

VSELASI 2009

V Seminario Euro-Latinoamericano en Sistemas de Ingeniería V SELASI.

TITULO: Novedoso Método y Tecnología para obtener Emulsión de Combustibles con mayor ahorro y eficiencia.

AUTOR: Dr. C. Guzmán Chinaea, Jesús Manuel.

Institución: PEXAC.

PAÍS: CUBA.

Correo Electrónico: taller@pexacfg.co.cu

RESUMEN.

La Emulsión es una tecnología utilizada en el mundo para ahorrar y descontaminar el medio ambiente.

La ponencia es el resultado de un trabajo de investigación y desarrollo que se trazo el objetivo de lograr la Emulsión de los combustibles líquidos en Régimen de corriente Laminar, que lo distingue por ser un método novedoso, permitiendo diámetros de las gotículas lo mas uniforme entre ellas y cercano al valor medio, alcanzando una mejor calidad y estabilidad de la emulsión, obteniendo un mayor nivel de eficiencia y ahorro del 10 % de combustible.

Este método se aplica en el Emulsor Estático de Flujo Laminar que constituye una innovación tecnológica, además se caracteriza por su sencillez, por ser compacto, pequeño y de bajo costo. Se puede diseñar para cualquier combustible y bio-combustible, de forma directa en su empleo o realizar producciones para su comercialización.

Se expone resultados del diámetro de la gotícula de agua según el volumen a emplearse en la emulsión en dependencia del tipo de combustible, su uniformidad, población y distribución.

Se da a conocer los resultados de la combustión con el combustible emulsionado en calderas pequeñas y medianas, así como las mediciones de los gases contaminantes, demostrando como mejora la combustión y disminuye los gases contaminantes al medio ambiente.

Este trabajo ha sido aplicado en Cuba con éxito, obteniéndose valores de ahorro promedio de combustible del 10 % , disminuyendo los gases contaminantes, monóxido de carbono (CO), bióxido de azufre (SO₂), anhídrido sulfúrico (SO₃) y oxido de nitrógeno (NO_x) , mejorando la combustión y alargándose el periodo de limpieza.

INTRODUCCIÓN:

Esta inversión esta relacionada con la fabricación de emulsores para combustibles líquidos y sus mezclas emulsionados con agua.

Además su diseño permite la emulsión de cualquier fluido líquido con agua u otra sustancia. El objetivo principal de esta invención es suministrar agua a un Emulsor de combustible líquido que no posee parte móvil, ni consume energía eléctrica adicional, esto es un invento simple y barato y que brinda excelentes

características de emulsificación. El logro de la emulsión es bajo el principio novedoso de régimen de corriente de flujo laminar. Otro objetivo de la invención es lograr un tipo de Emulsor capaz de obtener gotas de agua de tamaños muy pequeños y más uniformes.

Las ventajas de suministrar gotas de agua pequeñas y uniformes en cada glóbulos de combustible es que se puede realizar una atomización secundaria en la combustión la cual es responsable de que se reduzca grandemente la producción de hollín, se aproveche totalmente el combustible, aumente la transferencia de calor entre los gases de la combustión y el agua de alimentar, mejorando sensiblemente la eficiencia de la caldera y como consecuencia de una buena combustión, disminuye la contaminación de los gases a la atmósfera. La emulsión no solo ayuda al ahorro de energía, sino que también directa y visiblemente recompensa al sistema de calentamiento con una reducción sustancial de los costos anuales del combustible, también posibilita que se produzca largos intervalos entre los periodos de limpieza. Como la producción de hollín se redujo es posible utilizar un combustible mas barato y seguir manteniendo las normas ambientales para las emisiones de partículas a partir de la combustión del horno.

MATERIALES Y MÉTODOS:

MATERIALES:

Para la fabricación del emulsor es necesario acero CT-20 para el cuerpo, tapones emplatillados y el regulador de agua, bronce latón para la cámara central y lamina de cobre para el dispositivo direccional.

Para el montaje se necesita un tanque de 55 galones, tubo flear de cobre, una válvula solenoide, dos codos, tubería de $\frac{3}{4}$ pulgadas y una válvula manual.

MÉTODOS:

El Emulsor esta compuesto por un cuerpo de acero con sección longitudinal, soldado en sus extremos por platillos que fijan el cuerpo con el resto de las piezas, en su interior se introduce la cámara central que tiene forma de dos conos unidos en su centro por un diámetro reducido o venturi, en esta zona se realiza perforaciones.

