



<https://eqrcode.co/a/yEG3M2>

PUNTOS DE VISTA

Las emulsiones de petróleo

Fuel Emulsions

Ing. Juan Alberto Domínguez-Martínez¹

Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN. Una emulsión es el enlace del agua con un elemento hidrófobo (aceites, cera, u otros enlaces difícilmente hidrosolubles). Está compuesta de dos fases, una fase interna o dispersa y una fase externa o continua, como estas fases no son hidrosolubles o son difícilmente hidrosolubles, la fase interna o dispersa está formada por gotas que no se diluyen dentro de la fase externa o continua. Lo esencial en la calidad de una emulsión está en el tamaño y la calidad de la gota de la fase dispersa, que a la vez está determinada de la calidad del dispositivo que se utilice para su obtención. Otro factor en la calidad de una emulsión es la utilización del emulgente, también llamado tenso activo, este elemento se utiliza para evitar que se rompa la emulsión. Realizada una investigación sobre el tema y conocidos todos los elementos, se decidió fabricar emulsiones por cavitación hidrodinámica en Cuba, de aceite soluble, combustible crudo, fuel oil, para lo cual se fabricaron varios prototipos de Dispositivos Hidrodinámicos de Cavitación, entre ellos, el Dispositivo Tubular de Cavitación (DTC) que fue el prototipo inicial del actual Dispositivo Hidrodinámico de Cavitación Multitoberas (DHCM), con el que se obtiene una buena fase dispersa con gotas de tamaño de $2\div 3$ μm y menos con una gran similitud entre unas y otras gotas en su magnitud y forma y una buena homogeneidad, alcanzando una mejor y más completa combustión, reducción de las incrustaciones de hollín, suciedad y formación de muñecos.

Palabras clave: elemento hidrófobo, aceite soluble, petróleo crudo, fueloil, gasoil.

ABSTRACT. An emulsion is the bond of water with a hydrophobic element (oils, wax, or other hardly water-soluble bonds). Therefore, it is composed of two phases, an internal or dispersed phase and an external or continuous phase, since these phases are not water soluble or are hardly water soluble, the internal or dispersed phase is made up of drops that are not diluted within the phase external or continuous. The essential thing in the quality of an emulsion is in the size and quality of the drop of the dispersed phase, which in turn is determined by the quality of the device used to obtain it. Another very important factor in the quality of an emulsion is the use of the emulsifier, also called active surfactant, this element is used to prevent the emulsion from breaking. After researching the subject and knowing all the elements, it was decided to manufacture emulsions by hydrodynamic cavitation in Cuba, from soluble oil, crude fuel, fuel oil, diesel and diesel, for which several prototypes were manufactured, including the Hydrodynamic Device. Multi-nozzle Cavitation (HDMC), with which a good dispersed phase is obtained with drops of size of $2\div 3$ μm and with a great similarity between one and other drops in their magnitude, shape and good homogeneity, achieving better and more complete combustion, reduction of environmental pollution, increase of maintenance periods as a result of the reduction of soot scale, dirt and doll formation.

Keywords: Hydrophobic Element, Soluble Oil, Crude Oil, Fuel Oil, Diesel.

INTRODUCCIÓN

Lo primero es conocer, ¿qué es una emulsión? Y que factores influyen en la calidad de la misma.

Una emulsión es el enlace del agua con un elemento hidrófobo (aceites, cera, u otros enlaces no o difícilmente hidrosolubles). Por lo tanto, está compuesta de dos fases, una fase interna o

dispersa y una fase externa o continua, como estas fases no son hidrosolubles o son difícilmente hidrosolubles, la fase interna o dispersa está formada por gotas que no se diluyen dentro de la fase externa o continua (Padalka, 1962; Salvat, 1968; Pal y Rhodes, 1989; Isla del Campo, 2005; Kozyuk, 2006; Parda-

¹ Autor para correspondencia: Juan Alberto Domínguez-Martínez, e-mail: jualdom1939@gmail.com

Recibido: 15/01/2020.

