

**Medio Ambiente -
Desarrollo Sostenible -
Combustión
(Cómo proteger la madre
naturaleza)
Tercera parte. Análisis del
efecto de los factores que
más influyen en el
consumo de combustible**

Ángel Zayas Moreno



*Documento de trabajo n° 60, Buenos Aires,
Septiembre de 2011*



www.ceid.edu.ar
admin@ceid.edu.ar
Buenos Aires
Argentina


Centro de Estudios Internacionales para el Desarrollo

Medio Ambiente - Desarrollo Sostenible - Combustión (Cómo proteger la madre naturaleza) Segunda parte. Determinación de los parámetros de eficiencia en la combustión del generador de vapor (SADECA. 12,6 m3).

Ángel Zayas Moreno*

1



La naturaleza no tiene celos como los hombres. No tiene odios, ni miedo como los hombres, no cierra el paso a nadie, porque no teme a nadie. Los hombres siempre necesitarán los productos de la naturaleza.

José Martí

Resumen

Para llevar a cabo esta investigación con la situación económica que atraviesa el país fue necesario establecer el estudio de una guía metodológica, compilación de datos y textos legales, para determinar los parámetros que más influyen en el proceso de la eficiencia de la combustión.¹ Se aplicó la técnica de expertos con la cual se establecieron los factores estudiados y su influencia en el medio ambiente.

Se efectuaron los cálculos, del poder calorífico para el combustible diesel, el volumen de aire necesario para la combustión, el calor específico medio de los gases de la combustión y peso específico de los gases de la combustión, para la mayor efectividad de las regulaciones del proceso de la combustión, que nos proponemos en el análisis.

* Docente de la Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, zayas@uci.cu

¹ López Planes R. Diseño estadístico de experimentos, Editorial Científico Técnico, La Habana. 1993.

* Docente de la Universidad de las Ciencias Informáticas, Cuba, zayas@uci.cu

La investigación se llevo a cabo en varios talleres de reparación, horarios e intercepciones de mayor afluencia de vehículos y fundamentalmente en la planta de inspección técnica de vehículos en el municipio Centro Habana donde se certifica el estado técnico para su circulación, además de determinar de manera objetiva los valores de eficiencia de la combustión.

Para corroborar los resultados obtenidos se efectuó un diseño experimental factorial a dos niveles completo con tres variables, que son los más influyentes, obteniéndose el modelo matemático a partir del cual y para las condiciones de experimentación, se puede evaluar el comportamiento de los mismos sobre la eficiencia y los **productos** al medio ambiente.

CAPITULO 3.

Análisis del efecto de los factores que más influyen en el consumo de combustible.²

Uno de los objetivos que se plantearon al comienzo del presente trabajo, fue el de establecer la influencia de diferentes factores en el consumo de combustible. Es por ello que para el análisis del efecto de los factores, se empleará los resultados obtenidos en la aplicación de la metodología de cálculo, y en específico se valorará el comportamiento de los 3 factores que más influyen según los expertos.

Para lograr los resultados esperados se emplea un diseño experimental factorial a 2 niveles completo, con 3 variables. Las condiciones para el desarrollo del experimento serán las mismas que se tuvieron en cuenta en la determinación de los factores que influyen en la eficiencia de la combustión en los cálculos antes realizados.

DISEÑO FACTORIAL A DOS NIVELES COMPLETO.³

Pasos a seguir: [7, 9 y 16]

1-Selección de los niveles de los factores y su simbología.

2-Ejecución y codificación de los experimentos.

3-Diseño de los experimentos: Matriz (D).

Existen 3 factores que son cuantitativos. Este será un diseño 2^3 por lo que se realizan 8 corridas.

² *López Planes R. Diseño estadístico de experimentos, Editorial Científico Técnico, La Habana.1993.*

4-Con la matriz D se procede a ejecutar los experimentos de forma aleatoria.

5-El modelo matemático a obtener en este diseño, es un modelo de Regresión Múltiple. Se procesarán los datos con la ayuda del sistema estadístico⁴ STATGRAPHICS PLUS para Windows.

