

30
29



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

**ASPECTOS GENERALES DE LA UTILIZACION
DEL ETANOL COMO COMBUSTIBLE PARA
MOTORES DE COMBUSTION INTERNA**



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

**TRABAJO MONOGRAFICO
DE ACTUALIZACION
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
VICTOR MANUEL GARCIA DE LA HOZ**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

México, D. F. 1989



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

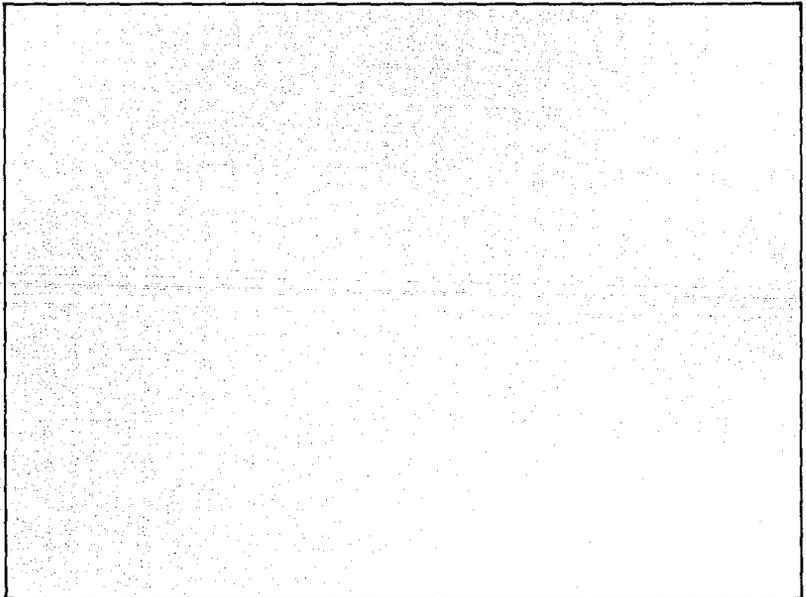
Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

INTRODUCCION	1
ANTECEDENTES. PANORAMA ENERGETICO MUNDIAL	8
OFERTA DE ENERGIA	13
CONSUMO DE ENERGIA	18
SUBSTITUTO DEL DIESEL	32
CONSIDERACIONES TERMODINAMICAS	36
ADITIVOS DE IGNICION	38
EMISION DE NO _x DEL ALCOHOL ADITIVADO	45
PRUEBAS DE CAMPO	47
POSIBILIDADES DE DESARROLLO	52
SUBSTITUTO DE LA GASOLINA	55
LOS MOTORES A ETANOL DE BRASIL	61
RESULTADOS	65
MEZCLAS ETANOL - GASOLINA	69
EFECTOS EN EL OCTANAJE	70
EFICIENCIA DE LA MEZCLA COMBUSTIBLE	75
PRODUCCION DE ETANOL	78
CONCLUSIONES	101
BIBLIOGRAFIA	115

INTRODUCCION



El etanol es un buen combustible para los motores de combustión interna, tanto de ignición por chispa como por compresión, ya que tiene un número elevado de octanos (cetanos) y presenta una baja emisión de gases contaminantes. Dado que éste alcohol proviene de una fuente mineral (carbón) o vegetal (biomasas) se ofrece como suplemento y posible reemplazo, renovable, para los combustibles derivados del petróleo.

La velocidad de ignición del etanol es mayor que la de la gasolina, ayudando con esto a una ve-
loz y más completa combustión. El etanol, a dife-
rencia de la gasolina, contiene oxígeno; por lo --
tanto requiere de menos aire para su combustión. -
Mezclas de 20% de etanol en gasolina muestran mejo-
ras sobre la gasolina en términos de economía de --
combustible y emisión de gases residuales. Los al-
coholes de antemano, son mejores combustibles que -
las mezclas alcohol-gasolina.