Aprobado: 22/02/2021.

vell, 2006, 2007; AINIA, 2008; Streeter, 2008; UNEFA, 2011; Ghannam *et al.*, 2010, 2012).

La homogeneidad de la distribución de la fase dispersa dentro de la fase continua determinara la mayor estabilidad y la vida útil de la emulsión, y por tanto su mayor calidad, ahora bien, que es lo que determina la mejor y mayor homogeneidad de la distribución de la fase dispersa dentro de la fase continua, esto está determinado por un menor tamaño de las gotas de la fase interna, y en la menor diferencia entre unas y otras gotas en su magnitud y forma. Por todo lo anteriormente expuesto, lo esencial en la calidad de una emulsión está en el tamaño y la calidad de la gota de la fase dispersa, que a la vez está determinada de la calidad del dispositivo que se utilice para su obtención, por lo que de la calidad del dispositivo que se utilice para la obtención de este tipo de gota, va a depender la calidad de la emulsión.

Otro factor muy importante en la calidad de una emulsión es la utilización del emulgente según Goldshtein *et al.* (1998), también llamado tenso activo, este elemento se utiliza para evitar que se rompa la emulsión, o sea que mantiene la estabilidad de la emulsión y con ello su vida útil, por lo tanto, aumenta su calidad (Domínguez, 1992; Domínguez *et al.*, 1993).

Existen elementos que poseen en su composición emulgentes naturales, entre otros, el combustible crudo y el fuel oil, muy utilizados en el país, con los cuales se obtienen muy buenas emulsiones sin necesidad de adicionar ningún emulgente.

El objetivo de este trabajo pretende dar a conocer la evolución de las emulsiones de petróleo fabricadas por cavitación, la calidad del dispositivo utilizado para la obtención de la fase dispersa, así como la estabilidad, la vida útil, la calidad de las emulsiones de petróleo y su combustión.

DESARROLLO DEL TEMA

En el año 1991, como consecuencia del periodo especial (crisis económica), en el país existían problemas con el petróleo y los lubricantes, dentro de ellos se encontraban:

- Las cantidades que existían en el país del aceite soluble que se utiliza para la lubricación y la refrigeración durante el corte de metales en las maquinas herramientas, no alcanzaban para cumplir el plan de la economía nacional, y no había dinero para comprarlo, ni para comprar los componentes para su fabricación en el país.
- Era necesario desarrollar tecnologías para el ahorro de petróleo, dentro de ellas, la fabricación de las emulsiones y las mezclas de petróleo

Fue entonces que, con el objetivo de desarrollar la fabricación de emulsiones y mezclas de petróleo, el Ministerio de la Industria Básica, crea un grupo de trabajo en la Unidad Central de Mantenimiento “Francisco Acanda” de la Unión del Petróleo, para esta actividad el grupo respondía metodológicamente al vice Ministro primero, que era quien dirigía la actividad del petróleo de dicho Ministerio. Al frente de este grupo se nombró al autor de este trabajo.

Este grupo tenía la misión fundamental de trabajar en la construcción de un dispositivo para fabricar las emulsiones de petróleo, las emulsiones de los aceites solubles que se utilizan para enfriamiento durante el corte de metales en las maquinas

herramientas (con el objetivo de resolver el problema que con este tipo de aceite existía en el país), otros tipos de emulsiones, así como las diluciones y mezclas de petróleo.

La información inicial que se le dio a este grupo fue la siguiente:

- En la antigua Unión Soviética se fabricaban las emulsiones de aceite soluble para el enfriamiento y lubricación durante el corte de metales en las maquinas herramientas con un porcentaje de solo un 3%, en Cuba la empresa de petróleo CUPET recomendaba un 7%.
- Se le entregó al grupo un folleto sobre Mezcladores de Flujo por Cavitación del Laboratorio de Técnica de Cavitación de la Filial de Kiev del HNPO (HNPO, 1990). Este folleto era solo propagandístico y no ofrecía ningún dato de índole técnico que pudiera servir para fabricar un dispositivo similar, además este laboratorio pedía a Cuba 25 000 USD por un mezclador de este tipo.
- Se le pidió al grupo que incursionara en el tema de la cavitación para ver si se podía por esa vía resolver estos problemas.