6-Prueba de significación de los coeficientes. Para la determinación de los coeficientes significativos, se empleará el método de Fisher. En primer orden se determina la varianza del error puro en cada corrida por la expresión:

7-Prueba de adecuación del modelo.

$$S^2_{mj} = \Sigma (y_i - \bar{y})^2 / m-1$$

La varianza del error puro para toda la investigación se determina por la expresión:

$$S^2_{pe} = (m_1 - 1) S^2_{m1} + (m_2 - 1) S^2_{m2} + \dots + (m_j - 1) S^2_{mj} / (m_1 - 1) + (m_2 - 1) + \dots (m_j - 1)$$

De donde se obtiene: $S^2_{pe} = 0.11168$

Para establecer que factores son significativos se plantea la prueba de hipótesis:

$$H_0: b_m = 0$$

$$H_1: b_m \neq 0$$

Donde:

$$m=1, \dots, n$$

n: número de parámetros en el modelo.

Si $F_{calculada} > F_{crítica}$ para cada b_m , entonces se rechaza la hipótesis nula, por lo que se concluye que b_m es significativa.

La expresión para calcular $F_{calculada}$ es:

$$F_{calculada} = b^2_m * \Sigma x^2_{im} / S^2_{pe}$$

El valor de $F_{crítica}$ se obtiene para un nivel de significación prefijado, en nuestro caso tomaremos $\alpha = 0,10$.

Otra manera más sencilla de analizar la significación de los coeficientes es el uso de la probabilidad asociada a la $F_{calculada}$. Que no las da el sistema estadístico. Se trabaja de la siguiente forma:

³ Revista. Comité Estatal de Estadística (R185/90).

⁴ STATGRAPHICS PLUS para Windows.

p-level: la probabilidad asociada a la $F_{calculada}$

$\alpha = 0,10$: el nivel de significación

Si p -level < α para cada b_m , entonces se rechaza la hipótesis nula, por lo que se concluye que b_m es significativa

7-Prueba de adecuación del modelo.

Se aplicará el criterio de Fisher basado en la comparación de las varianzas de los errores por efecto de error puro y error por falta de ajuste.

$F = \text{Estimado de } (S_{pe}^2 + S_{fa}^2) / \text{Estimado de } S_{pe}^2$

El estimado de $(S_{pe}^2 + S_{fa}^2)$ será igual a:

$$(S_{pe}^2 + S_{fa}^2) = \sum e_i^2 / n - p$$

Para calcular $\sum e_i^2$ se tiene:

$$\sum e_i^2 = \sum Y_i^2 - \sum b_p^2 \sum x_i^2$$

Para verificar si el modelo es adecuado, se plantea la prueba de hipótesis:

H_0 : El modelo es adecuado

H_1 : El modelo no es adecuado

Si $F_{calculada} < F_{crítica}$ entonces no se rechaza la hipótesis nula, por lo que el modelo es adecuado.

Este diseño fue el que se tuvo en cuenta para ver la influencia de determinados factores en el consumo de combustible. Se analizaron tres combustibles, que fueron:

Crudo ligero de bajo contenido de azufre.

Combustible fuel –oil

Combustible diesel

1-Crudo ligero de bajo contenido de azufre

1.1-Selección de los niveles de los factores y su simbología

Tabla: 3.1 .Selección de los niveles de los factores.

Factor	Concepto	Nivel bajo	Nivel alto
X_1	Exceso de aire	1,17	1,19
X_2	Temperatura del ($^{\circ}$ C) combustible	95	100
X_3	Presión del combustible (kg/cm^2)	17,00	18

Estos niveles nos representan las variables independientes.

1.2-Ejecución y codificación de los experimentos:

Corridas del diseño experimental $2^3=8$.



Tabla 3.2

N° de orden	Exceso de aire(X_1)	Temperatura (X_2)	Presión(X_3)
1	1,17	95	17
2	1,19	95	17
3	1,17	100	17
4	1,19	100	17
5	1,17	95	18
6	1,19	95	18
7	1,17	100	18
8	1,19	100	18

Codificación de los factores.

