

TENSIÓN SUPERFICIAL DINAMICA EN BIODIESEL

C. D. Schenkel⁽¹⁾, R. E. Gayoso^{(1),(2)}, H. Ritacco⁽³⁾, P. A. Sorichetti^{(1),(2)},
S. D. Romano^{(1),(2)}, D. H. Kurlat⁽²⁾

⁽¹⁾ Grupo de Energías Renovables, Fac. de Ingeniería, Univ. de Buenos Aires (FIUBA)

⁽²⁾ Laboratorio de Sistemas Líquidos, FIUBA

⁽³⁾ Laboratoire de Physiques des Solides. Université de Paris-Sud XI, Orsay, France.

e-mail: sromano@fi.uba.ar

Se realizaron mediciones de tensión superficial dinámica en Biodiesel por el método de la máxima presión de burbuja. El biocombustible se obtuvo a partir de aceites vegetales nuevos y usados por medio de un proceso de transesterificación, en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. El estudio se llevó a cabo para distintas temperaturas. Por otro lado, se estudiaron mezclas de Biodiesel y Gasoil en distintos porcentajes. Los resultados obtenidos tienen interés para el estudio del proceso de atomización de combustible en los inyectores de motores Diesel. La optimización de la atomización permite mejorar la calidad de la combustión y en consecuencia, reducir las emisiones nocivas.

Measurements of dynamic surface tension were made in Biodiesel by the method of maximum bubble pressure. The biofuel was obtained from new and used vegetable oils by means of a transesterification process, at the Faculty of Engineering of the University of Buenos Aires. The study was carried out at several temperatures. Also, blends with different percentages of Biodiesel and Diesel Fuel were studied. The results are of interest for the study of the fuel spraying process in Diesel engines. The optimization of the spraying process improves the combustion quality and reduces harmful emissions.

I. INTRODUCCIÓN

La American Society for Testing and Materials (ASTM) define al Biodiesel como “una mezcla de ésteres de ácidos grasos saturados e insaturados de diferentes masas moleculares relativas, derivados de la transesterificación de aceites y grasas biológicas para ser utilizado en motores diesel”.

Usar Biodiesel^{(1),(2)} en vez de gasoil tiene varias ventajas: es un combustible renovable ya que se obtiene a partir de aceites vegetales o grasas animales; no tóxico; su combustión produce menor contaminación en el aire que la combustión del gasoil; su degradación ambiental es mucho más rápida que la del gasoil (minimizando las consecuencias de posibles derrames), es completamente miscible con el gasoil, por lo que se lo puede usar sólo o mezclado con éste, etc. Además, el consumo de combustible y la potencia del motor se mantienen prácticamente en sus valores normales y es el único combustible alternativo que funciona en cualquier motor diesel convencional, sin ser necesario modificar el mismo. El Biodiesel además tiene la ventaja de tener ciertas propiedades lubricantes, lo cual alarga la vida útil del motor.

Dado que este biocombustible puede reemplazar al Gasoil o mezclarse con éste al utilizarse en motores Diesel, medir la tensión superficial en el biocombustible y sus mezclas tiene un interés indiscutible, debido a que esta propiedad influye marcadamente en los procesos termodinámicos del ciclo Diesel.

En particular, durante el proceso de inyección de combustible, la tensión superficial es el principal

factor determinante del grado de dispersión (número y tamaño de gotas) y por lo tanto, de la eficiencia de la combustión⁽³⁾. Cuanto menor sea la tensión superficial, mayor será la superficie de combustible expuesta al aire (gotas más pequeñas, es decir, habrá mayor superficie específica en contacto con el aire previamente comprimido) y mayor el rendimiento, eficiencia de combustible y menor la emisión de contaminantes. Un parámetro que evidencia la relación de la tensión superficial con la densidad, velocidad relativa y longitud característica en un proceso de inyección de un líquido en un medio gaseoso es el número de Weber, que da una idea del tamaño de gota.

Es útil, por lo tanto, estudiar la tensión superficial a distintas temperaturas y para distintas mezclas para poder realizar un estudio más profundo de la inyección del mismo en motores diesel convencionales.

