

Se ha pronosticado que las reservas mundiales de petróleo estarán agotándose dentro de los próximos 20 a 30 años, si la actual demanda de energía continúa dependiendo de los productos del petróleo (Manurung). Por lo tanto, es indispensable investigar la posibilidad y la factibilidad de utilizar combustibles no derivados del petróleo.

Como el aceite vegetal es renovable, constituye una alternativa favorable para ser utilizado como combustible. Los aceites vegetales contienen grandes cantidades de carbón, el cual es uno de los componentes más importantes de los combustibles.

Los estudios realizados en las Filipinas sobre el aceite de coco como posible combustible para motores Diesel resultaron ser altamente positivos (Cruz). También se han estudiado las características de funcionamiento y los escapes de los motores Diesel utilizando aceite de girasol y de maní. (Barsic y Humke, 1981 - Parte I y II). En Malasia, se ha tenido éxito en la conversión de aceite de palma en metil ester para uso en combustibles (Barsic y Humke, 1981).

Durante el desarrollo de este proyecto se investigó la posibilidad de utilizar aceite de palma como posible combustible alternativo para motores Diesel. El alcance del trabajo incluía el análisis de las propiedades físicas del aceite de palma, el funcionamiento de los motores Diesel utilizando aceite de palma como combustible, y los escapes.

TALADRO EXPERIMENTAL Y PROCEDIMIENTOS

Para este estudio se utilizó la oleína Refinada, Blanqueada y Desodorizada (RBD). El volumen de grasa sólida en la oleína RBD es bastante bajo a temperatura ambiente, y es fácil encontrar oleína en el mercado, en la forma de aceite de cocina.

Antes de comenzar las pruebas del experimento, se adelantaron estudios sobre las propiedades físicas del aceite de palma, de acuerdo con los procedimientos Americanos Estándar de Prueba de Materiales y con los procedimientos Británicos Estándar. El hecho de conocer las propiedades físicas

del aceite de palma facilitaría la decisión sobre si es factible utilizarlo en motores Diesel, y sobre los tipos de motor con los cuales es más compatible. En estudios sobre el funcionamiento de motores Diesel, se utilizaron dos tipos de motores, a saber: un motor Diesel E-6 Ricardo y un motor Diesel Lister. Los motores se probaron con aceite de palma, sin hacerles modificación alguna. Se comparó el funcionamiento de los motores utilizando aceite de palma y combustible Diesel. Las especificaciones de los motores que se utilizaron aparecen descritas en las Figuras 1 y 2.

El motor Diesel E-6 Ricardo se seleccionó por ser un motor de velocidad alta y variable. Además, la apertura de la válvula de estrangulación y el tiempo de inyección son variables. Se estudiaron las características de funcionamiento a varias velocidades y la apertura de la válvula de estrangulación a una velocidad óptima de inyección (Figuras 3 y 4). El motor Diesel Lister es un motor de velocidad baja y constante. Las características de funcionamiento se estudiaron para varias cargas.

Uno de los principales problemas que surgen cuando se escoje un combustible distinto como alternativa, es la contaminación. En esta investigación, se estudió el factor de los escapes utilizando un aparato Orsat de análisis de gas. De esta Manera se analizaron los porcentajes de dióxido de carbono, monóxido de carbono y oxígeno. Este estudio sólo se realizó en el caso del motor Diesel E-6 Ricardo. Se efectuó a varias velocidades, con tiempo óptimo de inyección y con apertura óptima de la válvula de estrangulación.

También se estableció el efecto de la mezcla del combustible Diesel con aceite de palma. El aceite de palma se mezcló con combustible Diesel en proporciones de 25, 50 y 75%. Este estudio se realizó sólo para el motor Diesel Lister.

PROPIEDADES DEL ACEITE DE PALMA

La composición del aceite de palma demuestra que es técnicamente apto para ser utilizado en motores Diesel. Una gran parte del aceite de palma, está constituido por ácido palmítico y oléico, que contienen más moléculas de carbón que muchos de los combustibles Diesel.

* Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Malaysia.

** Ingeniería y Astillero Malayo, Johor.

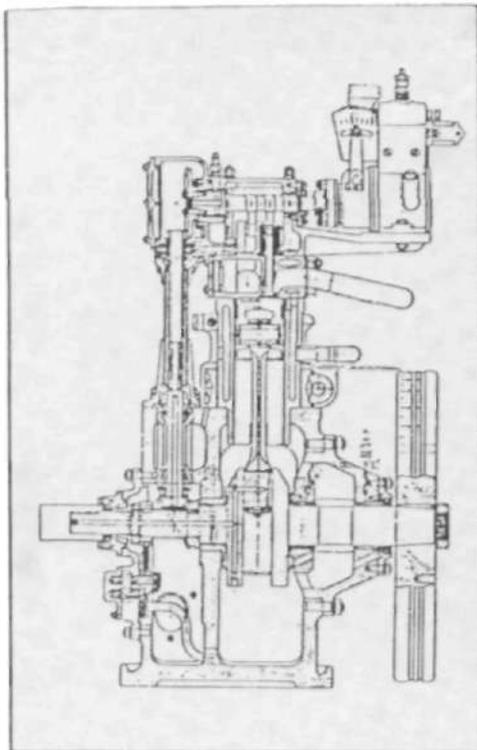


Figura 1: Motor Ricardo E-6 de Cilindro Sencillo
Motor Ricardo E-6 (Figura 1)

Cilindro Sencillo - 4 pistones
Enfriamiento con agua
Volumen cigüeñal: 507 cc
Calibre: 76 mm
Pistón: 111 mm
Tasa máxima de compresión: 22
Inyección directa de combustible
Lubricación húmeda
Fabricante
Ricardo & Company
Bridge Work
Shorham-By-Sea
Sussex, Inglaterra