Tabla: 3.3

Concepto	Nivel bajo	Nivel alto
Exceso de aire(X_1)	-1	+1
Temperatura del combustible(X_2)	-1	+1
Presión de ignición(X_3)	-1	+1

1.3-Diseño de los experimentos:

Matriz (D)

Por tanto la planificación de los experimentos para plan factorial 2^3 , en forma codificada, se expresaría así:

Tabla: 3.4

N° de orden	X_1	X_2	X_3
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

1.4-Con la matriz D se procede a ejecutar los experimentos de forma aleatoria:

Tabla 3.5: Aleatorización del experimento

N°	N° de orden	X ₁	X ₂	X ₃
1	3	1,17	100	17
2	7	1,17	100	18
3	1	1,17	95	17
4	8	1,19	100	18
5	5	1,17	95	18
6	2	1,19	95	17
7	6	1,19	95	18
8	4	1,19	100	17

1.5-El modelo matemático a seleccionar.

Los resultados se obtuvieron mediante el analizador de gases: Fig.1



Figura 1

Tabla3.6:
Rendimiento en (%).Tabla: 3.6

Orden aleatorio	1 ^{ra} repetición	2 ^{da} repetición	Y :media
1	92,0	91,90	91,05
2	92,20	92,20	92,20
3	89,90	92,10	91,00
4	91,80	92,10	91,95

5	92,00	91,80	91,90
6	92,62	91,20	91,95
7	92,00	92,00	92,00
8	91,70	92,00	91,85

A esto le llamaremos columna o vector columna de los rendimientos o de las respuestas (Y), que representa la variable dependiente.

Tabla 3.7: Datos de entrada

Corridas	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁₂	X ₁₃	X ₂₃	X ₁₂₃	Y
1	1,17	95	17	111,15	19,89	1615	34,51	92
2	1,19	95	17	113,05	20,23	1615	34,51	92,2
3	1,17	100	17	117	19,89	1700	34,51	91
4	1,19	100	17	119	20,23	1700	34,51	91,95
5	1,17	95	18	111,15	21,06	1710	36,54	91,9
6	1,19	95	18	113,05	21,42	1710	36,54	91,95
7	1,17	100	18	117	21,06	1800	36,54	92
8	1,19	100	18	119	21,42	1800	36,54	91,85



Primer análisis.

Con los valores obtenidos de los coeficientes se puede representar el modelo matemático:

Efectuando los cálculos tenemos: Tabla: 3.8

Tabla 3.8: Prueba de significación de los coeficientes (F-Fisher)

Parámetros	F-Fisher	p-level
b ₀ =82,463	6,772	0,01*
b ₁ =228,111	2,110	0,12
b ₁₃ =-12,285	-1,997	0,14
b ₂₃ =0,150	2,016	0,13
b ₂ =2,689	-2,063	0,13

p- level :es la probabilidad asociada a la prueba F-fisher

*:los coeficientes que son significativos

Prueba de significación de la adecuación del modelo

$C_{\text{calculado}} = ?$ (el modelo es significativo)

% de explicación -----74

$$Y = 82,463 + 228,111 \cdot X_1 - 12,285 \cdot X_1 X_3 + 0,15 \cdot X_2 X_3 + 2,689 \cdot X_2$$

Segundo análisis.

Efectuando los cálculos tenemos: Tabla 3.9:

Tabla: 3.9

Parámetro	F-Fisher	p-level
$b_0 = 355,103$	3,168	0,05*
$b_{12} = 2,37$	2,425	0,09*
$b_{13} = -12,453$	-2,296	0,10*
$b_{23} = 0,152$	2,317	0,10*
$b_2 = -5,521$	-2,401	0,09*



p- level :es la probabilidad asociada a la prueba F-fisher

*:los coeficientes que son significativos

% de explicación -----78,79

$F_{\text{calculada}} = ?$ (el modelo es significativo)

$$Y = 355,103 + 2,37 \cdot X_1 X_2 - 12,453 \cdot X_1 X_3 + 0,152 \cdot X_2 X_3 - 5,521 \cdot X_2$$

Para este combustible el modelo más adecuado resulto el obtenido en el segundo análisis, puesto que tenía un mayor por ciento de explicación que el primero y además todos los coeficientes son significativos.