II. MÉTODOS

Principio de Método de máxima presión de burbuja (MBP)

El método de máxima presión de burbuja (MBP) fue propuesto por Simon⁽⁴⁾ hace 150 años en base a la ecuación de Young - Laplace, que permite calcular la diferencia de presión a ambos lados de una interfaz. La expresión utilizada en el caso de una interfaz esférica es :

$$\Delta P = \gamma \cdot \frac{2}{R} \quad (\text{Ec. 1})$$

donde γ es la tensión superficial, $\Delta P = P_2 - P_1$ es la diferencia de presión existente entre las fases y R el único radio de curvatura. Midiendo la diferencia de presión a ambos lados de la interfaz y conociendo R , es posible obtener la tensión superficial.

Dispositivo Experimental

El equipo utilizado para medir tensión superficial dinámica⁽⁵⁾ con la técnica MBP ha sido desarrollado, diseñado y construido en el Laboratorio de Sistemas Líquidos de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires, en base a numerosos trabajos teóricos y experimentales; en particular, los de Fainerman⁽⁶⁾. En la Figura 1 se muestra una representación del equipo.

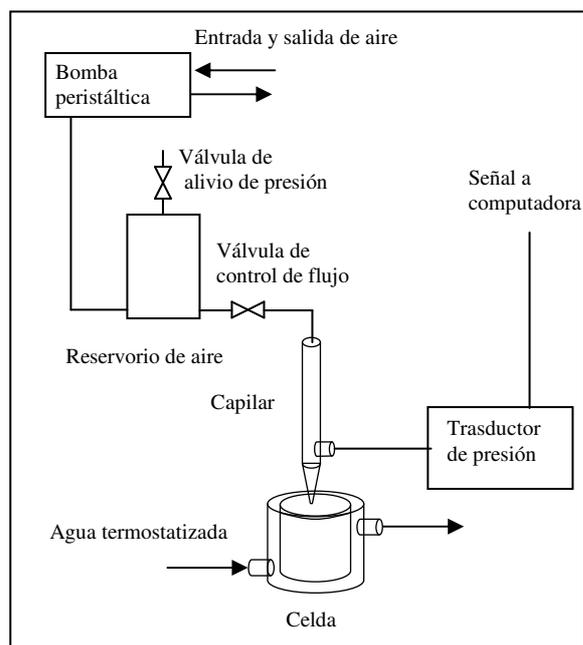


Figura 1: Esquema del equipo de MPB.

La idea consiste en generar presión (de aire) en el interior de un capilar sumergido en el líquido que se quiere estudiar y cuyo radio interno es conocido (radio de curvatura) y medir la diferencia de presión al interior y exterior de la burbuja que se forma en su extremo. Para ello se utiliza una bomba peristáltica de velocidad variable. Esta permite un control fino del flujo de aire hacia el reservorio en la Figura 1. Este es un recipiente cilíndrico de unos 250 cm³ de capacidad y que tiene varias funciones. Por un lado, amortigua las oscilaciones producidas por la bomba peristáltica, por otro, hace de filtro para las partículas de polvo en el aire. Al reservorio de aire se conectan dos válvulas. Una de ellas es la válvula de alivio de presión que se abre completamente para equilibrar la presión del sistema con la presión atmosférica antes de comenzar una medida y que luego permanecerá cerrada durante la experiencia.

La otra válvula es la de control de flujo y permite regular con buena precisión, el flujo de aire y la

frecuencia de generación de burbujas. De esta manera el conjunto válvula de flujo/bomba permite variar el tiempo de vida de la interfaz (la velocidad con la que se forman las burbujas).

La temperatura de la muestra es controlada mediante recirculación de agua a la temperatura deseada a través de la celda de medición. Esta consiste en un recipiente de vidrio de 40 ml de capacidad con una doble pared provista de entrada y salida para el líquido de termostatación.

El capilar posee una salida lateral ubicada a 2 cm del extremo que se conecta a un transductor de presión ($\Delta P_{\text{máximo}} = 10$ pulgadas de H₂O; salida de 1 a 5 voltios con un error máximo de 1% del fondo de escala) que medirá la diferencia de presión existente entre el interior y el exterior del sistema. Todos los datos generados por el transductor se envían a una computadora que registra los valores de ΔP y de tiempo para su análisis.

Medidas realizadas

Se realizaron medidas de tensión superficial dinámica (TSD) en muestras de Biodiesel obtenido y caracterizado en el Grupo de Energías Renovables de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, en diferentes producciones, con tiempos característicos de entre 3 y 50 seg. aproximadamente. Dichos valores para el sistema en estudio se corresponden con los valores estáticos medidos con el método de la lámina de Wilhelmy⁽⁷⁾.

