

# **Diseño y Construcción de Cocinas no Convencionales para la Combustión Óptima**

# Introducción


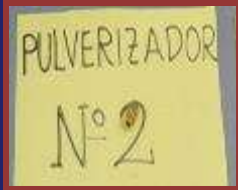


El alza de precios de los combustibles fósiles en la actualidad conlleva a la búsqueda de nuevos combustibles y al mayor aprovechamiento de la energía liberada por estos, es por ello que este trabajo de investigación tiene la finalidad de estudiar los parámetros energéticos y constructivos de diseño de una cocina con el empleo del biodiesel (elaborado a partir del aceite de soya, aceite de girasol y aceite de algodón) en mezclas con petróleo diesel 2 en quemadores de cocinas. Los ensayos experimentales permitirán conocer los valores reales optimizados para la construcción de la cocina no convencional para combustión óptima de las mezclas de diesel 2 y biodiesel.

# PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO

## Primera etapa: Análisis numérico

1. Cálculo teórico del gasto de combustible y del flujo calor de combustión que se produce al atravesar el pulverizador.

Se analizara la combustión usando 4 pulverizadores de diferente geometría, como se indican en la siguiente tabla:

<b>Geometría</b>	<b>Pulv. 1</b>	<b>Pulv. 2</b>	<b>Pulv. 3</b>	<b>Pulv. 4</b>
				
<b>diámetro entrada Dp (m)</b>	<b>0,002</b>	<b>0,0022</b>	<b>0,0025</b>	<b>0,00315</b>
<b>diámetro salida dp (m)</b>	<b>0,00021</b>	<b>0,00021</b>	<b>0,00035</b>	<b>0,0004</b>
<b>longitud L (m)</b>	<b>0,0085</b>	<b>0,00845</b>	<b>0,01</b>	<b>0,0106</b>

2. Cálculo del flujo de calor aprovechado por el agua contenida en la tetera.
3. Cálculo de los parámetros que requieren para la construcción de la cocina:
  - Porcentaje de biodiesel en la mezcla de diesel 2 y biodiesel de soya girasol y algodón respectivamente
  - Diámetro del pulverizador para lograr optimizar la combustión.
  - Distancia desde el difusor a la parrilla para cada presión de pulverización y para cada mezcla óptima.

**Segunda etapa:** Ensayos de combustión variando los parámetros constructivos:

Se observará y medirá la temperatura inicial del agua y el tiempo que demora en alcanzar la temperatura de 96 °C a las presiones de 24 y 32 PSI; con los parámetros obtenidos del análisis numérico (altura del difusor a la parrilla, diámetro del difusor y porcentaje de mezcla).

**Tercera etapa** Construcción de la cocina no convencional para la combustión óptima de mezclas de diesel 2 y biodiesel

# OBJETIVOS

## Objetivos generales

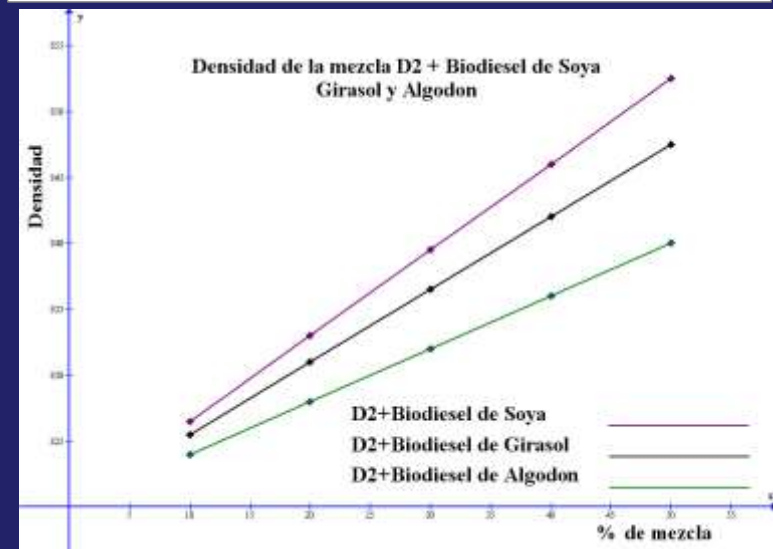
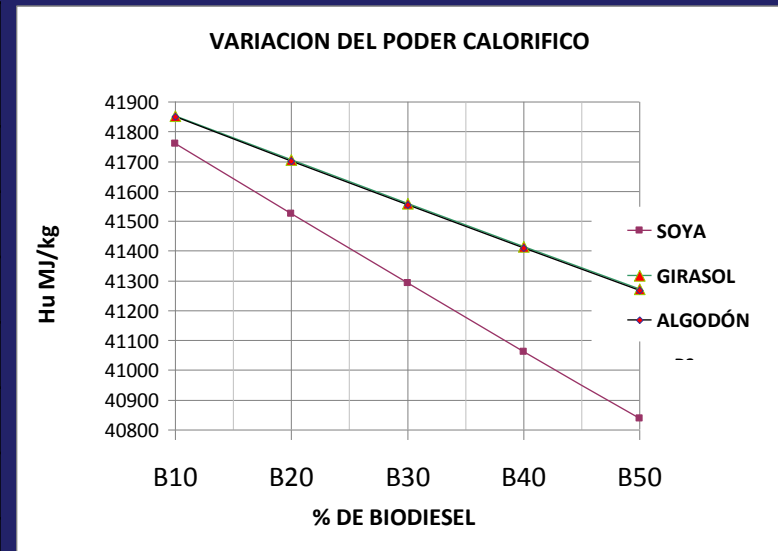
- Buscar el uso de fuentes de energías alternativas y renovables.
- Plantear los criterios de construcción de una cocina doméstica no convencional, empleando como combustible alternativo las mezclas en diferentes porcentajes en volumen de diesel 2 con biodiesel de soya, girasol y algodón, respectivamente.

## Objetivos específicos

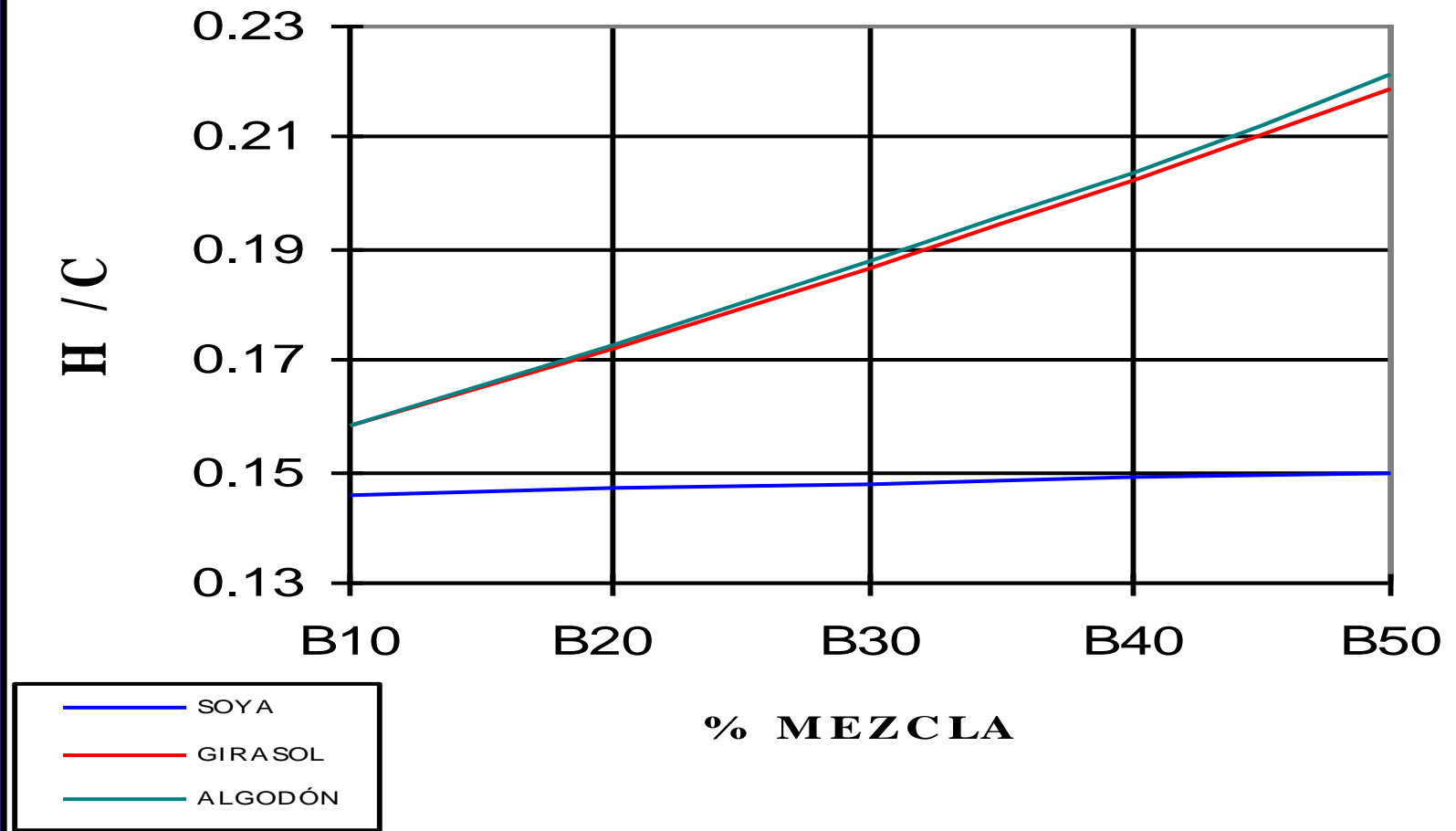
- Determinar el porcentaje de biodiesel presente en la mezcla y el diámetro del pulverizador adecuados para optimizar la combustión de las mezclas de biodiesel y diesel 2.
- Determinación de la distancia entre difusor del quemador y parrilla de la cocina para mejorar la eficiencia de combustión.