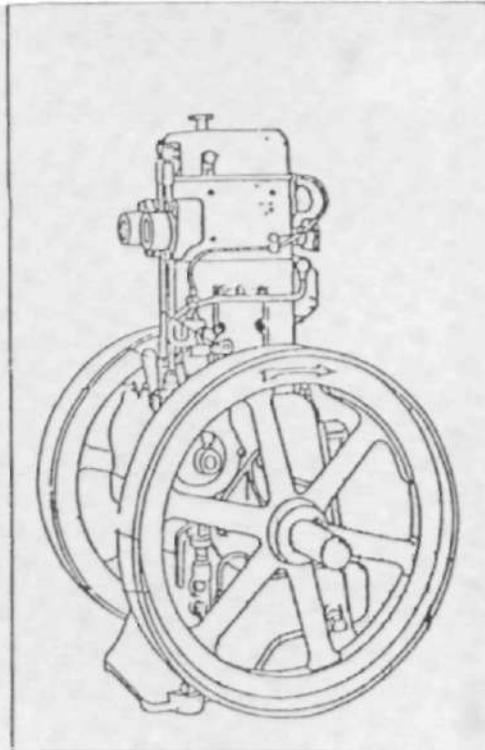


Figura 2: Motor Lister de Cilindro Sencillo
Motor 8/1 Diesel Lister (Figura 2)

Cilindro Sencillo - 4 pistones
Enfriamiento con agua
Volumen cigüeñal: 1433 cc
Calibre: 114.3 mm
Pistón: 139.7 mm
Velocidad: 850 rpm
Inyección directa de combustible
Lubricación húmeda
Potencia Nominal: 6 kW a 850 rev/mm
Fabricante
R.A. Lister & Co. Ltd.
Dursley
Gloucestershire, Inglaterra

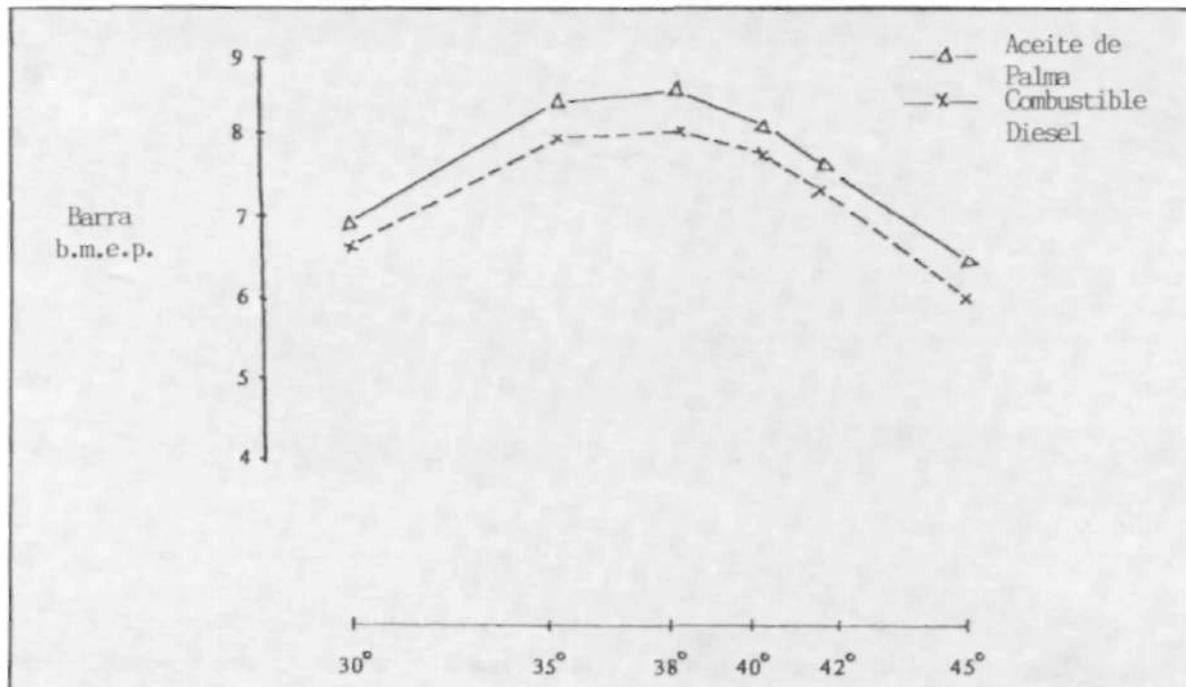


Figura 3: Tiempo Óptimo de Inyección (Motor Ricardo E-6).