En el centro del cuerpo se hace un orificio donde se suelda el regulador de agua, mientras que en ambos extremos se coloca los tapones emplatillados que se fijan a través de tornillos, estos tapones tienen forma de cono insertados a un platillo. Por ultimo se coloca a la entrada de la cámara central un dispositivo llamado direccional, tiene la forma de la punta de un avión con cuatro ranuras, permite pasar el fluido a través de la pared del cono de la cámara central hasta la zona de diámetro reducido donde emulsiona.

RESULTADOS Y DISCUSIONES:

- Diseño según criterio de corriente de flujo.

Para el diseño del emulsor estático de flujo laminar fue importante elegir un criterio de corriente de flujo, se eligió el de corriente de flujo laminar. El método empleado para facilitar la emulsión en un aparato sencillo sin parte móvil fue bajo el principio físico mecánico.

Hipótesis según criterio:

- Para obtener una excelente emulsión hay que lograr en el flujo del fluido empleado un régimen laminar en la zona de diámetro reducido de la cámara central para lo que $Re < 600$.
- La presión del fluido empleado y la presión del agua a la entrada del emulsor deberán ser iguales, aunque se puede

admitir una presión del agua ligeramente superior.

- El área total de todos los orificios por donde se inyecta el agua es de 0,11- 0,16 veces el área total del cuello de la cámara del Emulsor.
- El flujo del agua para la emulsión será el flujo del fluido multiplicado por 0,05; 0,08; 0,10; 0,15; 0,20; 0,25; etc. En caso de combustible fuel oil el óptimo es 0,08, para las mezclas diesel – fuel – oil, el óptimo es 0,10. para calderas y hornos la mezcla diesel – fuel y diesel – fuel para motores de transporte el óptimo es 0,25.
- La cámara central debe tener 8; 18 ó 36 orificios de inyección del agua para la emulsión, según consuma el tipo de combustible.
- La velocidad del combustible es mayor a la velocidad del agua inyectada.
- La viscosidad del fluido a utilizar, así como el consumo por hora definen el diámetro de la zona reducida de la cámara.
- La sección de flujo del fluido a emulsionar define para un mismo Emulsor en su capacidad diámetros de sección de entrada al emulsor diferentes.

Una desventaja del flujo de combustible **“turbulento”** es que dicho flujo en algunas ocasiones solo por un instante puede desarrollar una velocidad muy baja o ésta es cero en la pared por donde penetra el flujo de agua en el cuello de la cámara central, por tanto un pequeño por ciento de gotas de agua serán mayores y no mantendrán el tamaño estándar que deben tener. Esto indica que es de más utilidad

tener gotas de agua con un tamaño más uniforme para así obtener un resultado óptimo.

El término **“flujo laminar”** significa que sus velocidades están “libres de fluctuaciones microscópicas”, como hemos utilizado el término flujo laminar debe entenderse de forma tal que el flujo está sustancialmente libre de turbulencias caracterizado por el contra flujo a excepción de la micro turbulencia que ocurre en los conductos de inyección de agua vecinos y de la turbulencia inducida del agua en las burbujas vecinas o en los sedimentos o flujos de agua.

En el emulsor estático de flujo laminar, el proceso de emulsión se realiza por succión o arrastre y por el corte de las gotículas de agua que se han formado y organizado en el interior de los orificios o canales al pasar el flujo de combustible en la zona de diámetro reducido de la cámara central.

El flujo de combustible al chocar a su paso con el dispositivo direccional se introduce por las ranuras que están próximas a la pared del cono de la cámara central, organizándose en forma de película en la pared del cono y el cuello de dicha cámara.

Al ser igual la presión del agua a la presión del combustible en la zona del cuello permite la entrada de la gotícula en forma de elipsoide achatada con diámetro menor al diámetro del orificio. Al salir la gotícula de agua de sus canales es cortada por la película de combustible que viene por la pared del cono y del cuello, esta gotícula que se originó dentro de sus respectivos canales y que tiene diámetros menores a este. Al ser cortadas las gotículas de agua por la película de combustible, éstas se dividen en varias gotículas de diámetros más pequeños. Posteriormente estas gotículas son llevadas al centro del cuello de la cámara donde existe una región de micro turbulencia y son nuevamente

cortadas por las moléculas de combustible que se mueven con mayor velocidad. Por último, saliendo del emulsor al pasar el flujo de combustible emulsionado hacia la bomba y dentro de ella es que alcanzan los menores valores de diámetros las gotículas de agua.