# Característica físicas de las mezclas de diesel 2 y biodiesel para el cálculo del flujo de calor de Combustión ( $Q_{\text{combustión}}$ )

	% mezcla	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Hu (KJ/Kg)
<b>Diesel 2 + Biodiesel de Soya</b>	B10	826,5	41760,15
	B20	833	41524,03
	B30	839,5	41291,58
	B40	846	41062,70
	B50	852,5	40837,30
<b>Diesel 2 + Biodiesel de Girasol</b>	B10	824	41851,69
	B20	828	41704,82
	B30	832	41559,35
	B40	836	41415,28
	B50	840	41272,58
<b>Diesel 2 + Biodiesel de Algodón</b>	B10	825,5	41849,49
	B20	831	41700,96
	B30	836,5	41554,39
	B40	842	41409,74
	B50	847,5	41266,96



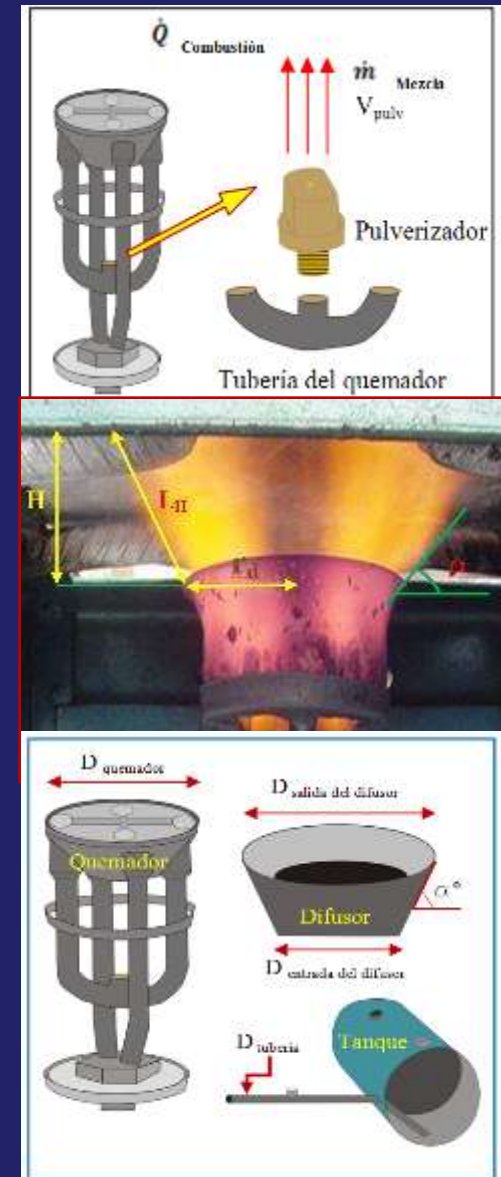
## DENSIDAD ENERGÉTICA DE UN COMBUSTIBLE H / C



*El incremento del porcentaje de biodiesel en la mezcla, permite incrementar la densidad energética, determinada a través de la relación H/C.*

## Características geométricas del Quemador – Tanque – Difusor de la cocina no convencional

	Nomenclatura	Dimensión
Diámetro de base la tetera	$D_{\text{tetera}}$	0.26 m
Espesor de la base de la tetera	$e_{\text{tetera}}$	0.002 m
Distancia del difusor a la parrilla	$H$	0.0365 m
Longitud desde difusor a la parrilla	$L$	0.0424 m
Angulo del difusor	$\alpha$	49.3 °
Diámetro de entrada del difusor	$D_{\text{difusor entrada}}$	0.065 m
Diámetro de salida del difusor	$D_{\text{difusor salida}}$	0.0857 m
Diámetro del quemador	$D_q$	0.063
Diámetro de la tubería de paso	$D_{\text{tub}}$	0,019





# PROCEDIMIENTO DE CALCULO

Se realizan los siguientes cálculos:

## 1. Cálculos teóricos

**1.1.** Determinación del flujo de calor de combustión de las mezclas D2 y biodiesel en diferentes porcentajes de volumen

**1.2** Determinación del flujo de calor absorbido por el agua dentro de la tetera a través de la transferencia de calor por convección y conducción.

**1.3** Determinación del aprovechamiento de calor al variar la distancia desde el difusor del quemador hasta la parrilla de la cocina. (H)

## 2. Cálculos experimentales

**2.1** Determinación del flujo másico de las mezclas de D2 con biodiesel a través de la incorporación de una válvula y un manómetro en la tubería de alimentación del quemador

**2.2** Determinación del flujo de calor de combustión de las mezclas.

**2.3** Determinación del flujo de calor sensible absorbido por el agua dentro de la tetera.

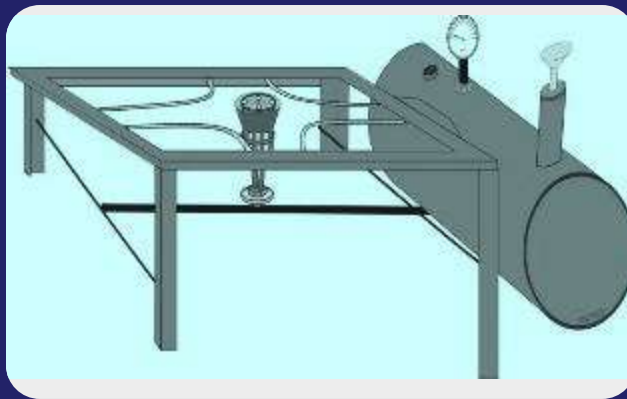
**2.4** Determinación del aprovechamiento de calor al variar la distancia desde el difusor del quemador hasta la parrilla de la cocina. (H)

## 1.1 Cálculo del flujo de calor teórico de la combustión de las mezclas diesel y biodiesel.

Para el cálculo del flujo de calor producido por la combustión se emplea la siguiente relación

$$Q_{\text{combustión}} = \dot{m}_{\text{combustible}} \times H_u$$

$$\dot{m} = (\text{caudal} \times \rho)_{\text{mezcla}}$$



## 1.2. Cálculo teórico del flujo de calor transferido al agua dentro de la tetera.

El flujo de calor de combustión se transmite al agua dentro de la tetera de la siguiente manera:

### Transferencia 1:

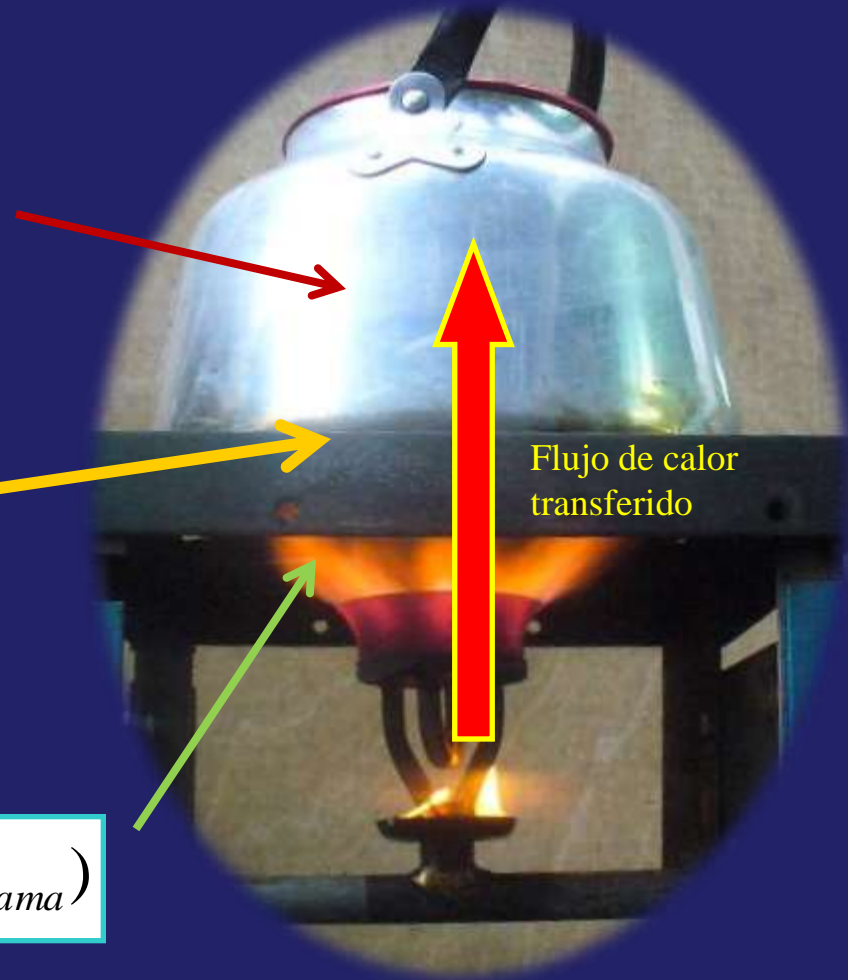
$$q'' = h_{agua}(T_{flama} - T_{teteraint})$$

### Transferencia 2:

$$q_x'' = k_{aluminio} \frac{T_{tetera \text{ int}} - T_{tetera \text{ ext}}}{e}$$

### Transferencia 3:

$$q'' = h_{gases \text{ combustión}}(T_{tetera \text{ ext}} - T_{flama})$$

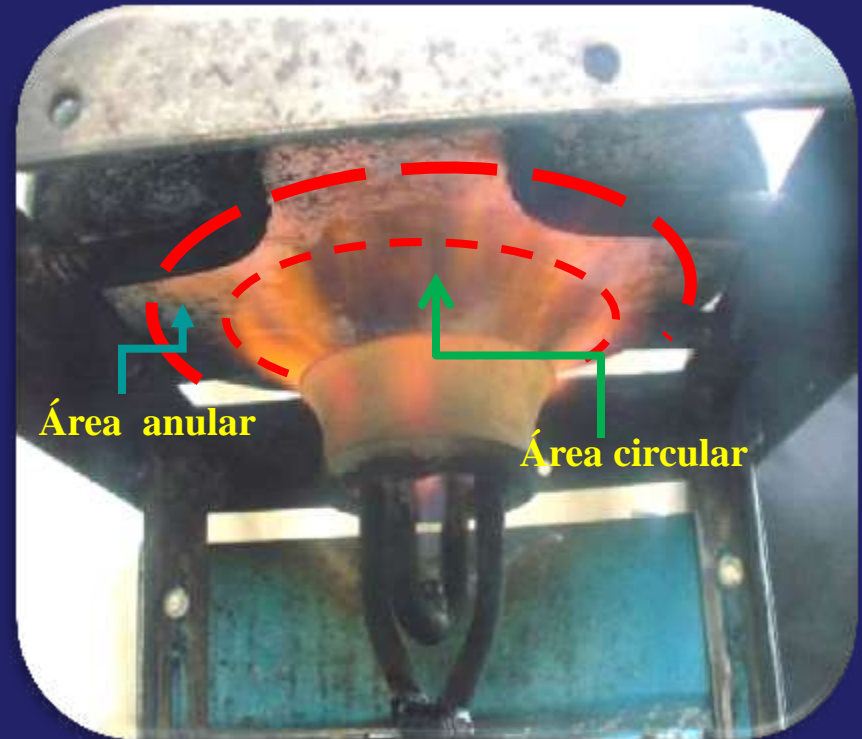


## Calor transferido al agua dentro de la tetera: en la corona de la flamar

- $H_{gases}$  (W/m<sup>2</sup>.k): coeficiente de convección de los gases de combustión.
- $h_{agua}$  (W/m<sup>2</sup>.k): coeficiente de convección del agua a  $T_{ebu}$
- $k_{aluminio}$  (W/m.k): coeficiente de conducción del aluminio.
- $T_{ebu}$  (K): temperatura de ebullición del agua.
- $T_{fc}$  (K): temperatura de la flama en la corona.
- $T_{fN}$  (K): temperatura de la parte media de la flama.
- $A_1$  (m<sup>2</sup>): área circular de la base de la tetera.
- $A_2$  (m<sup>2</sup>): área anular de la base de la tetera.
- $e$  (m): es el espesor de la tetera.

## Calor transferido al agua dentro de la tetera : en la flama media

$$Q_1 = \frac{(T_{fc} - T_{ebu})}{\frac{1}{A_1 \cdot h_{gases}} + \frac{e}{A_1 \cdot k_{aluminio}} + \frac{1}{A_1 \cdot h_{agua}}}$$



$$Q_2 = \frac{(T_{fN} - T_{ebu})}{\frac{1}{A_2 \cdot h_{gases}} + \frac{e}{A_2 \cdot k_{aluminio}} + \frac{1}{A_2 \cdot h_{agua}}}$$

**a. Parámetros de la transferencia de calor al agua dentro de la tetera ( $Q_1 + Q_2$ )**

<b>T base tetera (<math>^{\circ}\text{k}</math>)</b>	418
<b>T ebullición (<math>^{\circ}\text{k}</math>)</b>	373
<b>K aluminio (<math>\text{W/m } ^{\circ}\text{k}</math>)</b>	237
<b><math>h_{\text{agua}}</math> (<math>\text{W/m}^2 ^{\circ}\text{k}</math>)</b>	1500

El coeficiente de transferencia de calor por convección a través de las áreas  $A_1$  y  $A_2$ , depende de las condiciones de capa límite, en las que influyen la geometría de la superficie (base de la tetera), la naturaleza del movimiento del fluido y una variedad de propiedades termodinámicas del fluido y de transporte

## Selección de la altura (H) de mayor aprovechamiento de calor

Para conocer la altura optima para obtener el mayor aprovechamiento de calor, se emplea la siguiente relación:

$$Q_{aprovechada} = Q_1 + Q_2 \leq Q_{combustión}$$

$Q_{combustión}$  : flujo de calor de combustión de las mezclas D2 y biodiesel

$Q_1 + Q_2$  : Flujo de calor transferido por convección y conducción al agua dentro de la tetera.

Para cada mezcla de D2 y biodiesel, se itero en una hoja Excel para determinar el rango de las alturas de mayor aprovechamiento de calor, las que se utilizaran como referencia durante los ensayos de combustión.