Conclusión:

Podemos decir que no solo para modelar el rendimiento se tuvieron en cuenta las variables independientes, sino también las interacciones. La variable independiente de mayor interés fue la temperatura del combustible a la cual se inyecta el mismo. De las interacciones de mayor interés resultaron:

Exceso de aire y temperatura del combustible

Exceso de aire y presión a la cual se suministra el combustible

Temperatura del combustible y presión a la cual se suministra el combustible

El mejor modelo que resulto fue:

$$Y = 355,103 + 2,37 \cdot X_1 X_2 - 12,453 \cdot X_1 X_3 + 0,152 \cdot X_2 X_3 - 5,521 \cdot X_2$$

2-Combustible Fuel –oil

2.1-Selección de los niveles de los factores y su simbología (tabla:4.1 .

Tabla:4.1 .Selección de los niveles de los factores.

Factor	Concepto	Nivel bajo	Nivel alto
X ₁	Exceso de aire	1,08	1,12
X ₂	Temperatura del (°C) combustible	95	100
X ₃	Presión del combustible (kg/cm ²)	18	20

9

Estos niveles nos representan las variables independientes.

2.2-Ejecución y codificación de los experimentos:

Corridas del diseño experimental $2^3=8$.

Tabla4.2

N° de orden	Exceso de aire(X ₁)	Temperatura (X ₂)	Presión (X ₃)
1	1,08	95	18
2	1,12	95	18
3	1,08	100	18
4	1,12	100	18
5	1,08	95	20
6	1,12	95	20
7	1,08	100	20
8	1,12	100	20

Tabla: 4.3. Codificación de los factores.

Concepto	Nivel bajo	Nivel alto
Exceso de aire(X_1)	-1	+1
Temperatura del combustible(X_2)	-1	+1
Presión de ignición(X_3)	-1	+1

2.3- Diseño de los experimentos: Matriz (D).

Como se puede observar existen 3 factores que son cuantitativos. Este será un diseño 2^3 con 8 corridas, las cuales son las que se muestran en la tabla: 2.3.

Por tanto la planificación de los experimentos para plan factorial 2^3 , en forma codificada, se expresaría así:

Tabla: 4.4

N° de orden	X_1	X_2	X_3
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

2.4-Con la matriz D se procede a ejecutar los experimentos de forma aleatoria: Tabla 4.5

Aleatorización del experimento. Tabla 4.5:

N°	N° de orden	X_1	X_2	X_3
1	3	1,08	100	18
2	7	1,08	100	20
3	1	1,08	95	18
4	8	1,12	100	20
5	5	1,08	95	20
6	2	1,12	100	18

7	6	1,12	95	20
8	4	1,12	100	18

2.5-El modelo matemático

Rendimiento en (%).

Las mediciones se realizaron. Ver: Fig. 1

Tabla:4.6

Orden aleatorio	1 ^{ra} repetición	2 ^{da} repetición	Y media
1	87,4	87,6	87,5
2	90,3	89,4	89,85
3	86,9	85,1	86,0
4	88,1	89,3	88,7
5	89,1	87,3	88,2
6	90,3	88,7	89,5
7	90,0	88,0	89,0
8	89,0	86,6	87,8

11

A esto le llamaremos columna o vector columna de los rendimientos o de las respuestas (Y), que representa la variable dependiente

Tabla 4.7: Datos de entrada

Corridas	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁₂	X ₁₃	X ₂₃	X ₁₂₃	Y
1	1,08	95	18	102,6	19,44	1710	1846,8	87,50
2	1,12	95	18	106,4	20,16	1710	1915,2	89,85
3	1,08	100	18	108,0	19,44	1800	1944,0	86,00
4	1,12	100	18	112,0	20,16	1800	2016,0	88,70
5	1,08	95	20	102,6	21,60	1900	2052,0	88,20
6	1,12	95	20	106,4	22,40	1900	2128,0	89,50
7	1,08	100	20	108,0	21,60	2000	2160,0	89,00
8	1,12	100	20	112,0	22,40	2000	2240,0	87,80

Primer análisis.