El reciente interés en los alcoholes como com bustibles para motores de combustión interna, ha sido fomentado por el constante incremento al precio del petróleo, así como por el deseo de contar con combustibles de fuentes renovables y al creciente interés por evitar la contaminación. En si, el uso del alcohol como combustible no es nuevo; durante la II Guerra Mundial, el etanol fué utilizado como combustible en Alemania y las Filipinas.

Los alcoholes son buenos antidetonantes, lo que permite emplear elevadas relaciones de compresión en los motores. Los pilotos de automóviles de carre ras aún utilizan inyectores de alcohol con muy buenos resultados.

En 1967, en Surinam (Sudamérica), se experimentó con un Volkswagen 1300 recorriendo más de --- 100,000 Km con un azeótropo de etanol promediando un rendimiento de 11 Km/l. En 1976, el Ministerio de Comercio de Brasil, equipó tres automóviles diferen tes para funcionar con etanol; cada uno de ellos re corrió más de 100,000 Km, gran parte de ellos en ca minos de terracería o peores; el rendimiento promedio de combustibles fue de 16.1 Km/l en pavimento y 12.7 Km/l en terracería y, nunca se presentaron averías mecánicas de consideración. Apartir de estas prue bas se vieron casos como el de la Compañía Telefónica de Brasil, la cual emplea toda una flota de camio nes con etanol como combustible.

El etanol industrial, se obtiene principalmen te del etileno, pero en regiones tropicales apropiadas, la caña de azúcar puede producir más de 4,000 litros de etanol por hectárea por año. En Brasil el

alcohol proveniente de la caña de azúcar es un serio contendiente para ocupar el lugar número uno de la lista de proveedores. Materiales orgánicos de desecho (basados en celulosa), como los residuos de agricultura, de alimentos, de animales y urbanos en general, pueden también generar grandes cantidades de etanol. Como ejemplo, en Nueva York se gastan alrededor de \$ 15 dls. por tonelada de basura para embarcarla a zonas aledañas; plantas productoras de alcohol cerca de la ciudad, podrían utilizar estos desechos para un mejor aprovechamiento de ellos: producir combustibles.

Bioquímicos de la armada de los E.U. en Massachusetts, recientemente descubrieron una cepa de la "Trichoderma-Viride", que produce una enzima rápida y efectiva en la conversión de celulosa a glucosa; materiales de desecho tipo celulosa pueden ser procesados en forma continua en un reactor de agitación donde se tenga la enzima inmovilizada. Este método por sí mismo, no producirá tanto etanol como se desea, pero con tecnología enzimática avanzada y el uso de micro-organismos genéticamente manipulados, deberá ofrecernos la fuente alterna de combustible que buscamos.

El presente documento pretende ofrecer una visión general sobre algunos temas que, sin pretender tomar el carácter de conclusiones, permitan llamar la atención sobre aspectos que se consideran importantes y han sido frutos de la experiencia del análisis de las posibilidades, y del desarrollo en sí, de programas de alcohol carburante en América Latina.

El tema quizá más debatido, es la viabilidad estrictamente económica de los programas de alcohol carburante. A este respecto se debe afirmar la necesidad de dar un enfoque totalmente integral a los programas, utilizando valores reales y económicos, como la seguridad energética, el desarrollo regional, el empleo, el fortalecimiento de la industria de bienes de capital, y otros.

Una visión macro de los programas no debe limitar los análisis que a nivel de empresa se deben realizar para un desempeño eficiente de cada una de las unidades operacionales que se integren dentro de un programa; por el contrario, se debe dar un enfoque global a los programas de alcohol, donde, desde una perspectiva de corto, mediano y largo plazo, se integren al análisis una serie de elementos que, de acuerdo a las necesidades propias de cada país, puedan dar una valorización completa a estos programas.

