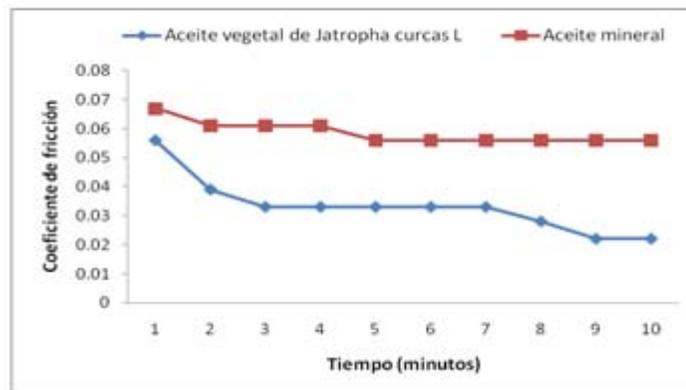


Fig. 4 Comportamiento del coeficiente de fricción.

Tabla 5  
Comportamiento del aceite mineral básico

Tiempo de ensayo (min.)	Tac (°C)	Tc (°C)	Nf (W)	Coefficiente de fricción
1	32,2	33,9	12	0,067
2	32,4	35,5	11	0,061
3	32,5	36,6	11	0,061
4	32,7	37,6	11	0,061
5	32,9	38,6	10	0,056
6	33,1	39,5	10	0,056
7	33,4	40,4	10	0,056
8	33,6	41,2	10	0,056
9	33,9	41,9	10	0,056
10	34,1	42,5	10	0,056

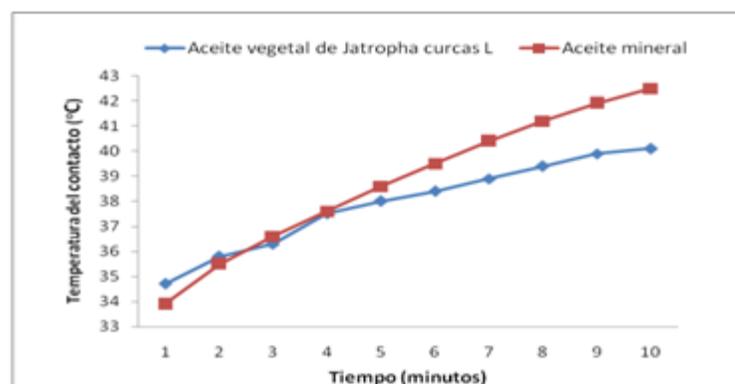


Fig. 5 Variación de la temperatura de contacto en el par tribológico.

Como se puede apreciar en la figura 4, el coeficiente de fricción para el par lubricado con el aceite vegetal de *Jatropha curcas* L fue 2,54 veces inferior respecto a la utilización del aceite mineral, al cabo de los diez minutos cuando se alcanza la estabilidad.

Los valores que experimenta el coeficiente de fricción para ambos aceites (0,022–0,056), indican que el régimen de lubricación existente es el régimen de lubricación mixto/10%, donde coexisten dos regímenes de forma simultánea, es decir el régimen de lubricación hidrodinámico y el régimen de lubricación límite. En el caso del aceite vegetal la presencia del grupo carboxilo (COOH) posee una notable influencia en microzonas, donde existe la lubricación límite reduciendo la magnitud del coeficiente de fricción.

En el caso de la variación de la temperatura en el contacto del par rodillo-bloque también constituye un indicador del calor generado por la fricción en el par tribológico.

Como se aprecia en la figura 5, hay un incremento continuo de la temperatura de contacto para ambos aceites con magnitudes similares hasta los cuatro minutos, a partir del cual el incremento para el aceite vegetal de *Jatropha curcas* L es ligeramente inferior respecto al aceite mineral, con valores de temperatura en la estabilidad del coeficiente de fricción de 40,1 °C y 42,5 °C respectivamente.

## Conclusiones

El uso del aceite vegetal *Jatropha curcas* L como lubricante mejora el comportamiento desde el punto de vista de la fricción del par acero - babbitt al compararlo con el aceite mineral básico, lográndose una disminución alrededor del 60% del coeficiente de fricción. Estos resultados pueden asegurar que el aceite vegetal proveniente del fruto de la *Jatropha curcas* L puede ser utilizado como un aceite lubricante con grandes perspectivas.

## Bibliografía

- 1 STEFĂNESCU, I. *et al.* "On the future of biodegradable vegetable lubricants used for industrial tribosystems". *Tribology. Rumania*, vol.13, 2002. Págs. 94-98.
- 2 BARRIGA, J. A. *et al.* "Sunflower based grease for heavy duty application". *Revista da Associação Portuguesa de Análise Experimental de Tensões*, Portugal, vol. 13, 2006. Págs. 129-133.
- 3 TEFĂNESCU, I. *et al.* "The Behaviour of Some Vegetable Oils During the Friction Process". *5th International Conference Research and Development in Mechanical Industry*, RaDMI, Vrnjačka Banja, Serbia and Montenegro, 2005. Págs. 353 -358.
- 4 ALUYOR, E. O *et al.* "Biodegradation of vegetable oils: A review". *Scientific Research and Essay*, vol.4, No 6, 2009. Págs. 543-548.
- 5 SOTOLONGO, J. *et al.* Potencialidades energéticas y medioambientales del árbol *Jatropha curcas* L en las condiciones edafoclimáticas de la región semiárida de

- 
- la provincia de Guantánamo. *Revista Tecnología Química*, Cuba, vol. 27, No. 2, 2007. Págs. 76 - 82.
- 6 LAFARGUE, F. *et al.* "Caracterización físico-química del aceite vegetal de *Jatropha curcas* L." *Revista Tecnología Química*, Cuba, vol.32, No. 2, 2012. Págs. 162-165.
- 7 JOST, H. P. Energy Saving Trough Tribology: a Techno-Economic Study. Proceedings Institution of Mechanical Engineers. Gran Bretaña, vol. 195. No 16. 1981.
- 8 CALOMIR, C. *et al.* "Vegetal oils as lubricating materials". *Tribology*. Rumania, vol. 14, 2008. Págs. 154-160.
- 9 GWIDON, W. S., A. W. B. *Engineering Tribology*. Butterworth-Heinemann. Gran Bretaña. 2001.
- 10 RODRIGUEZ, C. *Fundamentos de la Tribología*. Universidad de Oriente. Cuba. 2005.