El Biodiesel se obtuvo como se detalla en el trabajo de Romano y Sorichetti⁽⁸⁾. Luego de precondicionar el aceite, mediante una reacción química de transesterificación se lo transformó en una mezcla de ésteres metílicos (de los mismos ácidos grasos). Para ello, se hizo reaccionar el aceite con metanol (20% V/V), utilizando hidróxido de sodio como catalizador. La reacción química se llevó a cabo bajo agitación continua y a temperatura constante (50°C). Posteriormente se decantó la glicerina (subproducto) y se la separó del biocombustible obtenido. Para purificar el Biodiesel se realizaron tres lavados; el primero con agua acidificada con ácido acético y los restantes, con agua desionizada.

Se estudió la variación de la tensión superficial (TS) en función de la temperatura, en un rango comprendido entre 10 y 70°C. También se midió la TS del Gasoil comercial a fin de comparar los valores obtenidos con los del Biodiesel. El rango de medición del Gasoil estuvo comprendido entre 10 y 40°C.

Por otro lado, se realizó un estudio de la TS en mezclas de Biodiesel y Gasoil, a temperatura constante. Estas medidas se realizaron a temperaturas fijas de: 10, 25 y 40°C.

La composición de las mezclas Biodiesel / Gasoil se expresa como "Bx" y significa que la mezcla contiene "x" por ciento de Biodiesel, en volumen. Por ejemplo, 100ml de B20 contendrán 20ml de Biodiesel y 80ml de Gasoil.

Las mezclas medidas fueron B20, B50 y B80 y se compararon los valores obtenidos con B100 (Biodiesel puro) y B0 (Gasoil puro).

III. RESULTADOS EXPERIMENTALES

En la Figura 2 se grafican los resultados de TS en función de la temperatura, realizados en Biodiesel obtenido a partir de distintas producciones y se comparan con los obtenidos para Gasoil comercial. El rango de temperatura de medición del Gasoil estuvo comprendido entre 10 y 40°C, por razones de seguridad. Esto se debe a que el punto de inflamación del Gasoil es, por norma, de al menos 50°C mientras que el del Biodiesel es de, al menos, 100°C. En nuestro caso, las medidas realizadas en el grupo de Energías Renovables indican que el Biodiesel obtenido tiene un punto de inflamación de 150°C.

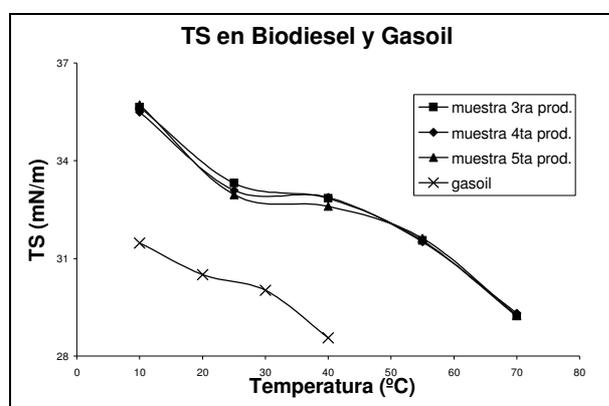


Figura 2: TS en función de la temperatura para Biodiesel y Gasoil

En las Figuras 3, 4 y 5 se grafican los valores de TS de distintas mezclas de Biodiesel y gasoil como del Biodiesel puro a 10, 25 y 40°C respectivamente.