Se deben esgrimir conceptos como seguridad energética, aunque si bien no es el caso de México, es de gran importancia para otros países de la región; la muy generalizada situación del excedente de mano de obra campesina, la cual con la aplicación de programas como el de alcohol carburante -- evitaría el flujo migratorio a las grandes ciudades, con lo que se impulsaría de manera importante el asentamiento descentralizado en áreas rurales.

Tomando en cuenta que, en general, los programas de alcohol carburante se basan en tecnologías ya existentes y suficientemente experimentadas, es importante señalar que para aquellos paí--

ses que cuentan con una infraestructura industrial cimentada, la repercusión de estos programas puede ser de suma importancia siendo necesario valorizar no solo la dinamización tanto en la industria fabricante de bienes de capital, sino también en las consecuencias colaterales en el resto de la economía.

Otro aspecto que merece cada vez mayor atención, es el relacionado con los efectos en el medio ambiente. Al respecto, los Programas de Alcohol Carburante merecen especial cuidado, de tal forma que se minimicen los efectos negativos que puedan derivar del no-tratamiento de los efluentes de las destilerías. Los aspectos positivos, en especial la disminución del plomo en las gasolinas, deben tener especial valorización para aquellos países con áreas urbanas ya congestionadas y con problemas en el medio ambiente.

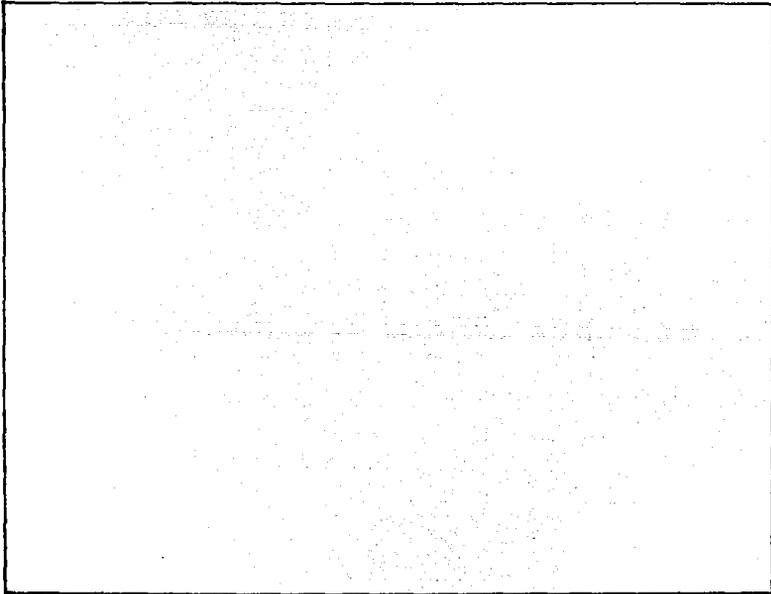
El desarrollo de programas nacionales de alcohol carburante, deberá tener en cuenta el equilibrio con la producción de alimentos y fibras para consumo de recursos disponibles y los balances -- alimentos/energía son necesarios para un manejo -- adecuado de este equilibrio básico, promoviendo el desarrollo de una estrategia de cultivos asociados.

Finalmente, se debe resaltar el potencial existente en los Programas de Alcohol Carburante en relación a las industrias azucareras de la región. Varias de estas industrias no han tenido en muchos años un aporte de capital nuevo que les permita mejorar rendimiento, actualizar equipo y en general aumentar índices de productividad, de modo

tal de contar con mejores condiciones para enfrentar la situación difícil por la que atraviesan gran parte de ellas en América Latina. En este sentido, el impacto de un Programa de Alcohol Carburante -- puede ser de suma importancia para aquellos países que necesiten revitalizar y dinamizar sus industrias.

El amplio abanico de efectos importantes de los Programas de Alcohol Carburante sobre la economía y la sociedad, induce a cada país a coordinar sus esfuerzos para dar bases sólidas a estrategias nacionales adecuadas a su marco legal e institucional y a su perfil económico y social. Las opiniones convergen hacia la necesidad de un enfoque multisectorial de planificación global, energética y agrícola, así como a un esfuerzo interinstitucional entre los sectores público y privado.