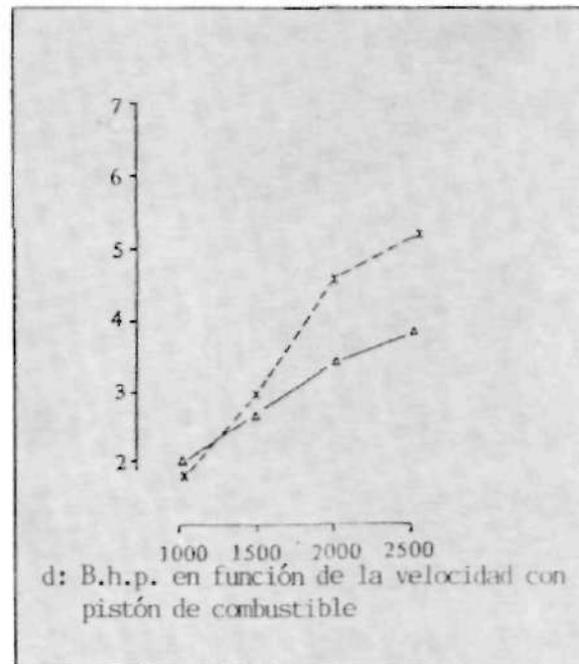
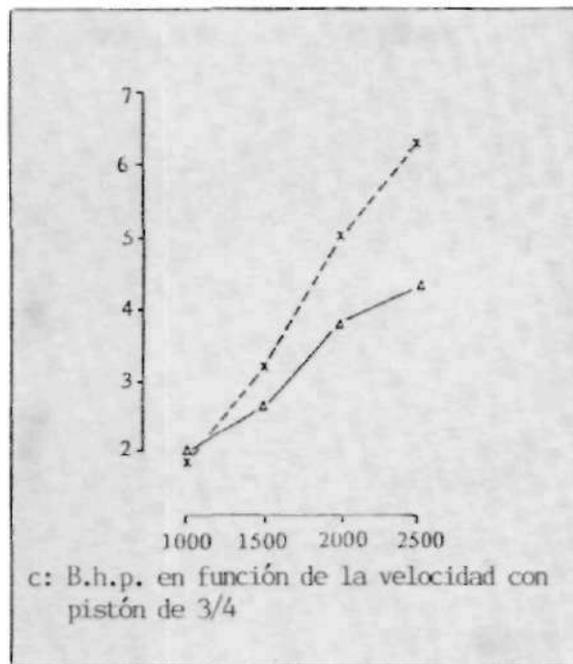
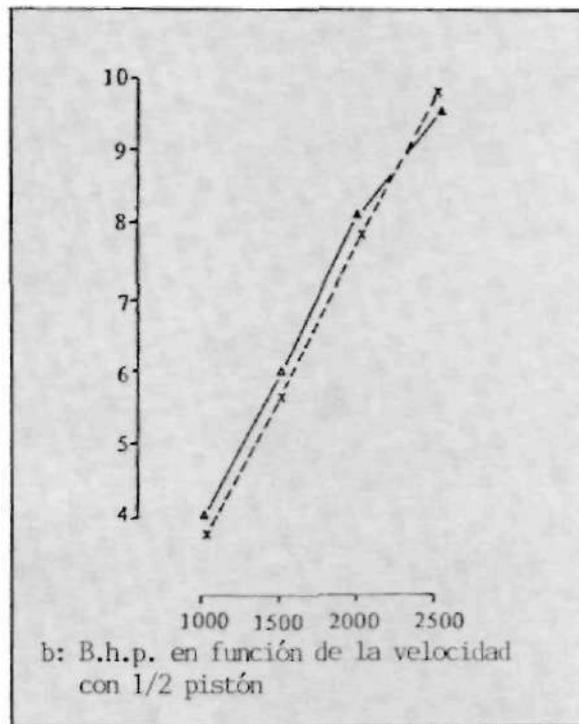
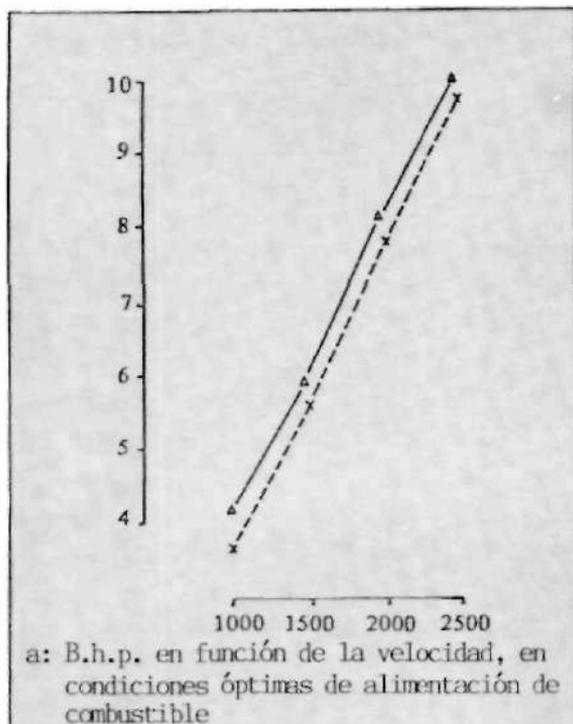


Figura 4. Efecto de la Apertura del Pistón (Motor Ricardo E-6)

Las propiedades físicas del aceite de palma se investigaron siguiendo la especificación ASTM D 975-81 para aceites combustibles Diesel. Algunos de los requisitos no pudieron reunirse, debido a falta de equipo, o a limitación de tiempo, o porque no estaban directamente relacionados con el funcionamiento del motor. Los resultados demuestran

que las propiedades del aceite de palma no difieren mucho del combustible Diesel Grado 2. De ahí que sea apto para uso en motores Diesel.

Se encontró además que el valor calorífico del aceite de palma es más bajo que el del combustible Diesel.