Con los valores obtenidos de los coeficientes se puede representar el modelo matemático:

Efectuando los cálculos tenemos:

Tabla 4.8: Prueba de significación de los coeficientes (F-Fisher)

Parámetros	F-Fisher	p-level
$b_0=-582,194$	-1,937	0,14
$b_1=620,000$	2,720	0,10*
$b_{13}=-30,937$	-2,156	0,12
$b_2=-0,177$	-0,546	0,22
$b_3=34,337$	2,175	0,12

p- level: es la probabilidad asociada a la prueba F-fisher

*:los coeficientes que son significativos

Prueba de significación de la adecuación del modelo

$F_{crítica}=3,30$ p-level=0,1769

$F_{calculada}=?$ (el modelo es significativo)

% de explicación -----81,50

$Y=-582,194+620,000 \cdot X_1 -30,937 \cdot X_1 X_3 -0,177 \cdot X_2 +34,337 \cdot X_3$

Segundo análisis.

Efectuando los cálculos tenemos:

Tabla: 4.9

Parámetro	F-Fisher	p-level
$b_0=-599,500$	-2,140	0,14
$b_1=635,901$	2,348	0,10*
$b_{13}=-30,937$	-2,175	0,12
$b_{12}=-0,163$	-1,577	0,21
$b_3=34,337$	2,195	0,12

p- level : es la probabilidad asociada a la prueba F-fisher

*:los coeficientes que son significativos

$F_{crítica}=3,38$ p-level=0,1727

% de explicación -----81,82

$F_{calculada}=?$ (el modelo es significativo)

$Y=-599,500+635,901 \cdot X_1 -30,937 \cdot X_1 X_3 -0,163 \cdot X_1 X_2 +34,337 \cdot X_3$

Para este combustible el modelo más adecuado resulto el obtenido en el segundo análisis, puesto que tenia un mayor por ciento de explicación que el primero a pesar que algunos coeficientes no son significativa muy significativa, pero el modelo responde proceso de la combustión.

Conclusión:

Podemos decir que no solo para modelar el rendimiento se tuvieron en cuenta las variables independientes, sino también las interacciones. La variable

independiente de mayor interés fue la temperatura del combustible y la presión a la cual se suministra el combustible

. De las interacciones de mayor interés resultaron.

Exceso de aire y la temperatura del combustible.

Exceso de aire y presión a la cual se suministra el combustible.

El mejor modelo que resulto fue:

$$Y = -599,500 + 635,901 \cdot X_1 - 30,937 \cdot X_1 X_3 - 0,163 \cdot X_1 X_2 + 34,337 \cdot X_3$$

3-Combustible Diesel:

3.1-Selección de los niveles de los factores y su simbología (tabla:5.1).

Tabla: 5.1 .Selección de los niveles de los factores.

Factor	Concepto	Nivel bajo	Nivel alto
X ₁	Exceso de aire	1,1	1,14
X ₂	Temperatura del (°C) combustible	27	32
X ₃	Presión del combustible (kg/cm ²)	10	12

Estos niveles nos representan las variables independientes.

3.2-Ejecución y codificación de los experimentos:

Tabla5.2: Corridas del diseño experimental 2³=8.

Tabla 5.2

N° de orden	Exceso de aire(X ₁)	Temperatura (X ₂)	Presión(X ₃)
1	1,1	27	10
2	1,14	27	10
3	1,1	32	10
4	1,14	32	10
5	1,1	27	12
6	1,14	27	12
7	1,1	32	12
8	1,14	32	12

Tabla: 5.3. Codificación de los factores.

Concepto	Nivel bajo	Nivel alto
Exceso de aire(X ₁)	-1	+1
Temperatura del combustible(X ₂)	-1	+1
Presión de ignición(X ₃)	-1	+1

3.3-Diseño de los experimentos: Matriz (D). Como se puede observar existen 3 factores que son cuantitativos. Este será un diseño 2³ con 8 corridas, las cuales son las que se muestran en la tabla: 5.4.