ANTECEDENTES
PANORAMA ENERGETICO MUNDIAL



Desde el nacimiento del automóvil el etanol ha sido utilizado como combustible para transportes.

En 1894 mientras Louis Renault, Karl Benz, Armand Peugeot, Herbert Austin y Henry Ford entre otros, trataban de adaptar el motor de combustión interna recientemente creado a los medios de transporte, simultáneamente en Francia y Alemania se llevaron a cabo investigaciones para utilizar etanol en dicho motor.

La principal razón para esta experimentación con etanol, era el elevado precio del petróleo durante el siglo XIX; pero después de los descubrimientos de los grandes yacimientos de petróleo, empezando en Texas en 1901 y Borneo en 1908, el etanol tuvo que competir contra los muy baratos y abundantes combustibles derivados del petróleo. El desarrollo

de modernos métodos de refinado y distribución, contribuyeron a hacer aún más difícil la competencia del etanol en el mercado, y en un lapso de tiempo relativamente corto, la civilización moderna se volvió dependiente del petróleo como fuente de energía.

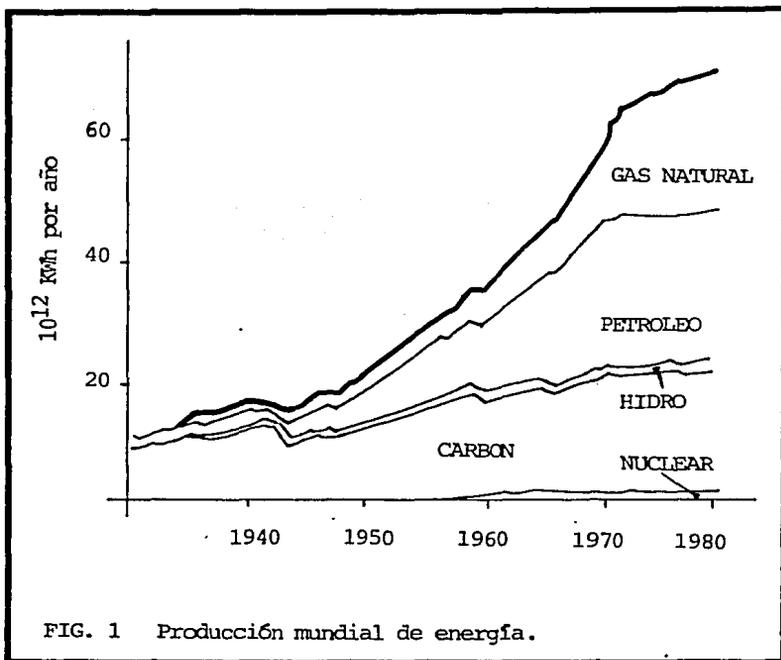


FIG. 1 Producción mundial de energía.

En la misma proporción en que la dependencia en el petróleo se logra, la civilización debe buscar fuentes alternas de energía, ya que lo finito de las reservas indica que la era del petróleo pronto llegará a su fin.

De pronto la expansión de la post-guerra en -

la producción de petróleo del golfo pérsico, inundó nuevamente el mercado energético mundial con petróleo barato y en todo el mundo los combustibles de biomasa se vieron desplazados como fuentes de energía, por otro cuarto de siglo.

Durante este período, el aumento en el consumo de petróleo ha excedido, y por mucho, el descubrimiento de nuevos yacimientos, y los especialistas indican que de no imponer restricciones al consumo petrolero, la extracción de petróleo será cada día menos rentable hasta alcanzar el punto de "FATIGA ECONOMICA DE RESERVAS" aproximadamente a mediados del siglo XXI. Si se aplican medidas restrictivas al consumo, la fatiga económica se puede retrasar quizá un siglo más.