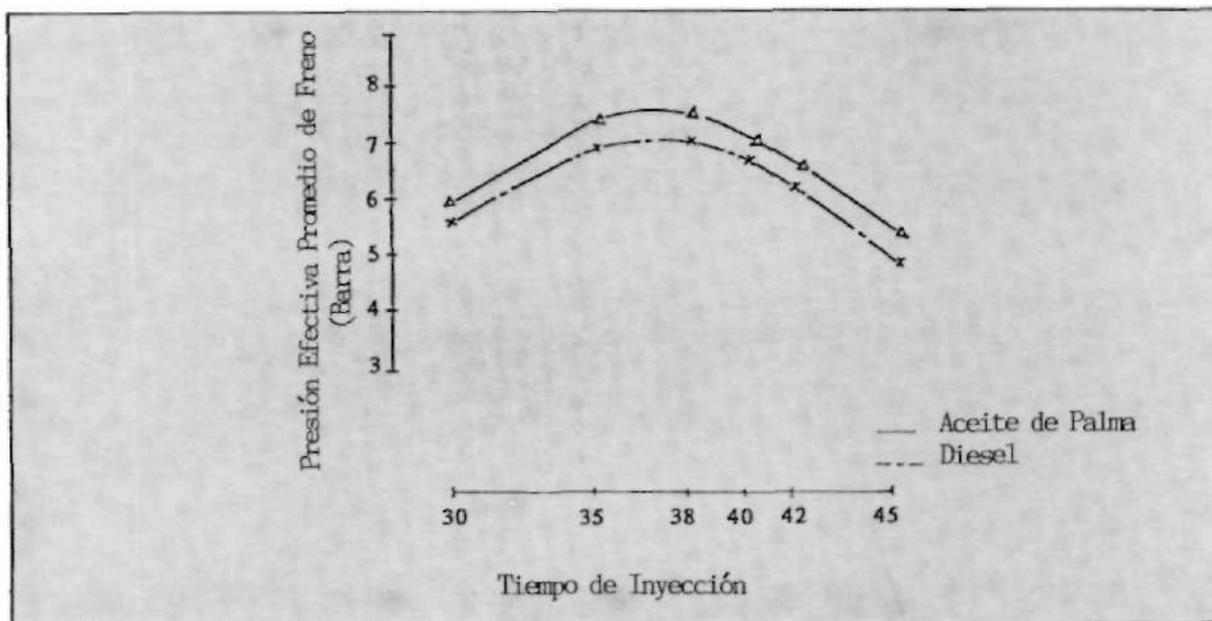


Figura 5. Tiempo Optimo de Inyección (MDtor Ricardo E-6)

FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL E-6 RICARDO

Tiempo Optimo de Inyección

El tiempo óptimo de inyección del motor es el mismo con aceite de palma que con combustible Diesel. La Figura 5 ilustra una gráfica que indica la presión efectiva promedio de interrupción versus el tiempo de inyección. Se encontró que el tiempo óptimo de inyección es de 38°E desde un centro muerto.

Potencia (Caballos de Fuerza)

La potencia (medida en caballos de fuerza) se de-

terminó para varias velocidades y con un nivel óptimo de tiempo de inyección y de apertura de la válvula de estrangulación.

Mediante el uso de aceite de palma, la potencia es mayor que con el uso de combustible Diesel. La Figura 6 ilustra el caballaje de interrupción en función de la velocidad. La gravedad específica del aceite de palma es mayor que la del combustible Diesel, y por lo tanto fue necesario agregar más combustible a la cámara de combustión, lo que produjo más potencia.