# Áreas perpendiculares al flujo de calor en función de la altura (H).

Las áreas A1 y A2 están en función de la distancia (h) entre el difusor y la parrilla, de la siguiente manera

Longitud desde el difusor hasta la parrilla

$$L_H = H \times \tan \alpha$$

Radio del área perpendicular al flujo A1

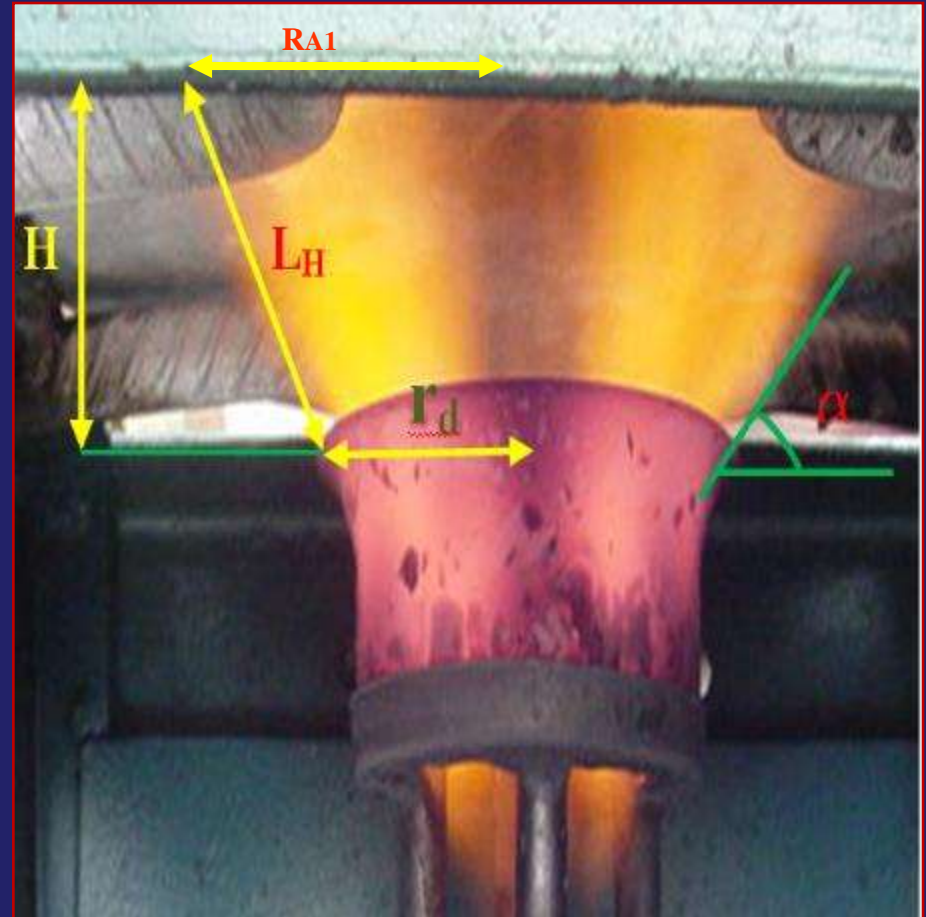
$$R_{A_1} = r_{\text{difusor}} + L_H \times \cos \alpha$$

Área perpendicular al flujo (A1)

$$A_1 = \frac{\pi \times R_{A_1}^2}{2}$$

Área anular perpendicular al flujo (A2)

$$A_2 = A_{\text{tetera}} - A_1$$





# Cálculo experimental: Calor de combustión

Se instala una válvula de bola en la tubería de alimentación y un manómetro para medir la presión de caída en la tubería

A través de la siguiente relación:

$$K_v = Q \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P}}$$

donde

$\Delta P = (P_2 - P_1)$  en Bar

$\gamma$  = densidad relativa de las mezclas D2 y Biodiesel

$Q$  = caudal en  $m^3/h$

$K_v$  = coeficiente de flujo de la válvula



Así se obtiene el flujo másico:

$$\dot{m} = (Q \times \rho)_{mezcla}$$

Y el calor de combustión:

$$Q_{\text{combustión}} = \dot{m} \times H_u$$



## Cálculo experimental: Calor latente absorbido por el agua

El flujo de calor latente se halla a través de la siguiente relación:

$$Q_{sensible\ agua} = \frac{m_{agua} \times Ce \times \Delta T}{t}$$

Donde:

m agua: masa de agua en Kg

Ce: calor específico del agua en KJ/ kg.K

$\Delta T$  : variación de temperatura

T: tiempo en calentar el agua hasta 96 °C

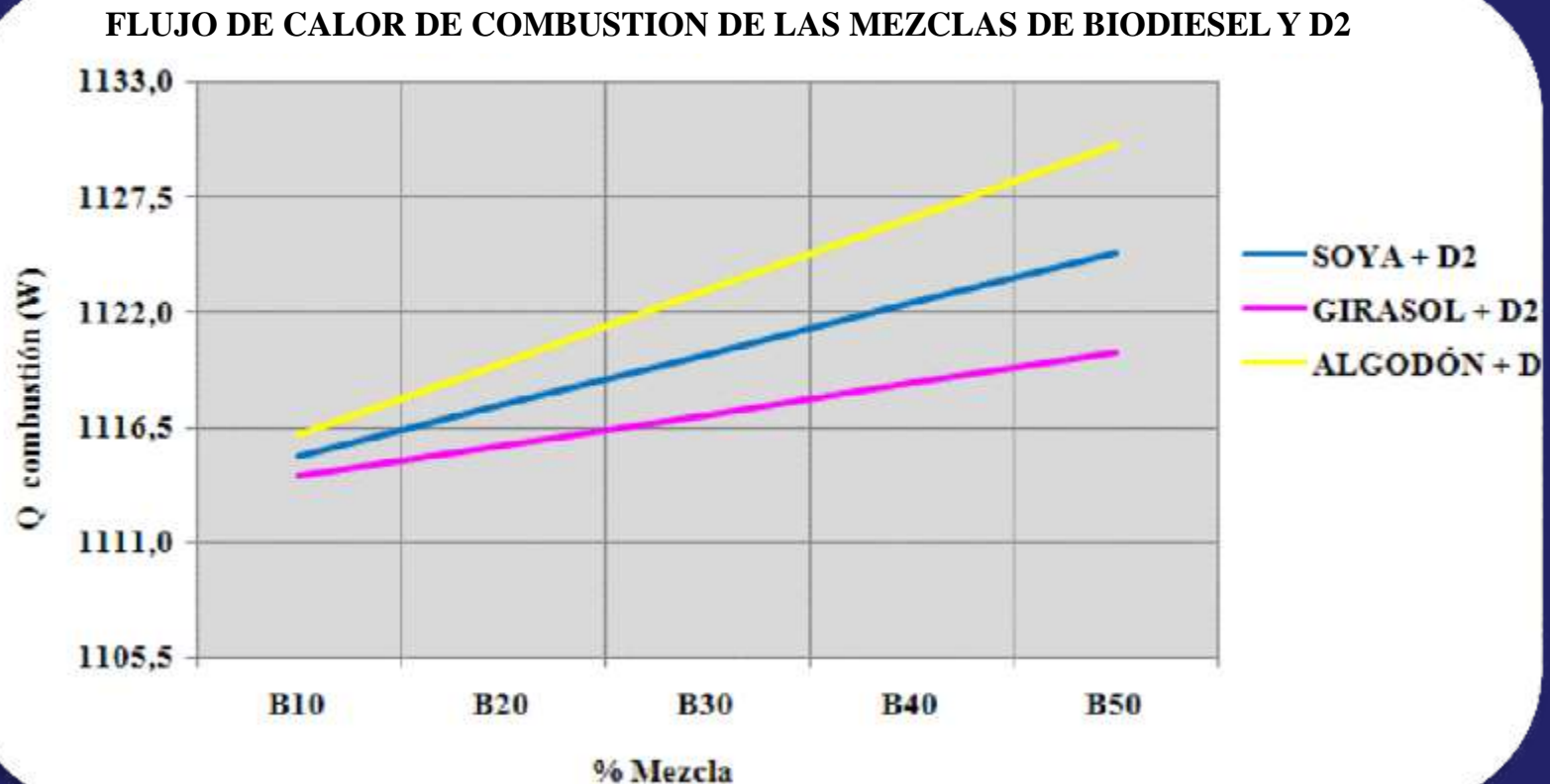
## Calculo de la eficiencia experimental

$$\% \eta = \frac{Q_{sensible\ agua}}{Q_{combustible}} * 100\%$$

# TRATAMIENTO Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

## 1. Resultados teóricos

### A. Flujo de calor de combustión entregado durante el quemado de las mezclas D2 y biodiesel de soya, girasol y algodón



Del grafico, el flujo de calor de combustión es máximo al aumentar el porcentaje de biodiesel en la mezcla.