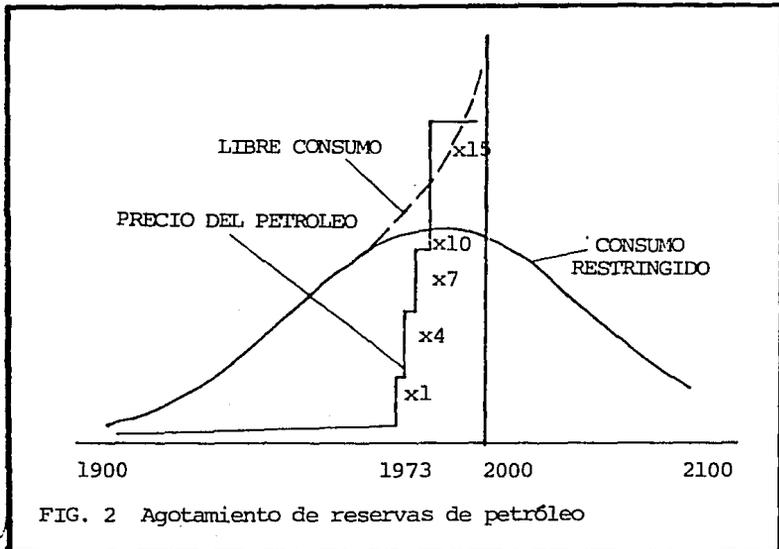


FIG. 2 Agotamiento de reservas de petróleo

La incertidumbre en el mercado internacional del petróleo, se agudiza a fines de 1985, y la desceleración de la economía y del comercio mundial, - repercutieron negativamente en 1986 en el comportamiento de la producción y consumo de energía. Comparativamente con los resultados obtenidos en 1984, se observa una disminución en la producción mundial de energía primaria al obtenerse una tasa de crecimiento de apenas 1.3%, en tanto que los niveles del consumo llegaron al 2.2%.

La tendencia declinante de la producción -- (-1.7%) y consumo mundial de petróleo (-0.5%), caracterizó la estructura energética mundial en 1985 y contrasta notoriamente con el comportamiento positivo de las otras fuentes comerciales de energía como el carbón, el gas natural y la hidroelectricidad, confirmándose así la búsqueda de una menor dependencia de este recurso y los esfuerzos irreversibles, a pesar de la caída de su precio, por alcanzar la - diversificación energética.

Dentro del contexto internacional, igualmente son significativos los descensos del consumo de energía en los Estados Unidos (-0.5%) y el Japón - (-1.2%) motivados particularmente por la baja en el ritmo de sus economías. Por su parte, el conjunto de naciones europeas experimentaron índices de consumo acordes con las estrategias de sustitución, - eficiencia y logros económicos alcanzados.

Sin lugar a duda, el giro dado en el manejo del mercado mundial del petróleo -particularmente a partir del último trimestre de 1985 y con mayor énfasis en 1986- en el cual la OPEP se ha visto obli-

gada por la misma imposibilidad de controlar la oferta, y a seguir las fluctuaciones de la demanda desencadenándose una fuerte caída y deterioro de los precios, ha constituido el hecho, que por sus repercusiones (económicas y energéticas), mira con preocupación la comunidad internacional.

En lo que respecta a América Latina, este fenómeno ha incidido, desfavorablemente en principio, en los países exportadores de petróleo que ven disminuidos sus ingresos y por consiguiente afectadas sus economías. Por su parte, los países importadores de petróleo, si bien es cierto que han aliviado su factura petrolera, han incrementado la cuantía de sus inversiones en programas de sustitución, a la luz de su costo-beneficio, para determinar el real impacto de la caída de los precios.

En estas circunstancias, al finalizar 1985 - América presenta un escenario de estancamiento energético íntimamente relacionado con la baja de la actividad económica regional y seriamente afectado por el debilitamiento de sus inversiones a la vez que el progresivo deterioro financiero de algunas entidades de energía.