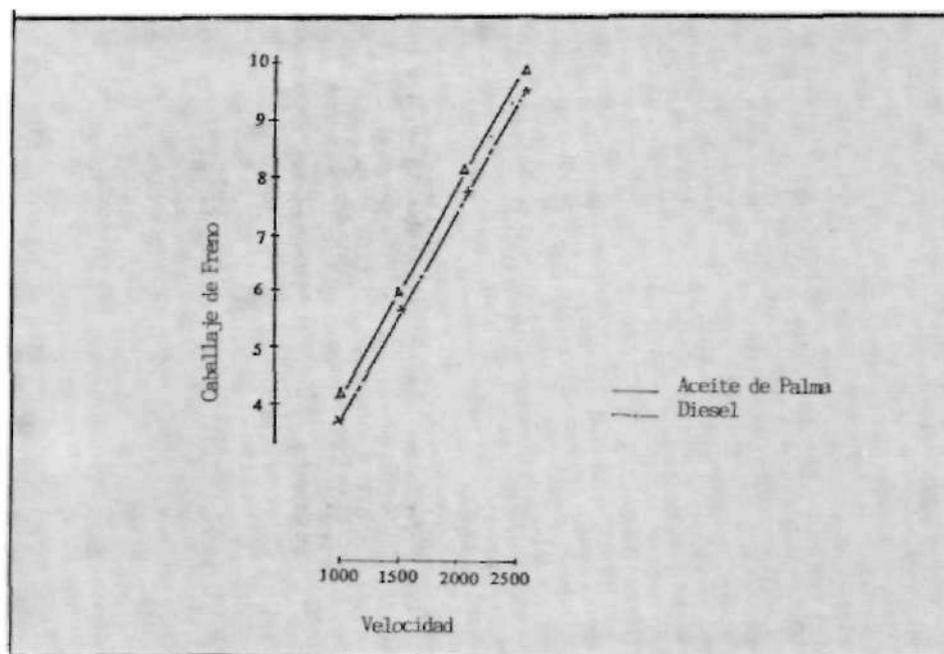


Figura 6. Potencia del Motor E-6 Ricardo

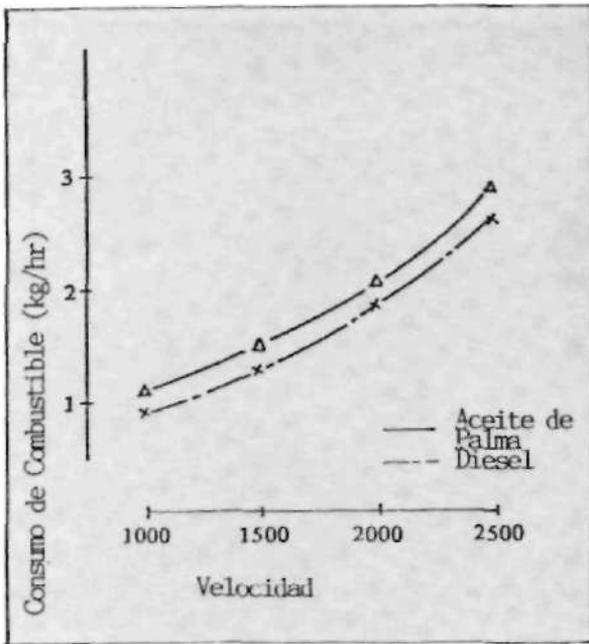


Figura 7. Consumo de Combustible - Motor Ricardo E-6

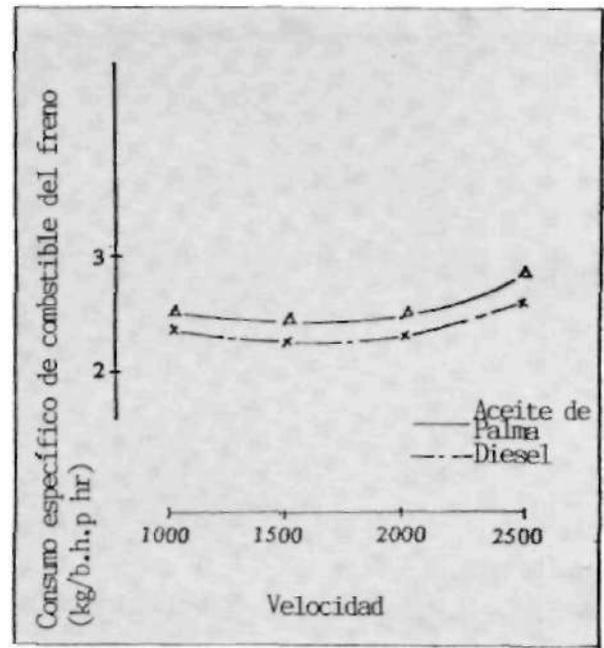


Figura 8. Consumo Específico de Combustible Motor Ricardo E-6

Consumo de Combustible

La Figura 7 ilustra el factor de consumo en función de la velocidad. Se encontró que el consumo de combustible en el caso de aceite de palma es mayor que el de combustible Diesel, por un promedio de 19%.

Consumo específico de Combustible

El consumo específico de combustible se determina de acuerdo con la cantidad de combustible con la cual se debe accionar el motor para obtener un caballo de fuerza en una hora. Los resultados del estudio demuestran que el consumo específico de aceite de palma es mayor que el consumo específico de combustible Diesel. (Figura 8).

Efecto de la Apertura de la Válvula de Estrangulación

Al aumentar la cantidad del combustible que se introduce en la cámara de combustión, la potencia se redujo tanto con el aceite de palma como con el combustible Diesel. El aceite de palma más viscoso es más difícil de evaporar y de atomizar y por lo tanto la potencia se reduce más que con el combustible Diesel. Los resultados se encuentran en la Figura 9.

Eficiencia Térmica del Freno

El estudio demuestra que la eficiencia térmica del freno en el caso del aceite de palma es menos que

en el caso del combustible Diesel. La Tabla 1 indica la eficiencia térmica para varias velocidades bajo condiciones óptimas de tiempo de inyección y apertura de la válvula de estrangulación.

FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DIESEL LISTER

Potencia (Caballaje del Freno)

Las curvas de potencia (Figura 10) indican que no hay diferencia entre el aceite de palma y el combustible Diesel.

Consumo de Combustible

El consumo de combustible es mayor en el caso del aceite de palma que en el del combustible Diesel, según se indica en la Figura 11. Esto se debe a que el aceite de palma tiene una gravedad específica más alta.

Consumo Específico de Combustible

El consumo específico de combustible se reduce al aumentar la carga (Figura 12). La eficiencia térmica del freno es mayor en el caso del combustible Diesel que en el del aceite de palma. Se presenta una marcada diferencia en el caso de cargas altas. La Figura 13 ilustra la curva de eficiencia térmica del freno en función de distintas cargas.