## **Mezclas seleccionadas de mayor flujo másico y mayor calor de combustión:**

	<b>% Mezcla</b>	<b>Flujo másico (kg/s)</b>	<b>Q combustión (W)</b>
<b>SOYA + D2</b>	<b>B20</b>	<b>0,0269</b>	<b>1117,5112</b>
	<b>B30</b>	<b>0,0271</b>	<b>1119,9265</b>
	<b>B50</b>	<b>0,0275</b>	<b>1124,7572</b>
<b>GIRASOL + D2</b>	<b>B20</b>	<b>0,0268</b>	<b>1115,6396</b>
	<b>B30</b>	<b>0,0269</b>	<b>1117,1191</b>
	<b>B50</b>	<b>0,0271</b>	<b>1120,0781</b>
<b>ALGODÓN + D2</b>	<b>B20</b>	<b>0,0268</b>	<b>1119,5783</b>
	<b>B30</b>	<b>0,0270</b>	<b>1123,0271</b>
	<b>B50</b>	<b>0,0274</b>	<b>1129,9248</b>

**Del cuadro podemos observar que a mayor flujo masico el calor de combustión va aumentando.**

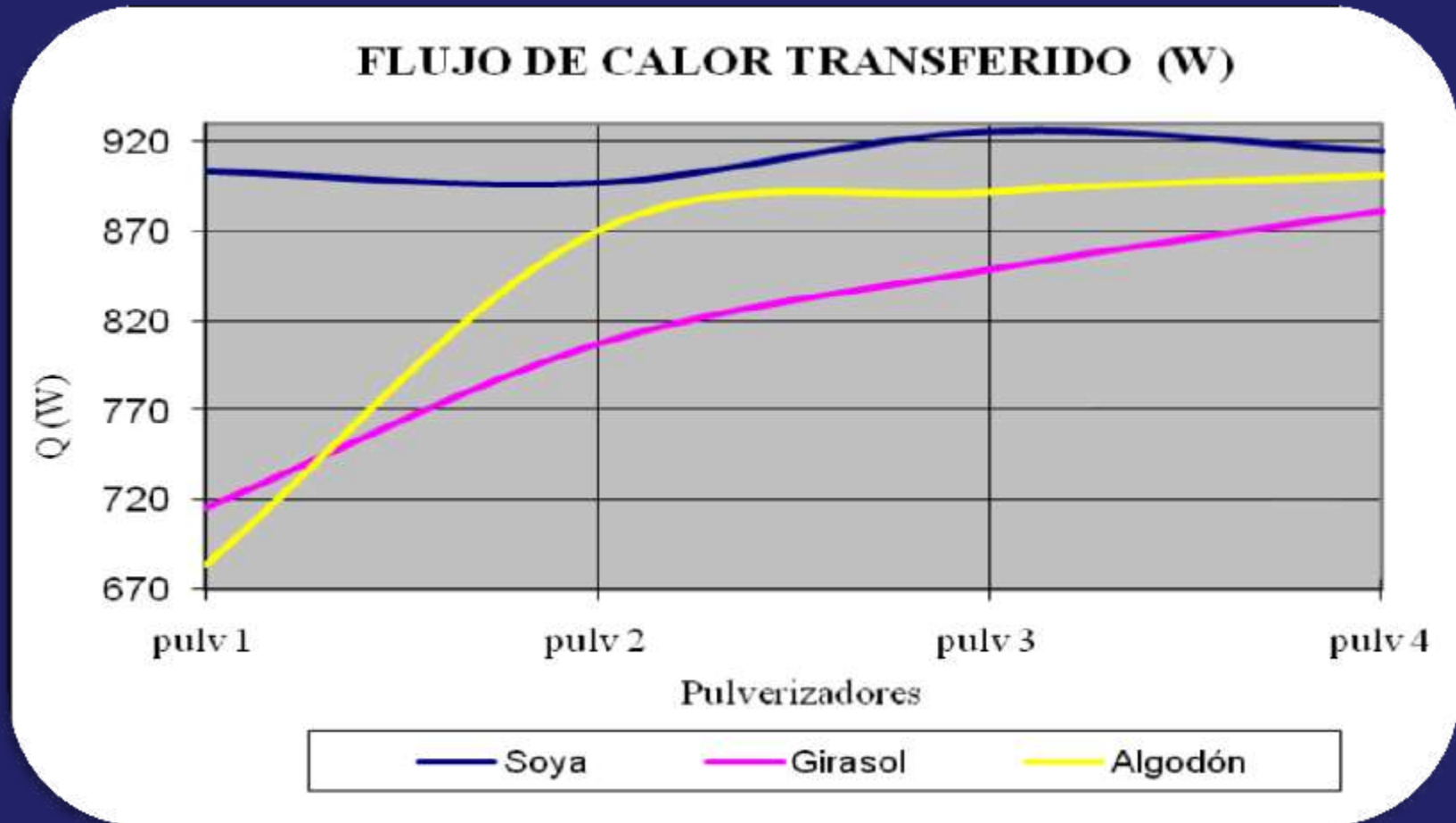
## B. Flujo de Calor aprovechado por el agua empleando pulverizadores de distinto diámetro durante la combustión

Biodiesel Soya + D2	Q aprovechado pulverizador	Q 1(W)	Q 2(W)	Biodiesel Girasol+ D2	Q aprovechado pulverizador	Q 1(W)	Q 2(W)
	pulv 1	309,091	594,701		pulv 1	230	485,845
	pulv 2	308,586	588,654		pulv 2	251,142	556,504
	pulv 3	312,273	613,474		pulv 3	255,631	593,657
	pulv 4	312,684	602,196		pulv 4	274,436	607,53

Biodiesel Algodón+ D2	Q aprovechado Pulverizador	Q 1(W)	Q 2(W)
	pulv 1	240,870	442,816
	pulv 2	295,332	575,278
	pulv 3	298,178	594,060
	pulv 4	301,334	600,151

De los cuadros se puede observar que tanto a través del área 1 y área 2 , para las mezclas de diesel 2 y biodiesel la mayor transferencia de calor se produce empleando los pulverizadores **3 y 4**.

## B. Calor aprovechado o transferido al agua empleando pulverizadores de distinto diámetro durante la combustión



Del grafico se observa que conforme se aumenta el diámetro del pulverizador mayor será el calor aprovechado por transferencia de calor. Siendo la mezcla de biodiesel de soya + D2 la que produce mayor transferencia de calor.

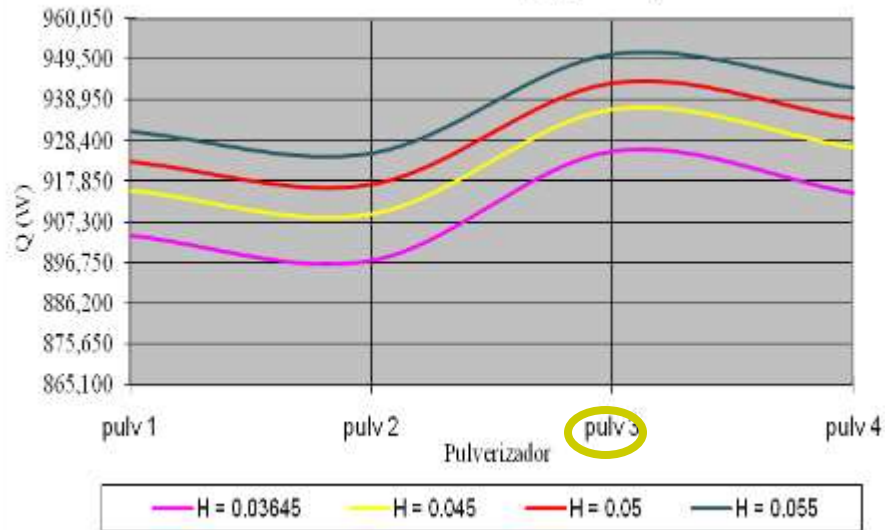
## Selección de pulverizadores que permiten obtener el mayor flujo de transferencia de calor

Mezcla	Pulverizador	Q transferido (W)
Soya + D2	pulv 3	925,747
	pulv 4	914,880
Girasol+ D2	pulv 3	849,288
	pulv 4	881,967
Algodón + D2	pulv 3	892,239
	pulv 4	901,485