Después de analizar profundamente la tarea asignada, se buscó toda información que sobre el tema estuviera a mano, a partir de aquí se buscó información sobre la cavitación en Young (1989); Salvat (1968); Pal y Rhodes (1989). y se desarrolló un método de cálculo para fabricar un prototipo de dispositivo, que aprovechando los efectos beneficiosos de la cavitación hidrodinámica según (Padalka, 1962; Salvat, 1968; Pal y Rhodes, 1989; Schuler, 2010). fabricara emulsiones, fue así que después de varias modificaciones y la fabricación de varios prototipos se obtuvo un dispositivo capaz de fabricar estas emulsiones, este prototipo se denominó inicialmente Dispositivo Tubular de Cavitación (DTC) (Domínguez, 1991).

Para el análisis de las emulsiones fabricadas por este dispositivo se montó un laboratorio en la Unidad Central de Mantenimiento “Francisco Acanda”, obteniéndose los resultados siguientes: se alcanzaron dimensiones de las gotas de agua de $2\div 3\ \mu\text{m}$ y menos, con una concentración volumétrica de $1\div 40\times 10^9\ \text{l/m}^3$ y una muy buena estabilidad, estos resultados se obtuvieron en colaboración con el Centro de Investigaciones Química (CIQ) del MINBAS, la estabilidad obtenida para la emulsión fue de más de 3 meses.

Teniendo el grupo en sus manos este resultado se acometió a resolver los problemas para los cuales se creó.

Para resolver la situación existente con la emulsión del aceite soluble era necesario fabricar una emulsión que posibilitara, reducir al máximo posible el porcentaje de aceite soluble utilizado, garantizando una buena refrigeración durante el corte del metal, y sin producir daños en la herramienta de corte, ni corrosión anticipada en las piezas elaboradas.

Realizada una investigación sobre el tema y conocidos todos los elementos, se decide fabricar dichas emulsiones por cavitación hidrodinámica en el DTC, rebajando las cantidades de aceite soluble hasta donde se obtuvieran los resultados requeridos, de esta forma se fabricaron estas emulsiones con diferentes porcentajes de aceite soluble, y se obtuvieron con solo un 2% de dicho aceite los resultados siguientes:

- La obtención de una emulsión con las funciones tecnológicas requeridas para este tipo de trabajo, y con una estabilidad de hasta 3 meses.

- Una durabilidad de hasta 3 meses sin degradación microbiana.
- Un ahorro de más de 2 millones de USD para el país, con la generalización del resultado de este trabajo, para todos los talleres de maquinado del SIME y el MINBAS (mayores consumidores de dicho aceite) e igualmente la posibilidad de cumplir el Plan de la Economía Nacional con las cantidades de aceite soluble en existencia.

Por los resultados obtenidos este trabajo, fue premiado como Ponencia Destacada en el entonces llamado VI FÓRUM Nacional de Fabricación y Recuperación de Piezas de Repuesto, Equipos y Tecnología de Avanzada, con el nombre de Aplicación del Dispositivo Tubular de Cavitación en la fabricación de emulsiones aceites solubles/agua que se utiliza para la refrigeración y lubricación durante el corte de metales en las máquinas herramientas (Domínguez, 1991).

Igualmente se fabricaron emulsiones de agua/fuel oil para ser utilizadas durante el trabajo de las calderas, los resultados de la combustión de estas emulsiones fabricadas por cavitación hidrodinámica en el DTC fueron también positivos, para un valor de la emulsión con un porcentaje de agua del 8% se logró alcanzar:

- Una emulsión con buena homogeneidad y dispersión, con tamaño de gota de $2\div 3\ \mu\text{m}$ y menos.
- Ahorro de petróleo de $6\div 8\%$.
- Una mejor y más completa combustión.
- Reducción de la contaminación ambiental.
- Aumento de los periodos de mantenimiento producto de la reducción de las incrustaciones de hollín, la suciedad y la formación de muñecos.
- Una estabilidad de la emulsión de más de 3 meses.