EFFECTO DEL COMBUSTIBLE MIXTO

El aceite de palma se mezcló con combustible Die-

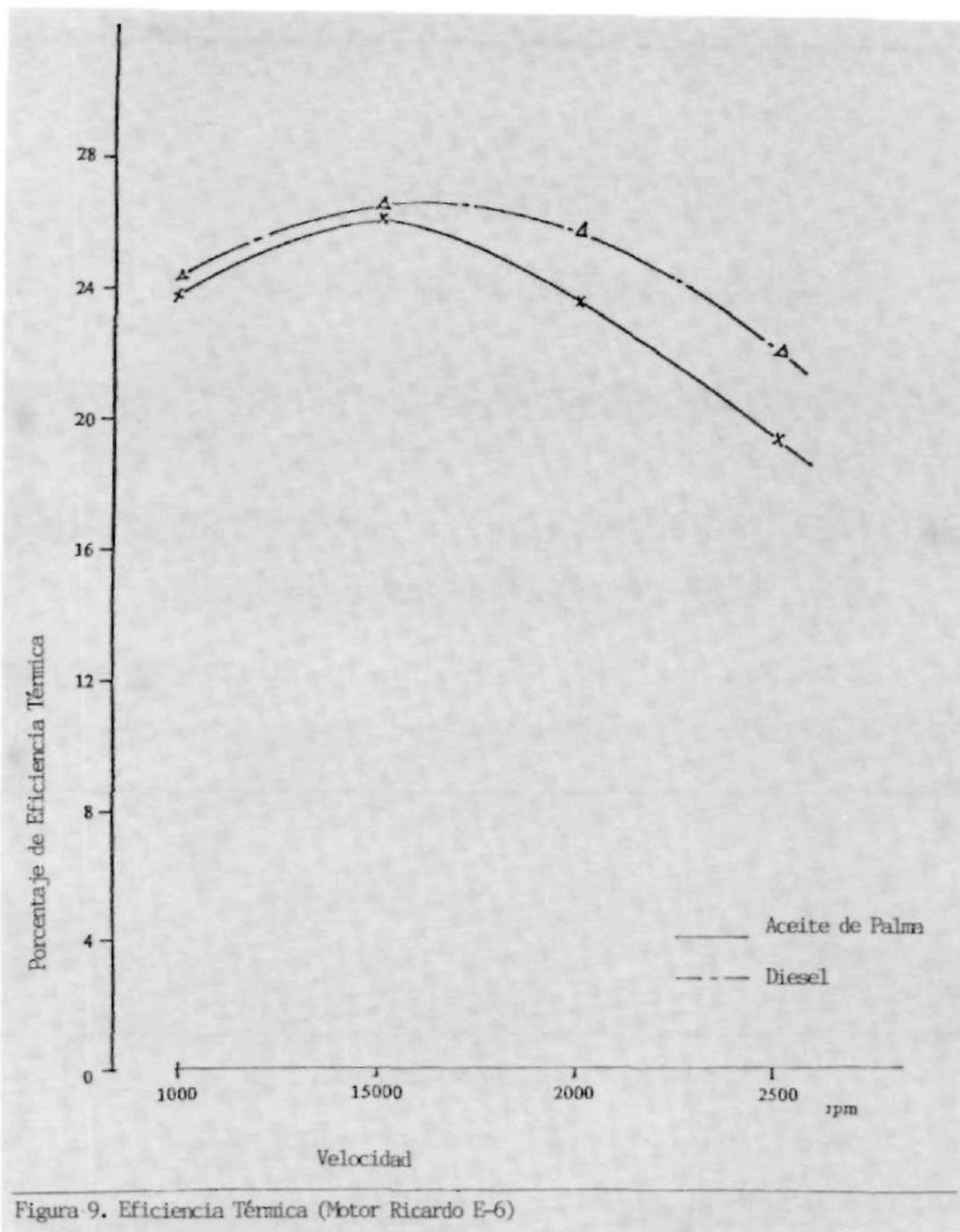


Figura 9. Eficiencia Térmica (Motor Ricardo E-6)

TABLA 1. EFICIENCIA TERMICA DEL MOTOR RICARDO E-6.

Velocidad (rpm)	Aceite de Palma			Combustible Diesel		
	Caballaje Freno	Potencia Combustible	Eficiencia Térmica	Caballaje Freno	Potencia Combustible	Eficiencia Térmica
1000	4.17	13.70	23.84	3.71	11.22	24.32
1500	6.00	19.56	26.19	5.66	16.31	25.52
2000	8.20	26.36	22.87	7.81	23.00	24.97
2500	10.09	37.79	19.63	9.76	32.31	22.21

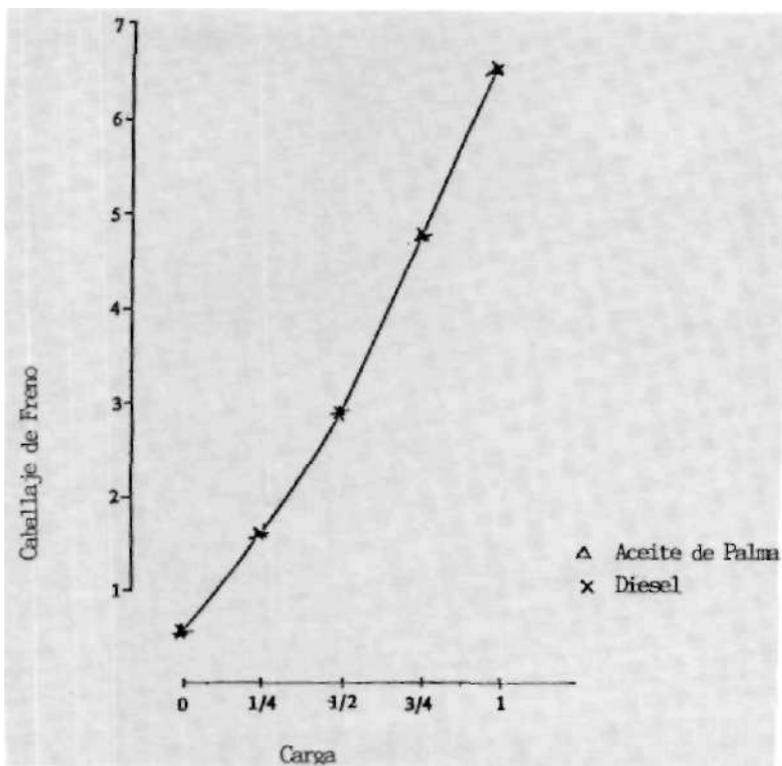


Figura 10. Potencia del Motor Lister (las curvas aparecen superpuestas).

Figura 11. Consumo de Combustible (Motor Lister)

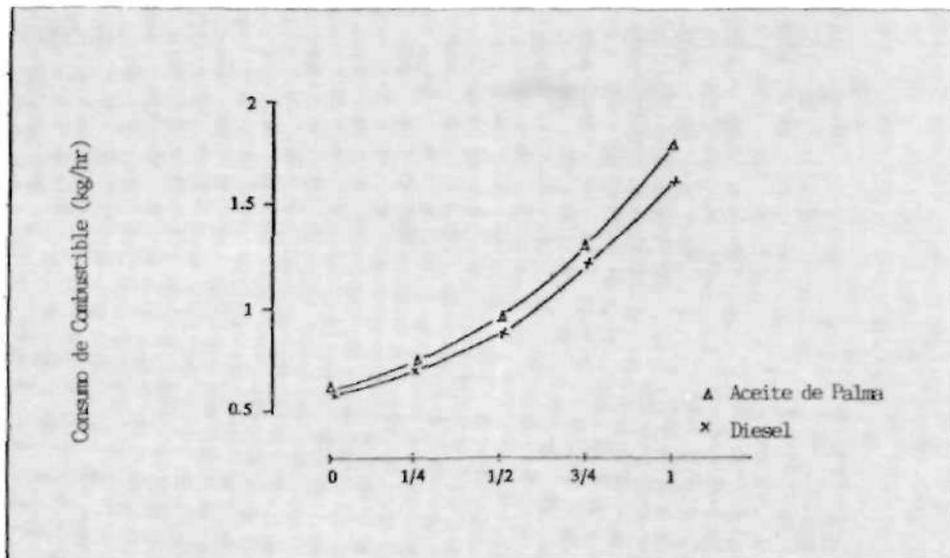
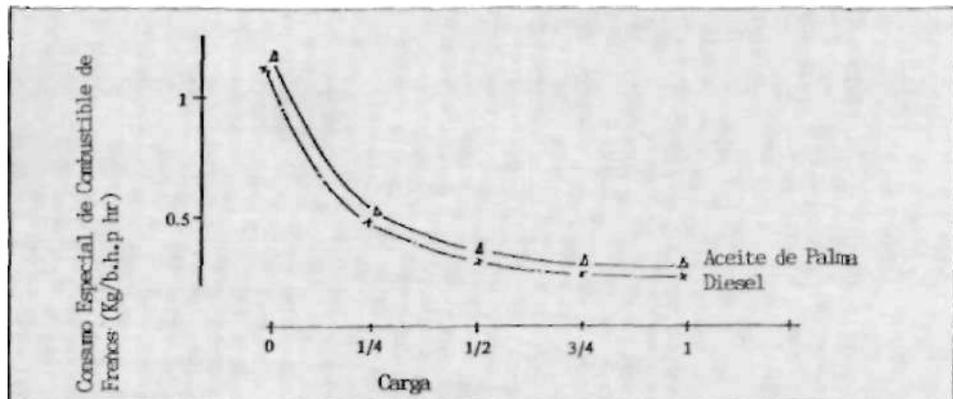