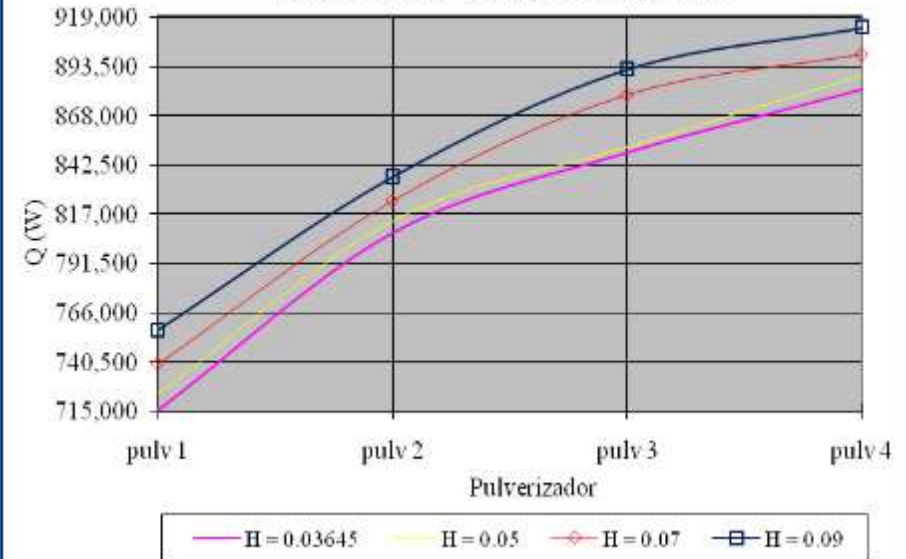
En el cuadro se muestra los pulverizadores con los que se trabajara en los ensayos de combustión

## C. Flujo de calor teórico transferido variando la altura H (m)

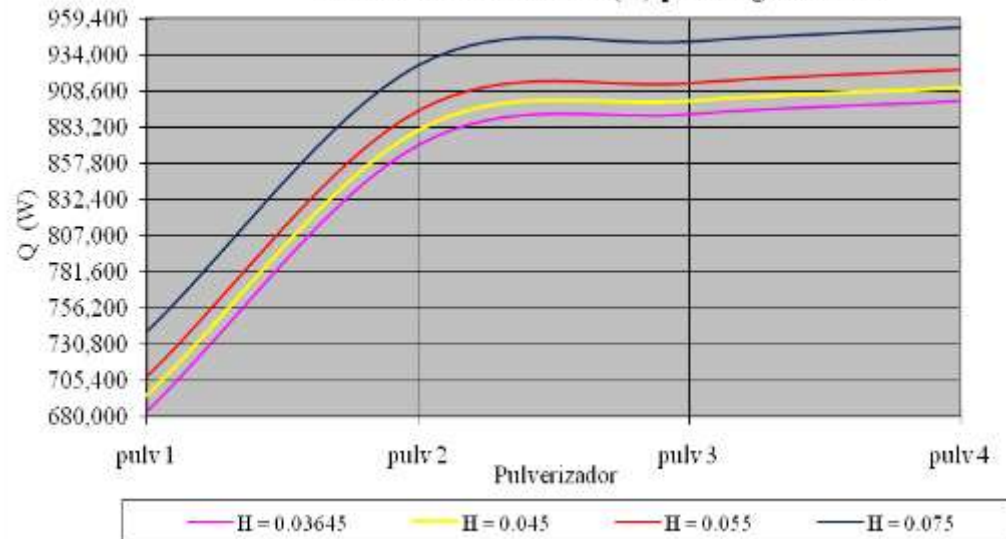
Variación de la Altura - H (m) para Soya + D2



Variación Altura - H (m) para Girasol + D2



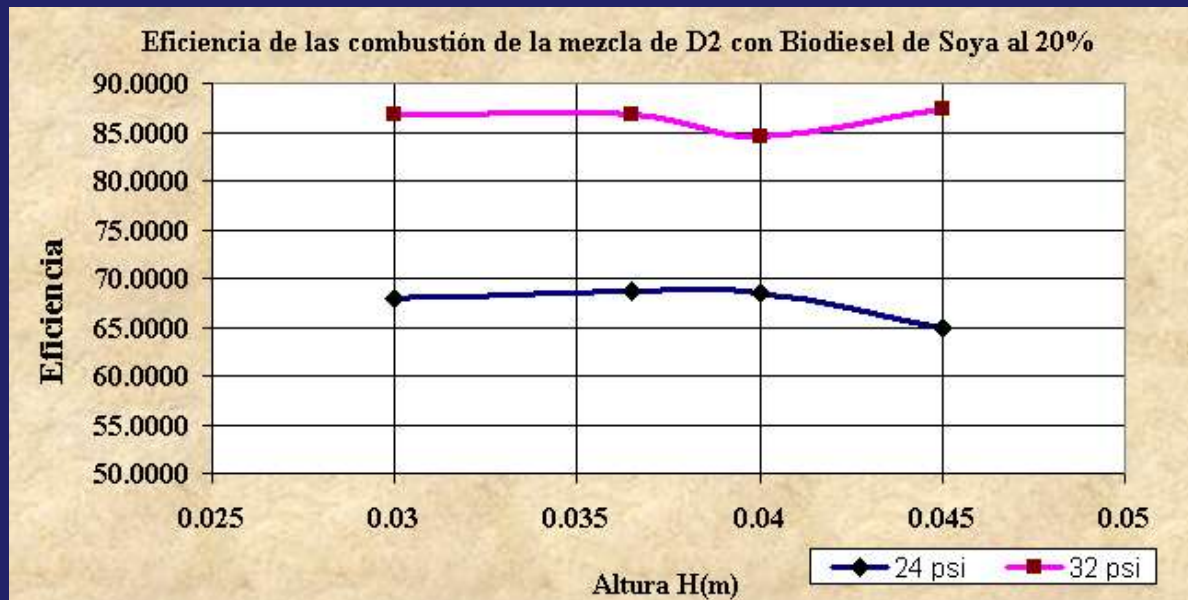
Variación de la Altura H (m) para Algodon + D2



## 2. Resultados Experimentales: Ensayos de combustión

### A. Eficiencia de combustión de la mezcla de D2 y biodiesel de soya al 20 %

RANGO: (0.0365 - 0.055) m



B20	h	Eficiencia
24 PSI	0,03	80,3823
	0,0365	68,7051
	0,04	68,4856
	0,045	64,9116
32 PSI	0,03	91,6068
	0,0365	86,7261
	0,04	84,5601
	0,045	87,2820

Se observa que a 24 PSI no es necesario cambiar la altura original (0.0365m).  
A 32 PSI se debe elevar la altura a 0.045m para obtener mayor aprovechamiento de calor