DISPOSITIVO HIDRODINÁMICO DE CAVITACIÓN MULTITOBERAS (DHCM)

El Dispositivo Tubular de Cavitación (DTC) Domínguez (1991), fue el prototipo inicial del actual Dispositivo Hidrodinámico de Cavitación Multitoberas (DHCM), con él, se corroboró la calidad de las emulsiones fabricadas por cavitación. Tal como se había dicho anteriormente, de la calidad del dispositivo que se utilice para la obtención de la gota de la fase dispersa va a depender la calidad de la emulsión, y con este dispositivo se pudo fabricar emulsiones por cavitación hidrodinámica las cuales se caracterizan por tener dispersiones con un menor tamaño de la fase interna o dispersa en la fase externa o continua, con una menor diferencia entre unas y otras gotas en su magnitud y forma, logrando de esta manera que sea mayor la homogeneidad de la distribución de la fase dispersa, más estable la emulsión, mayor su vida útil y mejor su calidad.

Entre los años 2012 y 2015 el trabajo se dirigió al perfeccionamiento del Dispositivo Hidrodinámico de Cavitación Multitoberas (DHCM), he aquí donde radicarón las mayores dificultades, tanto tecnológicas como económicas, hubo que cambiar por completo la concepción inicial del sector Multitoberas, el cual en el DTC se había construido taladrando una barra circular de acero, y esto no era posible para el desarrollo del DHCM, ya que el sector Multitoberas de este dispositivo no debía ser

de acero común, sino de acero inoxidable, las causas son:

- en el DHCM se procesarían fluidos alimenticios,
- el acero inoxidable es uno de los materiales que más resiste a la corrosión por cavitación, por lo tanto, es idóneo su uso;
- Existen igualmente problemas con la barra redonda de acero inoxidable:
- la barra redonda de acero inoxidable, es muy cara y encarece el producto,
- el maquinado del acero inoxidable es dificultoso, sobre todo si se trata de fabricar orificios largos.

En estos momentos existe una solución tecnológica y económica con la cual se puede lograr la factibilidad de su fabricación.

LA COMBUSTIÓN DE LAS EMULSIONES DE PETRÓLEO

Ahora bien, en las pruebas realizadas de la combustión del petróleo emulsionado obtenido por cavitación hidrodinámica con el DTC y por supuesto con el DHCM se alcanzaron los resultados siguientes:

1. Una mejor y más completa combustión.
2. Reducción de la contaminación ambiental.
3. Aumento de los periodos de mantenimiento producto de la reducción de las incrustaciones de hollín, la suciedad y la formación de muñecos.

Bien, ¿por qué sucede esto?, tal como se explicó, la mejor y mayor homogeneidad de la distribución de la fase dispersa dentro de la fase continua, está determinada por un menor tamaño de las gotas de la fase interna o dispersa, y en la menor diferencia entre unas y otras gotas en su magnitud y forma.

Los resultados del laboratorio obtenidos daban gotas de agua de $2\div 3\ \mu\text{m}$ y menos, con una concentración volumétrica de $1\div 40\times 10^9\ \text{l/m}^3$, con estos resultados cada gota de petróleo administrada por el inyector es una gota de petróleo emulsionado, o sea es una fase externa o continua y que en su interior hay una inmensa cantidad de gotas que forman la fase interna o dispersa, ahora ¿qué sucederá al enfrentarse la gota de petróleo emulsionado al calor de la combustión?, lo primero que sucederá es que las pequeñas gotas de agua que forman la fase interna al enfrentarse a los cientos de grados de temperatura de la combustión explosionaran, y fraccionaran en múltiples partes la gota de petróleo emulsionado, como consecuencia de ello la mezcla aire combustible será superior, por lo tanto la combustión será mejor y más completa, esta es la razón de la calidad de los resultados de la combustión de las emulsiones de petróleo.

Aquí hay que recordar que, si se está trabajando con petróleo crudo o con fuel oil no es necesario aportarle un emulgente o tenso activo, ahora bien, si el petróleo es diésel o gasoil si es necesario utilizar un buen emulgente para una buena calidad de la emulsión.