La producción primaria de energía evidenció una tasa negativa de -0.2% y los bajos niveles del consumo final de energía confirman el retroceso ya apuntado en lo referente al comportamiento de los índices económicos y de bienestar de la región en 1985.

OFERTA DE ENERGIA

a) Petróleo y Gas Natural

La producción mundial de petróleo volvió en 1985 a mostrar una tendencia declinante luego de experimentar un ligero incremento 1984, evidenciando así el comportamiento característico de la baja de la actividad petrolera en lo transcurrido en la década de los ochentas. La mayor disminución se dió en el Medio Oriente, fundamentalmente en Arabia Saudita, quien descendió su producción en un 25.0%. - América Latina igualmente registró una tasa negativa del -3.2% por la sensible baja en la producción de sus dos mayores productores.

En términos relativos, la participación de América Latina en la producción mundial de petróleo continua aumentando (14.1%), debido en parte a la fuerte disminución del Oriente Medio y de algunos de los principales productores africanos como Argelia y Libia.

En lo que corresponde al gas natural, el comportamiento de su producción continua manteniéndose, aunque con menor intensidad que los volúmenes alcanzados en 1984. Resultados preliminares indican un leve decaimiento en una de las principales zonas -- productoras de este recurso como lo es América del Norte.

Aunque por sus características aún es difícil dimensionar el mercado internacional del gas, en 1985 se hizo evidente fuerte incremento de importaciones por parte del Japón, provinientes principalmente de Indonesia y Malasia, al igual que un alto índice de transporte del gasoducto soviético hacia -

Europa.

América Latina mantiene una producción concordante con los esquemas y políticas de aprovechamiento de esta fuente, lo cual le lleva a conservar su participación del 6.1% en la producción mundial. La competencia de precios particularmente con el fuel oil, está estimulando su utilización en los sectores residencial y comercial tanto en Europa y Estados Unidos como en América Latina.

b) Carbón Mineral.

Terminada la huelga de mineros en la Gran Bretaña, la producción mundial de carbón experimentó en 1985 una tasa de crecimiento del 4.3%, notablemente superior a la obtenida en años anteriores. Los mayores aumentos se dieron en Europa Occidental (26.2%) y en América Latina, fundamentalmente por la apertura de las minas en el Reino Unido y la entrada de la gran minería del carbón de Colombia.

El aumento de las disponibilidades mundiales de carbón al situarse a fines de 1985, en una relación reservas/producción de 342 frente a 34 años del petróleo, está demostrando una alternativa de solución dentro del escenario de requerimientos de energía en el mundo.

Las perspectivas para 1988, continuarán ligadas a los acontecimientos y desenlace del mercado petrolero como también a las expectativas de crecimiento económico que se den especialmente en los países industrializados, mayores consumidores

de este recurso.

c) Hidroelectricidad

Si bien es cierto que en algunas regiones de Europa y América del Norte, la generación de energía con base en la hidroelectricidad tiende a estabilizarse, los resultados, particularmente de América Latina (8.2%) y el conjunto de economía centralmente planificadas (5.5%), demuestran los mayores aprovechamientos de este recurso en 1985.

Aunque existen posibilidades de utilizar este recurso en algunos países como Canadá, Noruega, Suiza y el mismo Estados Unidos, un movimiento de protección al ambiente y a la misma utilización de cuencas, ha impedido la construcción y desarrollo de nuevos prospectos.

América Latina, quien se precia de contar con un potencial hidroeléctrico de gran significación dentro del contexto de posibilidades mundiales de aprovechamiento, se ha llegado en algunos países a un sobredimensionamiento de equipos que unido al impacto de la crisis económica, está causando serias repercusiones financieras y un acelerado deterioro en el manejo de algunas empresas nacionales de energía.