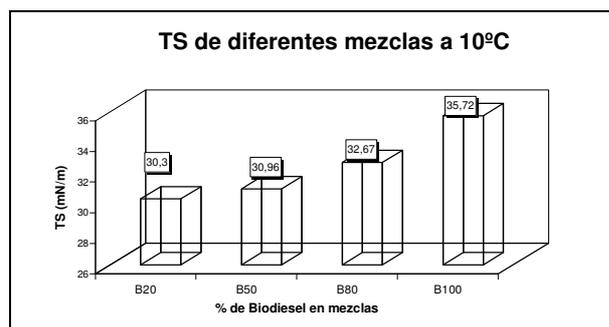


Figura 3: TS para mezclas de Biodiesel y Gasoil, a 10°C

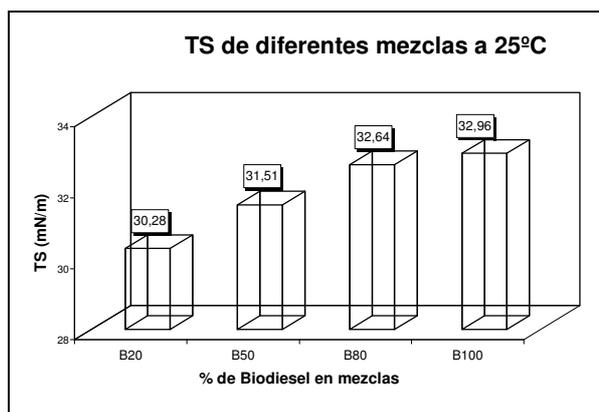


Figura 4 : TS para mezclas de Biodiesel y Gasoil, a 25°C

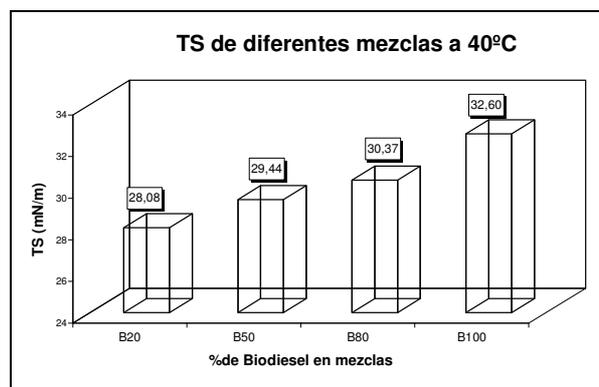


Figura 5: TS para mezclas de Biodiesel y Gasoil, a 40°C

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A partir de la Figura 2 se puede observar lo siguiente:

- En todas las muestras de Biodiesel la tensión superficial decrece al aumentar la temperatura.
- Las distintas producciones batch de Biodiesel muestran resultados muy próximos entre sí.
- La curva del Gasoil tiene un comportamiento cualitativamente similar a las curvas de Biodiesel pero los valores de tensión superficial en Gasoil resultan menores.
- Entre 25°C y 40°C se observa un plateau en las curvas del Biodiesel, mientras que para el Gasoil, el plateau se produce entre 20°C y 30°C aproximadamente.

En nuestra opinión, la diferencia entre los resultados de TS para Biodiesel y gasoil podrían atribuirse a los aditivos agregados a este último.

A partir de los resultados de tensión superficial graficados en la Figuras 3, 4 y 5 para las mezclas de Biodiesel y gasoil a distintas temperaturas, se realizó el cálculo del apartamiento de dichos valores con respecto a los obtenidos a partir de un modelo de mezcla lineal, obteniéndose para todos los casos, un resultado inferior al 8%.

Por otro lado, se midió la tensión superficial dinámica a gasoil de distintas marcas comerciales. Los valores obtenidos están muy próximos entre sí.

Cabe destacar que el valor de TS en el Gasoil es numéricamente muy similar al de B20, para todas las producciones, superándolo en algunos casos.

Por último, las medidas realizadas de TS para las mezclas en función de la temperatura no son suficientes para generalizar una tendencia. Por lo que se seguirá su estudio, completándolo a distintas temperaturas y con otros porcentajes de mezcla.

Referencias

- 1 - Ma, F. Hanna, M. Bioresource Technology, **70**, 1 - 15 (1999).
- 2 - Canakcy, M. Van Gerpen, J. Transactions of the ASAE **44** (6), 1429 - 1436 (2001).
- 3 - Sirignano, W. A. "Fluids Dynamics and Transport of Droplets and Sprays", Cambridge University Press (1999).

4 - Simon, M. Ann.Chim. Phys, **32** (5), (1851).

5 - Ritacco, H. Tesis Doctoral. Propiedades de líquidos complejos: Propiedades volumétricas y superficiales en sistemas mixtos polielectrolito/surfactante de cargas opuestas. Un estudio de efecto Kerr y tensión superficial dinámica (2003).

6 - Fainerman, V. B. Miller, R. in "Drops and Bubbles in Interfacial Research", Ed. D.Möebius and R.Miller, 279 - 326. Elsevier Science (1998).

7 - Wilhelmy, L.; Ann.Phys.,119 -177 (1863).

8 - Romano, S. D. Sorichetti, P. A. Anales AFA 2003, en prensa.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó en el marco de los proyectos de investigación: I067 "Obtención y caracterización de Biodiesel en planta piloto" e I058 "Estudio de fenomenos de interface y volumen en fluidos complejos", UBACyT, 2004 - 2005.