Por tanto la planificación de los experimentos para plan factorial 2^3 , en forma codificada, se expresaría así:

Tabla: 5.4

N° de orden	X ₁	X ₂	X ₃
1	-	-	-
2	+	-	-
3	-	+	-
4	+	+	-
5	-	-	+
6	+	-	+
7	-	+	+
8	+	+	+

15

3.4-Con la matriz D se procede a ejecutar los experimentos de forma aleatoria:

Tabla 5.5

Tabla 5.5: Aleatorización del experimento

N°	N° de orden	X ₁	X ₂	X ₃
1	3	1,1	32	10
2	7	1,1	32	12
3	1	1,1	27	10
4	8	1,14	32	12
5	5	1,1	27	12
6	2	1,14	27	10
7	6	1,14	27	12
8	4	1,14	32	10

3.5-El modelo matemático.

Los resultados obtenidos son Tabla 5.6:

Rendimiento en (%).

Orden aleatorio	1 ^{ra} repetición	2 ^{da} repetición	Y media
1	90,3	89,7	90
2	91,2	90,2	90,7
3	90,6	89	89,8
4	90,7	89,5	90,1
5	89,8	89,2	89,5
6	91,05	88,95	90
7	89,7	90,1	89,9
8	91	90	90,5

A esto le llamaremos columna o vector columna de los rendimientos o de las respuestas (Y), que representa la variable dependiente

Tabla 5.7: Datos de entrada

Corridas	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁₂	X ₁₃	X ₂₃	X ₁₂₃	Y
1	1,1	27	10	29,7	11	270	297	90
2	1,14	27	10	30,78	11,4	270	307,8	90,7
3	1,1	32	10	35,2	11	320	352	89,8
4	1,14	32	10	36,48	11,4	320	364,8	90,1
5	1,1	27	12	29,7	13,2	324	356,4	89,5
6	1,14	27	12	30,78	13,68	324	369,36	90
7	1,1	32	12	35,2	13,2	384	422,4	89,9
8	1,14	32	12	36,48	13,68	384	437,76	90,5

16

Primer análisis. Con los valores obtenidos de los coeficientes se puede representar el modelo matemático:

Efectuando los cálculos obtenemos: Tabla: 5.8

Tabla 5.8: Prueba de significación de los coeficientes (F-Fisher)

Parámetros	F-Fisher	p-level
b ₀ =116,953	19,432	0,00*
b ₁₃ =3,276	6,191	0,01*
b ₁₂ =-0,785	-4,325	0,02*
b ₂₃ =0,06	4,368	0,22
b ₃ =-6,128	-5,519	0,01*

p- level :es la probabilidad asociada a la prueba F-fisher

*:los coeficientes que son significativos

F_{crítica}=13,14 p-level=0,0304

% de explicación -----94,599

F_{calculada} =?(el modelo es significativo)

Prueba de significación de la adecuación del modelo

F_{calculada} =?(el modelo es significativo)

% de explicación -----74

Y=116,953+3,276•X₁X₃ -0,785•X₁X₂ +0,08•X₂X₃ -6,128•X₃

Segundo análisis.

Efectuando los cálculos tenemos: Tabla 5.9:

Tabla: 5.9

Parámetro	F-Fisher	p-level
b ₀ =76,325	36,268	0,00*
b ₁₂ =-0,827	-5,798	0,01*
b ₂₃ =0,085	5,853	0,01*
b ₃ =-2,586	-6,035	0,01*
b ₁ =37,532	0,167	0,00*

p- level :es la probabilidad asociada a la prueba F-fisher

*: Los coeficientes que son significativos

$$F_{\text{crítica}}=22,67 \quad p\text{-level}=0,0141$$

% de explicación -----96,7976

$F_{\text{calculada}} = ?$ (el modelo es significativo)

$$Y=76,325-8,827 \cdot X_1 X_2 +0,846 \cdot X_2 X_3 -2,586 \cdot X_3 +37,532 \cdot X_1$$

Para este combustible el modelo más adecuado resulto el obtenido en el segundo análisis, puesto que tenía un mayor por ciento de explicación que el primero y además todos los coeficientes son significativos.

17

Conclusión:

Podemos decir que no solo para modelar el rendimiento se tuvieron en cuenta las variables independientes, sino también las interacciones. La variable independiente de mayor interés fue la del exceso de aire y la presión a la que se inyecta el combustible. De las interacciones de mayor interés resultaron:

Temperatura del combustible y exceso de aire.