De todas formas, en la estructura energética de algunas regiones del mundo, en especial la América Latina, la hidroelectricidad continúa siendo fuente alternativa de sustitución y recurso aún desaprovechado.

d) Energía Nuclear

Durante 1985 se observó en los países industrializados una intensa actividad con miras a procurar un alto suministro de electricidad de origen nuclear.

Los aumentos principales se dieron en Alemania Occidental (33.9%), España (22.5%), Estados Unidos (17.3%) y Francia (17.1%).

Cerca del 81% del potencial nuclear instalado en el mundo corresponde a los países de la Comunidad Económica Europea, sin embargo las perspectivas indican, especialmente después del accidente de la Unión Soviética, que será previsible un desmonte en la programación de expansiones, por la fuerte reacción de la opinión pública a aceptar la construcción de nuevas centrales.

Los alcances del accidente soviético han llevado a algunos países a replantear en su esquema de planeamiento energético la necesidad del uso de la energía nuclear. Esto se puede advertir en países como Dinamarca y Portugal. Otros como España y Francia están revisando sus planes de construcción.

América Latina, como ya se ha planteado en anteriores documentos, a excepción de la Argentina, no registra la incorporación de la energía nuclear en su esquema de generación eléctrica. Aunque existen programas de construcción en Brasil y México, su aporte aún es demasiado marginal. En tal circunstancia, la penetración de esta alternativa ---

energética no registra prioridad evidente en la política energética de los países latinoamericanos.

CONSUMO DE ENERGIA.

El menor ritmo de la actividad económica -- mundial y los resultados altamente positivos de -- los programas de conservación de energía en los -- países industrializados, generaron en 1985 una baja en el consumo de energía primaria del orden del 2.0%; sensiblemente inferior a la tasa registrada en 1984 (3.3%).

La situación del consumo hace evidente una menor dependencia y participación del petróleo --- (39.7%), hecho que se viene observando desde los -- inicios de la presente década y que corrobora su -- descenso en el esquema de la oferta. Por el con-- trario, las otras fuentes primarias de energía, el carbón (32.2%), el gas natural (21.0%) y la hidro-- electricidad (7.1%), continúan cobrando una mayor importancia en el uso de fuentes alternativas.

En 1985 el 24% del total del consumo mundial de energía correspondió a los Estados Unidos, el -- 19% a la Unión Soviética, el 4.7% al Japón y el -- 5.4% al conjunto de países de América Latina. Sin embargo, cerca de la mitad del consumo correspon-- dió a los países de la OCDE.

América Latina por efectos del debilitamien-- to continuado de su economía, muestra una tenden-- cia declinante en el consumo de energía. Los re-- sultados preliminares en 1985 registran algunas -- disminuciones en los consumos de GLP (-29.7%), gas

natural (-4.3%), leña (-2.6%) y un menor ritmo de crecimiento en la demanda de gasolina.

Aparejado con el rezago económico de América Latina, el consumo final de energía en 1985 apenas se incrementó en un 1.0%, reflejando en la estructura de los sectores económicos y en los bajos índices de consumo por habitante, los rigores de la crisis.