## B. Eficiencia de combustión de la mezcla de D2 y biodiesel de soya al 30 %

RANGO: (0.0365 - 0.055) m

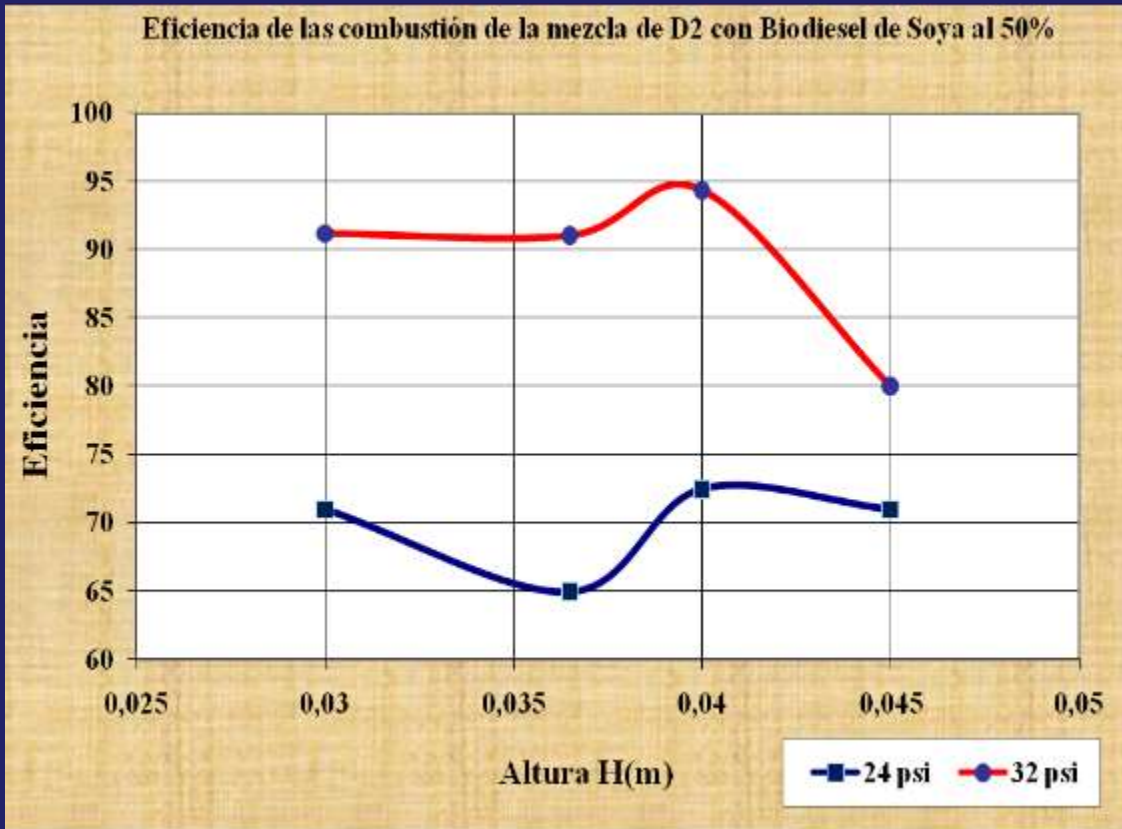


B30	H	eficiencia
24 PSI	0,03	64,4121
	0,0365	68,7238
	0,04	72,3077
	0,045	67,7811
32 PSI	0,03	93,3975
	0,0365	93,9630
	0,04	91,4914
	0,045	94,4000

Se observa que a 24 PSI es necesario cambiar la altura original a 0.04m, mientras que a 32 PSI se debe elevar la altura a 0.045m; para obtener mayor aprovechamiento de calor

## C. Eficiencia de combustión de la mezcla de D2 y biodiesel de soya al 50 %

RANGO: (0.0365 - 0.055) m

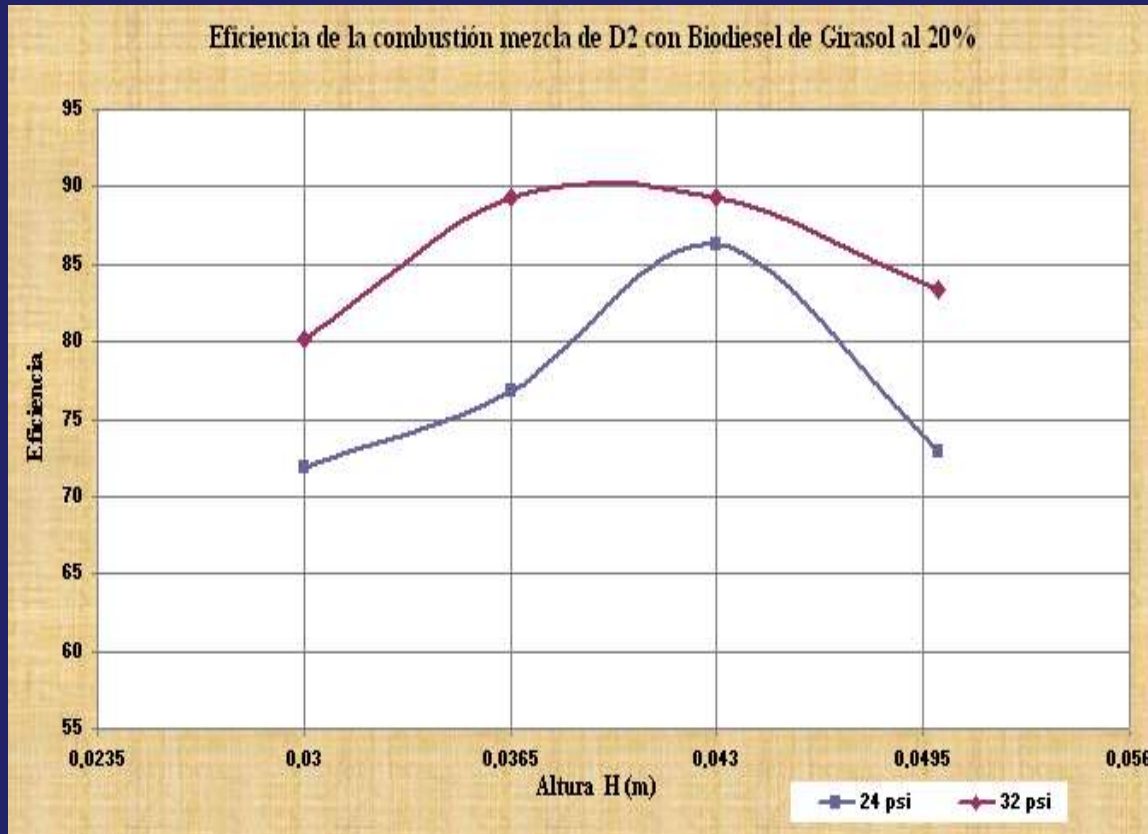


B50	H	eficiencia
24 PSI	0,03	71,0062
	0,0365	64,9373
	0,04	72,4902
	0,045	70,9788
32 PSI	0,03	91,1720
	0,0365	91,0195
	0,04	94,3480
	0,045	79,9973

Se observa que a 24 PSI es necesario cambiar la altura original a 0.04m, igualmente a 32 PSI se debe elevar la misma altura 0.04m; para obtener mayor aprovechamiento de calor

## D. Eficiencia de combustión de la mezcla de D2 y biodiesel de girasol al 20 %

RANGO: (0.0365 - 0.09) m

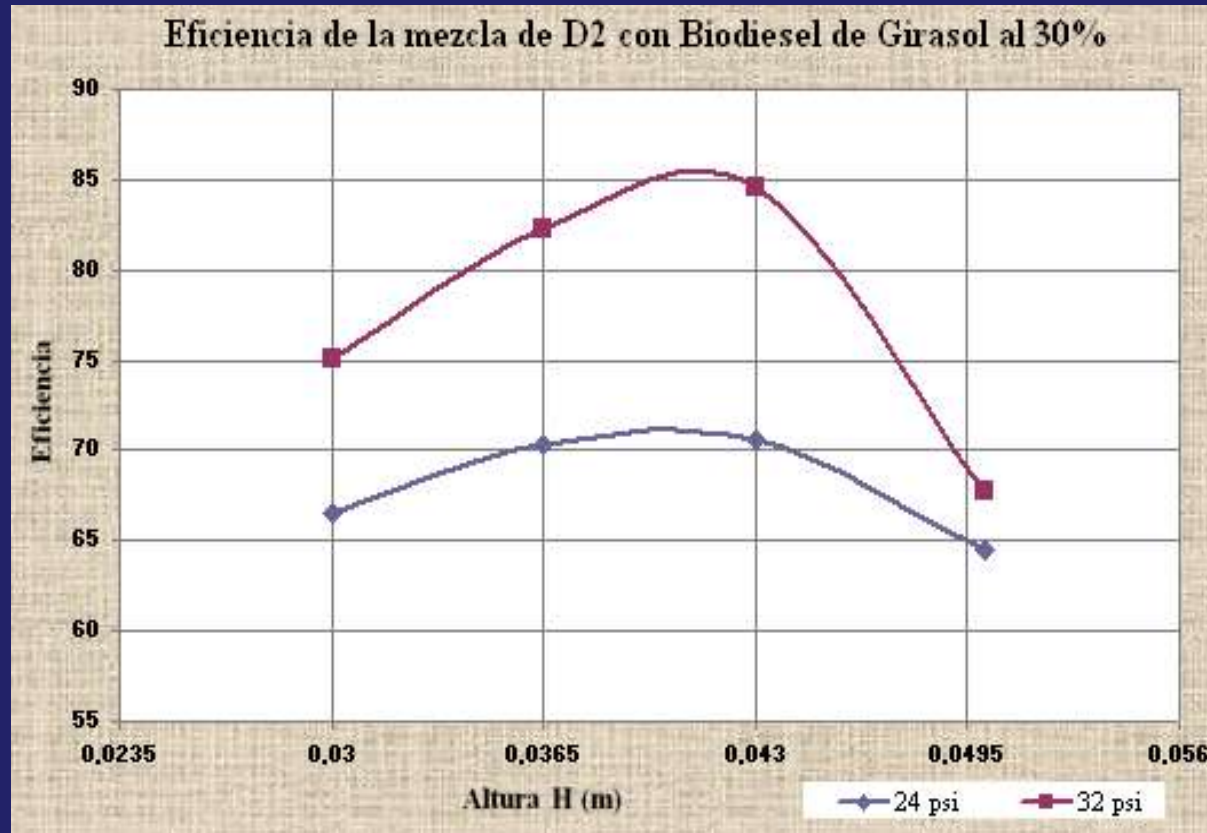


B20	H	eficiencia
24 PSI	0,03	71,9385
	0,0365	76,7992
	0,043	86,3262
	0,05	72,9107
32 PSI	0,03	80,2017
	0,0365	89,3014
	0,043	85,2494
	0,05	86,5814