Temperatura del combustible y presión a la cual se suministra.

Por lo que se observa las interacciones entre los factores analizados influyen en la eficiencia de la combustión.

Por lo tanto el modelo matemático puede suponerse igual a:

$$Y=76,325-8,827 \cdot X_1 X_2 +0,846 \cdot X_2 X_3 -2,586 \cdot X_3 +37,532 \cdot X_1$$

Conclusiones

Por los resultados obtenidos en la realización de las pruebas se observa que:

En los diferentes tipos de combustible son todo el rendimiento adecuado al experimento siendo los valores de mejor significación los del combustible diesel donde explica 96,79 % siendo las variables de mayor interés la del exceso de aire y la presión a la que se inyecta el combustible.

Las interacciones de mayor interés resultaron:

Temperatura del combustible y exceso de aire.

Temperatura del combustible y presión a la cual se suministra.

Por lo que se observa las interacciones entre los factores analizados influyen en la eficiencia de la combustión.

Por lo tanto el modelo matemático puede suponerse igual a:

$$Y=76,325-8,827 \cdot X_1 X_2 +0,846 \cdot X_2 X_3 -2,586 \cdot X_3 +37,532 \cdot X_1$$

Conclusión del capítulo.

**X_3 , X_1 y las interacciones $X_1 X_2$, $X_2 X_3$ son la de mayor significación, por lo cual se puede afirmar que la combustión responde a las normas establecidas donde se evita que el CO este por encima lo permisible [56]
Los valores obtenidos de rendimiento por tipos de combustible**

seleccionado, se diferencian en su nivel de explicación y significación con un nivel de confianza del 90% a pesar de las variaciones de rendimientos entre los combustible dado su análisis físico químico y naturaleza. Esto demuestra que los diferentes poderes caloríficos responden al análisis físico químico de los combustibles. Por los resultados obtenidos se demostró que los factores que mayor incidencia tienen en el rendimiento son: el exceso de aire, temperatura del combustible y la presión a la cual se inyectan. Esto no quiere decir que el tipo de quemador y su estado técnico no influyan en la combustión.

Conclusiones de la investigación. .

Como conclusiones del trabajo se puede señalar que:

1-Se propone una metodología para la determinación de los parámetros del rendimiento de la combustión de los generadores de vapor y propuestas de normas de emisión de gases para los vehículos de acuerdo al de fabricación con el fin de disminuir la emisión en los niveles de concentración de partículas de polvo, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, ozono troposférico y monóxido de carbono y que depende de la exigencia y control del hombre.

2-Se establece los valores de los parámetros del rendimiento para la combustión para diferentes combustibles en correspondencia con las características físicos- químicas de cada uno de ellos así como los factores que más influyen sobre éstos, en las condiciones actuales de explotación.

3-Se pudo comprobar que los datos obtenidos mediante el cálculo responden a los obtenidos durante los experimentos.

4-Con la prueba experimental realizada se obtuvo en qué nivel son significativos los factores analizados, lográndose el modelo matemático que relaciona a los mismos.

VALORACIÓN ECONÓMICA Y APORTE SOCIAL.

Debe aparecer el cálculo de los costos y la utilidad de los materiales empleados y si sustituyen importaciones; si eleva la calidad, la productividad del trabajo o los demás indicadores en el campo de la eficiencia, si incrementa los fondos exportables y si reporta beneficios de carácter social.

La calidad de la combustión todo es indicativo, efectivo del rendimiento sin embargo el humo excesivo es indicativo de pérdidas económicas, en casos extremos pueden significar perdidas del 15 % y en los normales la pérdida es del 5% en combustibles.

Se ha podido comprobar que producto a la mala combustión se incrementa la capa de hollín si esta representa el 3.2 mm de espesor, el incremento en el consumo llega 9% del combustible.

Para un generador que tenga un consumo de combustible de 125 lts/h.