CONCLUSIONES

- Si hay una buena homogeneidad y dispersión de la fase dispersa dentro de la fase continua, se obtendrá una favo-

Domínguez-Martínez: Las emulsiones de petróleo

- recida emulsión de petróleo y por lo tanto una excelente y completa combustión.
- Está demostrado que con el DHCM se obtiene una buena fase dispersa con gotas de tamaño de $2\div 3\ \mu\text{m}$ y menos, con una gran similitud entre unas y otras gotas en su magnitud y forma y una buena homogeneidad.
- La explosión de las gotas de agua de la fase dispersa al enfrentarse a las altas temperaturas de la combustión, fracciona la gota de petróleo emulsionado inyectada y consecuentemente aumenta la calidad de la mezcla aire combustible, esta es la causa fundamental de la calidad de la combustión de las emulsiones de petróleo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AINIA: Inactivación de microorganismos deteriorantes mediante cavitación, [en línea], AINIA, 2008, Disponible en: www.ainia.es.
- DOMÍNGUEZ, M.J.A.: “Dispositivo Tubular de Cavitación”, En: VI Fórum Nacional de Fabricación y Recuperación de Piezas de Repuesto, Equipos y Tecnología de Avanzada, La Habana, Cuba, 1991.
- DOMÍNGUEZ, M.J.A.: “Tratamiento por cavitación de los fluidos y sus efectos”, En: Conferencia en el Ministerio de la Industria Azucarera (MINAZ), Ed. MINAZ, La Habana, Cuba, 1992.
- DOMÍNGUEZ, M.J.A.; GARCÍA, M.L.; ECHEVARRÍA, E.F.; LAFFITA, D.I.: “Tratamiento por Cavitación para la Disminución de los Microorganismos Contaminantes en las Melazas Diluidas que se Emplean en el Proceso de Fermentación de Alcohol y Aguardiente”, En: CICTA III y QUIMINDUSTRIA 93, La Habana, Cuba, 1993.
- GHANNAM, M.T.; HASAN, S.W.; ABU, J.B.; ESMAIL, N.: “Rheological properties of heavy & light crude oil mixtures for improving flowability.”, *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 81: 122–128, 2012.
- GHANNAM, M.T.; HASAN, S.W.; ESMAIL, N.: “Heavy crude oil viscosity reduction and rheology for pipeline transportation”, *Fuel*, 89: 1095–1100, 2010.
- GOLDSHTEIN, V.; GOLDFARB, I.; SHREIBER, I.; ZINOVIEV, A.: “Oscillations in a combustible gas bubble”, *Comb. Theory Modelling*, 2: 1-17, 1998.
- HNPO: Mezcladores de Flujo por Cavitación, Inst. Laboratorio de Técnica de Cavitación de la Filial de Kiev del HNPO, Kiev, Ucrania, URSS, 1990.
- ISLA DEL CAMPO, G.G.: Dispositivo y método para crear cavitación hidrodinámica en fluidos 2005. Patente No. MX PA04010449 A, México, DF, 2005.
- KOZYUK, V.O.: Un dispositivo y un método para crear cavitación hidrodinámica en fluidos, Patente No. B01F5/06, USA, 8 de febrero de 2006.
- PADALKA, E.S.: Ultrasound in the Petroleum Industry, Gosudarstvennoe Izd. Tekhn. Lit., Kiev, Ucrania, URSS, 1962.
- PAL, R.; RHODES, E.: “Viscosity/concentration relationships for emulsions”, *Journal Rheol.*, 33: 1021-1045, 1989.
- PARDAVELL, M.A.: Dispositivo y método para generar micro burbujas en un líquido utilizando cavitación hidrodinámica, Patente No. MX PA05013571 A, México, DF, 2006.
- PARDAVELL, M.A.: A Dispositivo y método para crear cavitación hidrodinámica, Patente No. MX 2007002758 A, México, DF, 2007.
- SALVAT: Enciclopedia de Ciencia y Técnica, Ed. Mc. Graw–Hill, Barcelona, España, 1968.
- SCHULER, R.: Factor de Supercavitación Multicamara, Patente No. B01F3/08, 2010.
- STREETER, V.L.: Mecánica de los Fluidos, Ed. Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba, 2008.
- UNEFA: Mecánica de Fluidos Cavitación, UNEFA, Ingenieros 2011, Caracas, Venezuela, 2011.
- YOUNG, R.: Cavitation, London, UK, 1989.