Es importante reconocer que el mérito que tiene el régimen de corriente de flujo laminar es que al cortar las gotículas de agua, lo hace de forma tal que la fragmentación de estas permite que cada una de ellas tenga el diámetro lo más uniforme una con otra, esto ocurre en el primer corte de las gotículas de agua, lo que asegura que el diámetro mayor que puedan tener lagunas gotículas esté cercano al valor medio entre ellas.

Note que cuando las gotas se aceleran o se retardan la resistencia al movimiento cambia aparentemente en una cantidad que se describe en términos de **“masa transportada”** variando desde una mitad hasta dos veces la masa del fluido desplazada.

Por último podemos decir que la emulsión se ha realizado satisfactoriamente si está “bien dividida”, si es “razonablemente uniforme” y si más de un 95% de sus gotas tienen un diámetro de 2 a 5 μm .

- Principio de funcionamiento del Emulsor Estático de Flujo Laminar.

El proceso de emulsión se realiza por succión o arrastre y corte de las gotículas de agua que se han formado en el interior de los orificios al pasar el flujo de combustible en la zona de diámetro reducido de la cámara central.

El flujo de combustible al chocar a su paso con el dispositivo direccional se introduce por las ranuras que están próximas a la pared del cono de la

cámara central organizándose en forma de película en el cuello de dicha cámara. En el centro del cono de la cámara central posterior al dispositivo se produce un vacío.

La presión del agua es ligeramente superior a la del combustible en la zona del cuello permitiendo la entrada de la gotícula en forma de elipsoide achatada con diámetro menor al del orificio. El combustible en esta zona reducida aumenta su velocidad creando una succión o arrastre de la gotícula de agua la cual es cortada por la película del combustible formada en la pared del cono. Al ser cortada la gotícula se divide en varias de tamaños más pequeñas. Posteriormente son llevadas al centro del cuello de la cámara central donde existe una región de microturbulencia y son nuevamente cortadas por las moléculas de combustible que se mueven con mayor velocidad, pues a medida que las moléculas se alejan de la pared aumenta su velocidad.

El término flujo laminar significa que sus velocidades están libres de fluctuaciones microscópicas, de forma tal que el flujo está substancialmente libre de turbulencia caracterizada por el contra flujos a excepción de la microturbulencia que ocurre en los equipos de inyección de agua vecinas y de la turbulencia inducida del agua en las burbujas vecinas, o en los sedimentos o flujos de agua.



Emulsor Estático de Flujo Laminar.

- Principales características que lo diferencian de los demás.

- Sencillo
- Barato
- Pequeño
- Compacto
- Hermético
- No consume energía eléctrica adicional
- Emulsiona cualquier fluido líquido con agua u otra sustancia
- No encarece el mantenimiento de la instalación
- No complica la explotación de la instalación
- Calidad en la emulsión. Fuel-oil.

Volumen de H ₂ O %	Diámetro medio μm
5	2.89
8	3.69
10	4.58
15	7.06

Distribución y población: 95 %

Uniformidad de la gotícula: tiene forma de esfera y nunca sobrepasa 10 μm el diámetro mayor.

Ahorro de combustible:

Fuel-oil	Mínimo
	5 %

Tipo de fluido que puede emulsionar:

- Fuel – oil
- Diesel
- Gasolina
- Mezclas de combustibles
- Aceites y Lubricantes
- Fertilizantes líquidos
- Asfalto

Forma de emulsión:

- Directa
- Almacenamiento

Puede emplearse sustancias tensoactivas o no.

Ahorro de combustible: 10 % Fuel – oil, mezclas 25 al 30 %.

- Calidad de la Emulsión.

Los parámetros a medir para que una emulsión fuel-oil / agua sea de óptima calidad son las siguientes:

A) Diámetro medio de la gotícula de agua.

Esta demostrado en la practica, y así lo confirma la literatura es que el diámetro medio de la gotícula de agua optimo, Emulsionado en el combustible fuel-oil es de 2 a 5 μm . Valores por debajo a 2 μm (micrones) la gotícula de agua al evaporarse no tiene la presión necesaria para realizar el fenómeno de la micro explosión y pueda fraccionar la gota de combustible, por otra parte, valores mayores de 5 μm se hace innecesario pues incrementa la pérdida de energía por concepto de absorber calor a la gotícula de agua para evaporarse.

En nuestra experiencia, con el empleo del Emulsor estático de flujo laminar podemos decir que para diferentes por ciento de agua empleada en la emulsión varia el diámetro medio de la gotícula. Es por ello que existe un por ciento optimo de agua para la emulsión de los combustibles que determina el

Medio	Máximo
8 %	10 %

nivel optimo de eficiencia y ahorro.