- Para una hora de trabajo seria 6.25 lt/h más.
- Para una jornada de trabajo de 14 horas seria 84 lts/h más.
- Para un mes de 24 días laborables serian 2016 lts.
- Para un año: 24192 lts.

Por incremento de de la capa de hollín. 2mm de espesor.

Para una hora de trabajo: 1 lts serian 11. 25 lts más.

Para un generador que tenga un consumo de combustible de 125 lts/h.

Para una hora de trabajo seria 6.25 lt/h más.

Para una jornada de trabajo de 14 horas seria 157.2 más.

Para un mes de 24 días laborables serian 3768 lts.

Para un año: 45216 lts.

Sumando ambas afectaciones nos daría:

Una pérdida por la mala de combustión de 69408 lts para el generador utilizado en la realización del experimento, también en gran medida se disminuye la contaminación del medio.

Dada la variación de los precios en el mercado internacional no realizamos el estimado en moneda convertible.

Recomendaciones.

El tema tratado en la presente trabajo debe continuarse desarrollando, teniendo en cuenta el impacto social del medio ambiente y la importancia que el mismo tiene en el desarrollo sostenible.

El óptimo aprovechamiento de la energía que nos posibilitan los combustibles en el desarrollo de la economía en nuestro país hay que prestarle una mayor atención. La generalización del dominio de los parámetros principales de la combustión, al resto de las entidades y en especial a las grandes industrias sería de vital importancia y todo el transporte que circula en el país, continuar paulatinamente la instalación de nuevos motores de mayor eficiencia, que los vehículos a ser importado cumple con las normas de emisiones establecidas en el país de origen.

Que los certificados emitidos por los fabricantes o los importadores tengan validez y acreditado, y que reflejan resultados de pruebas específicas de homologación.

Que se importen y fabriquen quemadores de mayor eficiencia y de posibilidad de regulación de los parámetros de la combustión.

Llevar a la gran industria y aquellas de explotación continua analizadores gases que los operadores puedan controlar los parámetros del proceso de combustión.

Consideramos que la propuesta de metodología tiene que ser perfeccionada en lo referente a otros factores que también influyan en el proceso, que no pudieron ser valoradas.

Se debe continuar el estudio sobre la influencia de diferentes factores en el consumo de combustible y que tengan en cuenta el estado técnico de los vehículos, así como las interacciones de los factores.

Simbología.

\bar{y} - valor medio de las respuestas.

$\sum b^2$ - suma de todos los coeficientes significativos al cuadrado.

$\sum e^2$ - suma de las diferencias de las $\sum y^2$ con el producto de $\sum b^2 \sum x^2$.

$\sum x^2$ - suma que será igual al número de corridas efectuadas.

$\sum y^2$ - suma de las respuestas experimentales al cuadrado

F - prueba F-Fisher.

p-level: la probabilidad asociada a un valor de al F-Fisher.

α - el nivel de significación o de confianza de la prueba F-Fisher.

C_e - criterio de expertos.

E - expertos.

H_0 - hipótesis nula.

H_1 - hipótesis alternativa..

n - tamaño de la muestra calculada.

R^2 - coeficiente de correlación múltiple.

S - desviación estándar.

S^2 - varianza.

S_{fa}^2 - varianza de falta de ajuste.

S_{pe}^2 - varianza del puro error.

X - matriz de los valores de x.

X^1 - transpuesta.

Y - respuesta del diseño experimental.



Centro de Estudios Internacionales para el Desarrollo

23

INTERNATIONAL RESEARCH CENTER FOR DEVELOPMENT

*CENTRO DE ESTUDOS INTERNACIONAIS
PARA O DESENVOLVIMENTO*

*CENTRE D'ÉTUDES INTERNATIONALES
PAR LE DÉVELOPPEMENT*

*CENTRUM STUDIÓW MIĘDZYNARODOWYCH
NA RZECZ ROZWOJU*

국제 개발 연구소

Enviar correspondencia a:

**Centro de Estudios Internacionales para el Desarrollo - CEID
Av. Juan Bautista Alberdi 6043 8°
C1440AAL - Buenos Aires
Argentina**

**Telefax: (5411) 3535-5920
admin@ceid.edu.ar
www.ceid.edu.ar**