Figura 11. Consumo de Combustible (Motor)

Figura 12. Consumo Específico de Combustible.



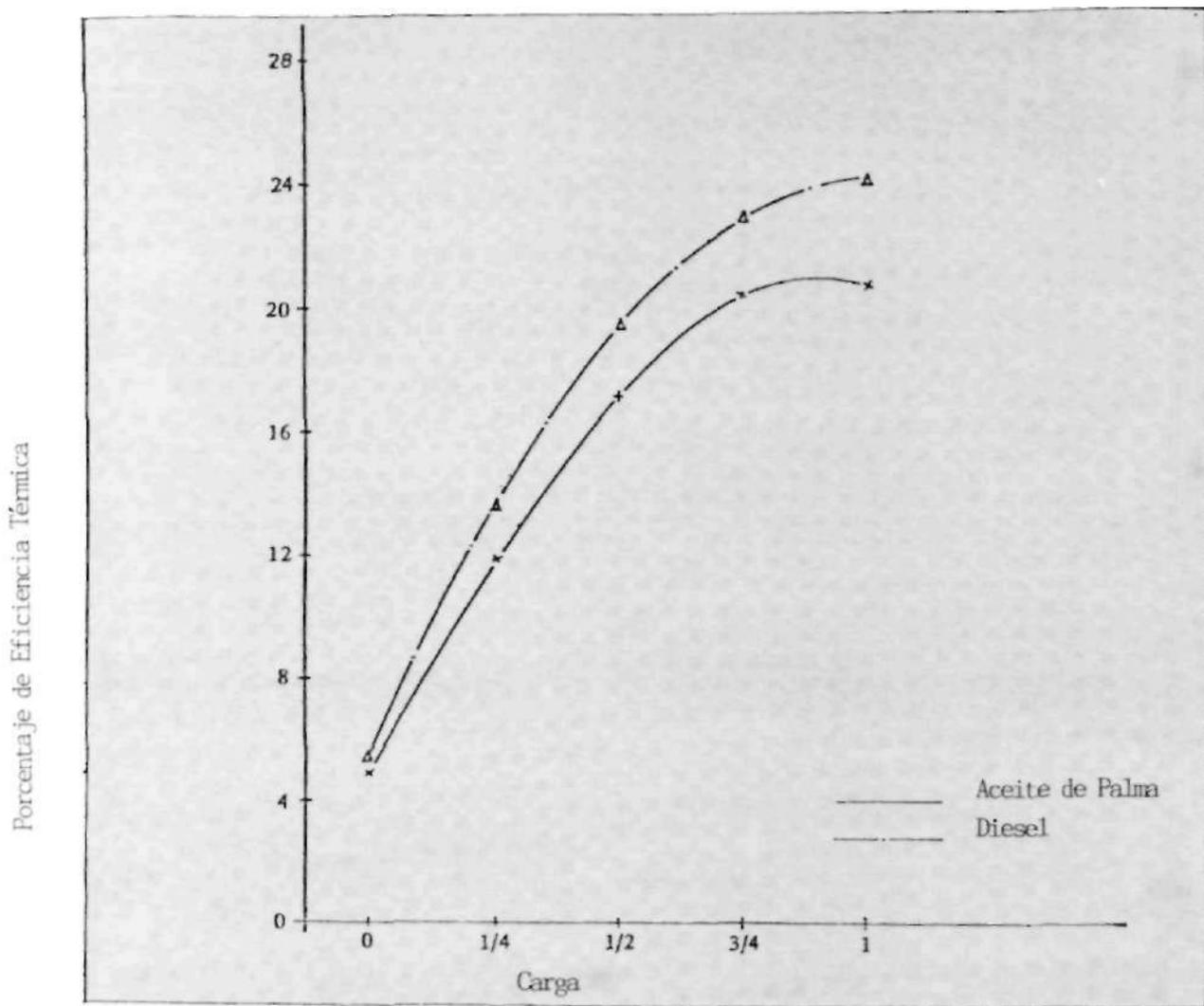


Figura 13. Eficiencia Térmica

ESCAPES

La Tabla 3 indica los resultados del análisis de escapes. Indica que el porcentaje de dióxido de carbono disminuye a medida que aumenta la velocidad. Indica también que en el caso del aceite de palma el porcentaje de dióxido de carbono es mayor que en el del combustible Diesel. Sin embargo, el porcentaje de monóxido de carbono es insignificante.

sel en proporciones de 25, 50 y 75%. Se estudiaron los distintos niveles de potencia. La Tabla 2 indica los resultados.