Se observa que a 24 PSI es necesario cambiar la altura original a 0.043 m, mientras que a 32 PSI se debe mantener la altura original de 0.0365 m; para obtener mayor aprovechamiento de calor

## E. Eficiencia de combustión de la mezcla de D2 y biodiesel de girasol al 30 %

RANGO: (0.0365 - 0.09) m

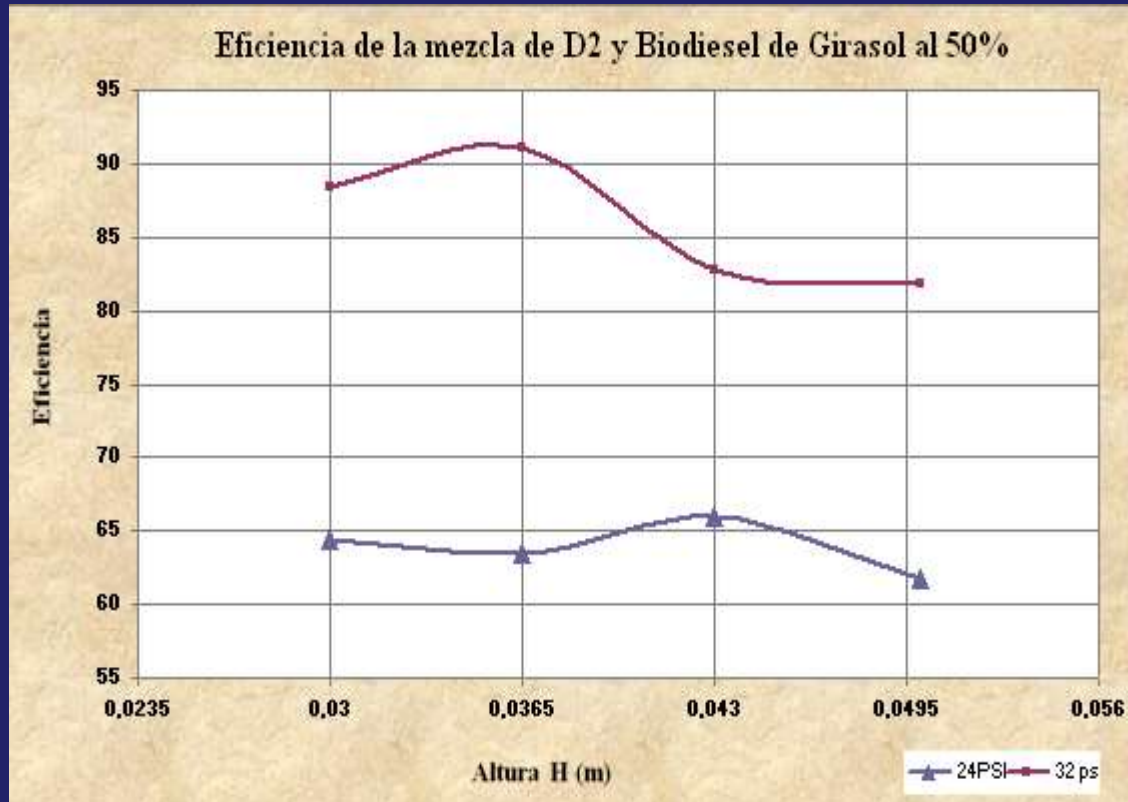


B30	H	eficiencia
24 PSI	0,03	66,5484
	0,0365	70,3878
	0,043	70,5920
	0,05	64,5413
32 PSI	0,03	75,0803
	0,0365	82,2995
	0,043	84,5766
	0,05	67,7482

Se observa que a 24 PSI es necesario cambiar la altura original a 0.043m, igualmente a 32 PSI se debe elevar la misma altura 0.043m; para obtener mayor aprovechamiento de calor

## D. Eficiencia de combustión de la mezcla de D2 y biodiesel de girasol al 50 %

RANGO: (0.0365 - 0.09) m



B50	H	eficiencia
24 psi	0,03	64,3389
	0,0365	63,5033
	0,043	66,0100
	0,05	61,8174
32 psi	0,03	88,4660
	0,0365	91,1135
	0,043	82,8263
	0,05	81,8598

Se observa que a 24 PSI es necesario cambiar la altura original a 0.04m, igualmente a 32 PSI se debe elevar la misma altura 0.04m; para obtener mayor aprovechamiento de calor



# Conclusiones

1. El flujo de calor de combustión se incrementa al aumentar el porcentaje de biodiesel en la mezcla y esto permite seleccionar solo tres mezclas y disminuir los cálculos energéticos y los ensayos experimentales de combustión.
2. El empleo de los pulverizadores 3 y 4 originan un aumento del calor transferido al agua dentro de la tetera, y por ende reducen se reducen las pérdidas de calor, producto de las cenizas desprendidas de la combustión y de las probables grasas que obstruyen el pulverizador, que impiden, la óptima pulverización de la mezcla combustible.
3. La variación de la distancia de la salida del difusor a la parrilla muestra que a mayor distancia aumenta el calor aprovechado, aunque se debe considerar que este calor no debe exceder del calor de combustión entregado por la mezcla.



4. Para mejorar la eficiencia de la combustión de la mezcla de biodiesel de soya y D2 se requiere una altura desde el difusor a la parrilla mayor que 0.0365 m y menor que 0.055 m.
5. Para mejorar la eficiencia de la combustión de la mezcla de biodiesel de girasol y D2 se requiere una altura desde el difusor a la parrilla mayor que 0.0365 m y menor que 0.09 m.
6. Para mejorar la eficiencia de la combustión de la mezcla de biodiesel de algodón y D2 se requiere una altura desde el difusor a la parrilla mayor que 0.0365 m y menor que 0.075 m.
7. Las eficiencias de combustión obtenidas al aumentar las alturas de la parrilla de la cocina no convencional son mayores a las obtenidas con la altura no modificada.



8. Toda cocina con quemador que trabaje con presiones superiores a 1 bar (14.7 PSI), debe emplear un manómetro instalado en el tanque de mezcla.
9. Los resultados experimentales indican que para una transferencia de combustión óptima se requiere emplear como combustible mezcla de biodiesel de soya y D2 al 20% con pulverizador 3 y una altura de 0.055 m.
10. Los resultados experimentales indican que para una transferencia de combustión óptima se requiere emplear como combustible mezcla de biodiesel de girasol y D2 al 20% con un pulverizador 4 y una altura de 0.07 m.
11. Los resultados experimentales indican que para una transferencia de combustión óptima se requiere emplear como combustible mezcla de biodiesel de algodón y D2 al 20% con un pulverizador 4 y una altura de 0.075 m.





# Recomendaciones Del Proyecto

1. Realizar mantenimiento cada 3 meses al quemador y a la cocina no convencional haciendo limpieza de tanque y cambio de empaquetaduras.
2. Elaborar una nueva empaquetadura para incrementar el período de duración.
3. Adicionar un manómetro de presión
4. La mezcla de biodiesel con diesel 2 no debe contener agua y glicerina ya que perjudica a la combustión y acelera el desgaste
5. Para tener una buena combustión y buen aprovechamiento del calor, se recomienda alcanzar las presiones óptimas indicadas.
6. Usar las mezclas de biodiesel con diesel 2 en las proporciones indicada en el presente proyecto, caso contrario no se obtendrán buenos resultados de la combustión de estas.
7. Usar las mezclas de biodiesel con diesel 2 en las proporciones indicada en el presente proyecto, caso contrario no se obtendrán buenos resultados de la combustión de estas.