Juan Alberto Domínguez-Martínez, Especialista, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Ciencias Técnicas, Centro de Mecanización Agropecuaria, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, e-mail: jualdom1939@gmail.com

El autor de este trabajo declara no presentar conflicto de intereses.

Este artículo se encuentra sujeto a la Licencia de [Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.



El proyecto de colaboración internacional “*Bases Ambientales para la Sostenibilidad Alimentaria Local*”, **BASAL**, comenzó su ejecución oficial el 2 de abril del 2013, es coordinado por la Agencia de Medio Ambiente del CITMA y cuenta con la participación de varias instituciones de este ministerio así como tiene como socio clave en su implementación a instituciones y entidades del MINAG y los gobiernos locales. Dispone de un financiamiento cercano a los 13 millones de CUC, provenientes de la Unión Europea y de la Agencia Suiza de Cooperación – COSUDE. Es implementado por el Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) y tendrá una duración de 5 años (2013-2017).

BASAL tiene como objetivo apoyar la adaptación al cambio climático en el sector agrícola, a escala local, en los municipios de Los Palacios, Gúira de Melena y Jimaguayú y a escala nacional, a través de la Dirección de Ciencia e Innovación Tecnológica del Minag y con la participación de las Direcciones de Cultivos Varios y Ganadería y el Grupo Agroindustrial de Granos de este Ministerio.

Tiene tres grandes resultados esperados:

1. *Aplicadas medidas de adaptación agropecuarias por las y los productoras/es individuales y cooperativistas en los municipios de Los Palacios, Gúira de Melena y Jimaguayú, las cuales consideran las necesidades específicas de mujeres y hombres y los impactos diferenciados del cambio climático en ellas y ellos.*
2. *Consolidado el intercambio de información y conocimientos entre científicas/os y productoras/es locales y nacionales y capacitadas/os estos actores para lograr un mejor enfrentamiento conjunto a los retos del cambio climático.*
3. *Entregadas herramientas género-sensibles para enfrentar los impactos del cambio y la variabilidad climática y hacer más sostenible la producción de alimentos, a las autoridades locales y nacionales.*

Entre las principales actividades para cada Resultado están:

Resultado 1: *Rehabilitación de sistemas de riego y drenaje, Optimización del riego y asesoramiento al regante según condiciones agrometeorológicas, Rotación de suelos y de cultivos, Diversificación de la producción agrícola, Introducción de variedades más resistentes a las condiciones agrometeorológicas locales, Empleo de fertilizantes orgánicos y bioestimuladores del crecimiento, Manejo integrado de plagas y de residuales, Introducción de sistemas silvopastoriles.*

Resultado 2: *Fortalecimiento del Sistema de Extensionismo Agrícola, Implementación de Centros de Creación de Capacidades y Gestión del Conocimiento (CCC/GC), Fortalecimiento de la Red de Información Agrometeorológica y Productiva (RIAP), Intercambio de experiencias de buenas prácticas agrícolas y de experiencias exitosas nacionales e internacionales, en adaptación al cambio climático, en el sector agrícola, prioritariamente en la región de Centroamérica, el Caribe y en la Unión Europea.*

Resultado 3: *Modelos de ordenamiento ambiental municipal y comunitario, que servirían de insumos a los modelos de ordenamiento territorial, Planes de desarrollo municipales del sector agrícola, con indicadores de adaptación al cambio climático incorporados, Modelación de los impactos del cambio climático sobre la producción agrícola, disponibilidad de agua, estado de los suelos y la ocurrencia de plagas, Elaboración de escenarios socio-económicos y ambientales sobre la relación medio ambiente cambio climático, Pronósticos de cosechas.*