A continuación ofrecemos los diámetros medios obtenidos para cada por ciento de agua, empleando el Emulsor estático de flujo laminar.

Volumen de agua %
Diámetro medio μm

5	2
8	3
10	4,58
15	7,06

B) Uniformidad de la goticula de agua.

Este aspecto es importante ya que depende de ello la estabilidad de la emulsión.

Como se puede ver en la Fig. # 1 existe perfectamente uniformidad en las goticulas de agua, las cuales toman la forma de una esfera.

Al producirse la micro explosión la perdida por absorción de calor es la misma y el efecto será mayor además no permite que se agrupen las goticulas de agua.

En la Fig. # 2 al no existir uniformidad en la goticula de agua se forman unos polihedros de diferentes diámetros los cuales permiten que se pierda la estabilidad de la emulsión por agruparse los mismos y el efecto no será positivo pues se absorbe mas calor para que estos polihedros se evaporen se produzca el fenómeno de la micro explosión donde las gotas de combustible tienen diferentes diámetros por lo que se corre el riesgo de que las grandes no se combustionan completamente.

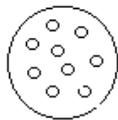


Fig. # 1 Iniformidad de la goticula de agua.



Fig. # 2 No existe uniformidad de la goticula de agua.

C) Distribución y Población de las goticulas de agua.

En la Fig. # 3 hay una correcta distribución de las goticulas de agua capaz de fraccionar la molécula de combustible en otras muchas pero

tendrá un diámetro semejante, en la Fig. # 4 no tiene una correcta distribución por lo que después del fenómeno de la micro explosión las moléculas de combustibles serán de diferentes diámetros medios.

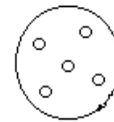


Fig. # 3 Correcta distribución de las goticulas.

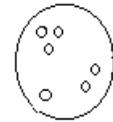


Fig. # 4 No hay una correcta distribución.

En la Fig. # 5 hay una correcta población de la goticula de agua esto hace posible que al fraccionar por la micro explosión la gota de combustible serán muchas mas gotas de diámetro semejante y muy pequeño garantizando la combustión completa de las mismas. En la Fig. 6 ocurre todo lo contrario.



Fig. # 5 Correcta poblacion de la goticula de agua.

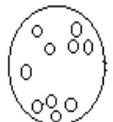


Fig. # 6 Incorrecta poblacion de la goticula de agua.

- Resultados de las pruebas realizadas en diferentes calderas.

Se realizaron pruebas en 4 calderas medianas de paredes de tubos de agua y en más de 20 pequeñas de tubos de fuego, arrojando el siguiente resultado.

TABLA # 1: Caldera mediana pared de tubos de agua. Valor promedio.

Parámetros	U/M	Valor Normat .	Valor Real	Real emulsión
O2	%	2	4	2
CO2	%	15	13	15
CO	PPM	600	2 000	50
SO2	%	1,2	1,4	1,0
SO3	%	1,0	1,2	0,9
Tg	C	150	160	145
TII	C	2 500	2 600	2 300

TABLA # 2: Caldera pequeña de tubo de fuego. Valor promedio.

Parámetros	U/M	Valor Normat .	Valor Real	Real emulsión
O2	%	4	5	3
CO2	%	13	12	14
CO	PPM	600	1 200	10
SO2	%	1,2	1,2	0,8
SO3	%	1	1	0,7
Tg	C	150	250	200
TII	C	1 700	1 800	1 570

Como se puede apreciar en la tabla los valores de CO, SO2 Y SO3

disminuyen, así como la temperatura de la llama por lo que también disminuye el valor de NOX.

TABLA # 3: Disminución de los gases contaminantes.

Parámetros	U/M	V.Nor mat.	V.R eal	V.Em uls.	V. N. %	V. R. %
CO	%	0,6	1,2	0,01	0,59	1,19
SO2	%	1,2	1,2	0,8	0,4	0,4
SO3	%	1,0	1,0	0,7	0,3	0,3
NOX	%	4,0	5,6	3,0	1,0	2,0
TOTAL	%	6,8	8,4	4,51	2,29	3,89

El valor total de los gases contaminantes que disminuye con la aplicación del combustible emulsionado es de 2,29 % con respecto al valor normativo y de 3,89 % con respecto al valor real medido durante las pruebas realizadas como valor promedio.