Los resultados demuestran que el consumo de combustible en el caso de combustibles mixtos es ligeramente menor si se compara con el consumo individual de aceite de palma o de combustible Diesel.

TABLA 2. CABALLAJE DE FRENO PARA DISTINTOS VALORES DE COMBUSTIBLE MIXTO.

Aceite de Palma = 0% Diesel = 100%	0%	25%	50%	75%	100%
		75%	50%	25%	0%
Carga					
0.00	0.53	0.53	0.53	0.53	0.52
0.25	1.60	1.63	1.62	1.69	1.58
0.50	1.89	2.89	2.88	2.88	2.84
0.75	4.75	4.76	4.77	4.75	4.75
1.00	6.64	6.64	6.58	6.61	6.53

TABLA 3. ANALIS DE ESCAPES

Velocidad (r.p.m.)	Aceite de Palma			Diesel		
	CO ₂	O ₂	CO	CO ₂	O ₂	CO
1000	11.0	0.4	0.0	6.0	8.2	0.1
1500	9.2	0.6	0.0	4.8	7.2	0.0
2000	8.4	0.4	0.0	3.8	7.5	0.1
2500	7.8	0.4	0.1	3.4	7.4	0.1

CONCLUSION

Los resultados sobre el funcionamiento de los motores a corto plazo indican que el aceite de palma es técnicamente apto para ser utilizado en motores Diesel. Las propiedades físicas del aceite de palma no difieren mucho de las del combustible Diesel Grado 2, salvo que el aceite de palma tiene gravedad específica y viscosidad más altas, y un índice cetánico más bajo. Además, se encontró que el valor térmico en el caso del aceite de palma es más bajo que en el caso del combustible Diesel.

La potencia de los motores Diesel es mayor en el caso del aceite de palma que en el del combustible Diesel, lo cual es natural, puesto que el aceite de palma tiene una gravedad específica más alta que el combustible Diesel. La desventaja de utilizar el aceite de palma es que implica un consumo mucho más alto de combustible.

Los combustibles mixtos no ocasionaron diferencias en el nivel de potencia. Sin embargo, el consumo de combustible mixto es mucho menor que el

consumo individual del aceite de palma o del combustible Diesel.

El "motor del aceite de palma" eliminó más dióxido de carbono que el motor Diesel. Esto indica que hubo una mejor combustión en el caso del "motor del aceite de palma".

En vista de que el motor fue diseñado con el propósito de que funcionara con combustible Diesel, se espera que se presenten algunos inconvenientes con el uso del aceite de palma, tales como que se tape el filtro del combustible, o que se acumulen depósitos de residuos en los conductos, o que se presente corrosión. Para poder estudiar estos efectos, se necesitaría probar los motores durante varios cientos de horas. Hasta la fecha, ésto no se ha hecho debido a limitaciones de tiempo.

Tomado de PORIM. BULL. PALM OIL RES. INST. MALAYSIA No.9

NOMENCLATURA

- API Instituto Americano del Petróleo
- ASTM Prueba Americana Estándar para Materiales
- b.h.p. Caballaje de Freno
- B.m.e.p. Presión Efectiva Promedio de Freno
- B.s.f.c. Consumo Específico de Combustible del Freno
- BS Estándar Británico
- I.B.P. Punto Inicial de Ebullición
- F.B.P. Punto Final de Ebullición

BIBLIOGRAFIA

AB. RAHIM ALI (1983). Palm Oil (Olein) As Alternative Fuel for Diesel Engine. Final Year Project. Faculty of Mechanical Engineering, UTM

Annual Book of ASTM Standard (1981). ASTM D 975-77, Standard Specification for Diesel Fuel Oil, Part 23, 1981

BARSIC, N.J. and HUMKE, A.L. (1981). Performance and Emission Characteristics of Naturally Aspirated Diesel Engine with Vegetable Oil Fuels Part 1 S.A.E. Transaction 810262, pp. 1173-87. 1981

BARSIC, N.J. and HUMKE, A.L. (1981). Performance Characteristic of A Naturally Aspirated Diesel Engine with Vegetable Oil Fuel, Part 2 S.A.E. Transaction 810955 pp. 2955-35, 1981

CRUZ, I.E. Research and Development on the use of Crude Coconut Oil and Hydrous Alcohol as Fuel for Diesel Engines. Report from Philippines National Research and Development Centre, Philippines

FLINGOH, CH. OH and BERGER, K.G. Physical Properties of Palm Oil in Relation To Food Use. *PORIM Bull. Palm Oil Res. Inst. Malaysia No. 4.*

FRANCIS, W. and PETERS, M.C (1980). Fuels and Fuel Technology. Pergamon Press, Oxford, 1980.

HARDENBERGH, H.O. and EHNERT, E.R. (1981). Ignition Quality Determination Problems with Alternative Fuels for Compression Ignition Engines S.A.E. Transaction, 811212 pp. 3872-88. 1981

MANURUNG, F. Conversión of Vegetable Oil (Palm Oil) To Fuel Oil As An Alternative Source of Energy. Student Project, University Malaya

MOKHTAR BIN MAT. MIN (1980). Experiments of E-6 Ricardo Variable Compression Engine. Final Year Project. Faculty of Mechanical Engineering, UTM

OBERT, E.F. (1973). International Combustion Engines and Air Pollution. Harpers and Row Pub Inc 1973

SIRIMM.S. 1.28: 1973. Specification for diesel fuels

TAN, B.K., AUGUSTINE, S.H. ONG and FLINGOH, CH. OH (1981). Effects of Composition on Palm Oil Properties. *PORIM Bull. Palm Oil Res. Inst. Malaysia No. 3*