CONCLUSIONES:

1. Se logra en la investigación y luego la práctica lo confirma que se puede obtener la emulsión en régimen de corriente de flujo laminar y que esta tiene ventajas en calidad y eficiencia respecto al régimen de corriente turbulento.
2. Se logra un modelo de Emulsor Cubano novedoso en su diseño y principio de funcionamiento y con características que lo distingue de los conocidos en la eficiencia y niveles de ahorro que se logra, su sencillez y bajo costo, lo que le permite imponerse en el mundo.
3. Se demostró que con el uso del combustible emulsionado disminuyo la formación de los gases contaminantes

0,59 % CO, 0,4 % SO₂, 0,3 % SO₃ y se aprecia disminución de la temperatura de llama en 230 C que representa un descenso de la formación de NOX.

4. El valor total de disminución de los gases contaminantes con el empleo de combustible emulsionado es de 2,29 % respecto al valor normativo y de 3,89 % al real medido en las pruebas realizadas como promedio.

5. Quedo demostrado en la emulsión de régimen de corriente laminar para combustible fuel-oil lo siguiente:

Ahorro 10 % , volumen de agua optimó 8% , diámetro medio de la goticula 3,69 µm., 95 % distribución y población.

RECONOCIMIENTO:

- Premio DESTACADO Nacional FORUM de Ciencia y Técnica, Cuba.
- Premio del año Innovación Tecnológica Provincia Cienfuegos. Cuba.
- Reconocimiento Congreso Mundial Emulsión Francia.
- Reconocimiento Conferencia Internacional Energía CIER-2009. Cuba.

Entre otros premios y reconocimientos Provinciales y Nacionales en eventos científicos y Ferias.

REFERENCIA:

- (1) Guzmán Chinae Jesús M. "Emulsión Parte I "Libro, pp. 12-24, año 2006.
- (2) Guzmán Chinae Jesús M., "Emulsión ", Libro ISBM edición completa vol.3, Bordeaux, Francia, año 1997 pp. 316-320.

BIOGRAFÍA RESUMIDA DEL AUTOR.

Jesús Manuel Guzmán Chinae, nació el 25 de Diciembre de 1956 en Cienfuegos, Cuba. Con Nacionalidad Española y residencia en Ave. 40 No. 4322-A e/ 43 y 45 Cienfuegos, Cuba.

Su formación académica es, graduado de Ingeniero Termoenergética en Cuba año 1985, Doctor en Ciencias Técnicas en Francia año 2000, ha realizado varios Diplomados y 16 Post-grado Técnicos y Especializados, idioma Ingles, es Investigador Científico Auxiliar y tiene categoría docente de Profesor titular Universitario.

Su experiencia profesional es desde 1978 como profesor Universitario, Investigador Científico, Especialista en la actividad energética y en dirección de Empresa.

Tiene 30 años de experiencia docente, tutor de 36 tesis de grado y mas de 10 tesis de post-grado, como profesor visitante ha impartido varias conferencias magistrales en diferentes Universidades.

Es fundador del Centro de Investigación y Desarrollo de Emulsión, en Cuba en 1991, coordinador Nacional del programa de Emulsión 1991-1993, Presidente de varios Jurados Científicos Nacionales en Cuba. Ha realizado mas de 40 trabajos de Investigación y Proyectos.

Pertenece y ocupa responsabilidades en diferentes Sociedades Científicas Cubana, tal como ANIR, ANEC, Energía Renovable Cuba Solar. Ha participado como ponente en diferentes Congresos Científicos en Cuba y Francia. Posee Patente y es autor de varios trabajos de innovación Tecnológica.

Ha publicado 11 libros técnicos en Cuba y Francia, varios Folletos y artículos Científicos en Revistas

Científicas en Cuba, Francia y Gran Bretaña, así como por INTERNET.

Tiene una participación a Eventos Científicos Nacionales e Internacionales como ponente, en mas de 18, de los cuales ha obtenido numerosos reconocimientos y Premios.

Entre las Distinciones y Condecoraciones que ha recibido mas importantes tiene:

- Premio Destacado FORUM de Ciencia y Técnica Nacional Cuba 1991 y 2003.
- Premio del año en Innovación Tecnológica Cuba 2001.
- Primer Lugar Nacional Encuentro Metodológico Cuba 2002.

- Premio Destacado Nacional Logística y Marketing Cuba 2002.
- Vanguardia Nacional Cuba 2003.
- Condición Nacional 8 de Octubre Cuba 2004, 2005, 2006, 2007, 2008.
- Condecoración: Distinción 30 Aniversario de la ANIR Cuba 2006.
- Condecoración: Distinción 8 de Octubre Cuba 2007.
- Certificados de Reconocimientos mas de 30 Diplomas.