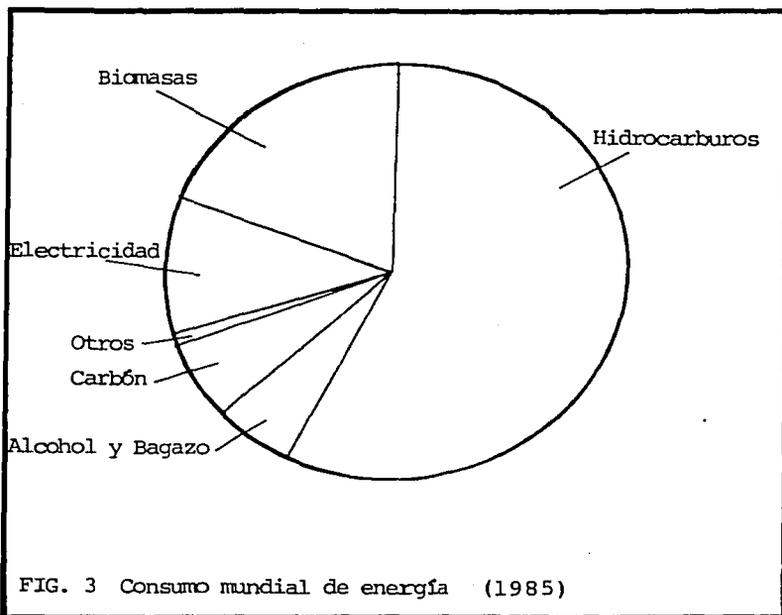
Aunque algunos países empiezan a mostrar positivos avances en programas dirigidos a la búsqueda de un uso eficiente de la energía, se hace difícil y complejo, por ausencia de información en la materia, cuantificar sus resultados a nivel regional; y por consecuencia, justificar total o parcialmente bajas en los consumos globales, exclusivamente a causa de estos programas. Por el contrario, la interdependencia del sistema energético con el conjunto económico y social es tan fuerte que el comportamiento de unos y otros indicadores es elemento suficiente, para medir en este caso, el impacto de la crisis en el sector energético.

En la composición del esquema del consumo - se observa, comparativamente con 1984, bajas en los sectores industrial, residencial y agropecuario y un pequeño aumento en el transporte como resultado del leve incremento en el consumo de gasolina (0.2%), pese a los aumentos de precios ocurridos en algunos países.

En conjunto, los hidrocarburos representaron en 1985, más de la mitad del consumo final de energía (57.2%), los recursos biomásicos el 19.9% la -

electricidad el 10.6%, el carbón el 5.8%, el alcohol y el bagazo el 5.5% y los otros combustibles el 1.0% restante.

La dependencia de los hidrocarburos, no obstante del progresivo reajuste en el esquema de consumo de algunos países sigue siendo alta, dejando aún una gran brecha para la incorporación de fuentes más abundantes, así como para el racional aprovechamiento de recursos autóctonos nacionales, franja en la cual, América Latina muestra un enorme potencial.



a) Sector Industrial.

A excepción del Brasil que en el pasado año

mostró un crecimiento récord en su producción nacional, teniendo como gran responsable la expansión del sector industrial, el resto de países de acuerdo con los índices de producto, mostraron bajas -- que provocaron en conjunto una disminución del 1.1% en el consumo de energía del sector industrial en la Región.

Quizá sea el sector industrial el que muestra resultados más positivos en los procesos de -- sustitución aplicados principalmente en Brasil, Colombia, Perú y Chile como también, y con menor intensidad, en los países del área centroamericana. La participación del carbón y del coque, que en conjunto representa el 13.0% del consumo total de sector, la de la electricidad con el 16% y la del gas natural con el 5%, demuestra los resultados -- por buscar una mayor diversificación de energéticos y por consecuencia, una menor utilización de los -- derivados del petróleo.

De igual manera, la aplicación de políticas de conservación y uso racional de energía como el programa "Procel" de Brasil; el Programa de Eficiencia Económica y Energética de Venezuela (PEEE) -- con un costo aproximado de US\$ 3.0 millones; los -- avances del Programa de Ahorro y Uso Eficiente de Energía de México; el desarrollo de programas en -- Colombia; los Programas de Eficiencia y Control -- Energético de Argentina y Chile, particularmente -- en las empresas petroleras nacionales; los intensos trabajos de auditorías energéticas en Costa -- Rica y el Salvador y los avances de encuestas industriales en Guatemala, Panamá y el Perú, han con-- tribuido a buscar una mayor eficiencia en las dife

rentes áreas del sector industrial en la Región.

Será deseable de parte de los países el aunar criterios, metas, y propósitos en el campo del uso racional de la energía que conduzcan a una determinación no sólo de logros, sino a una medición y cuantificación de resultados que puedan incorporar en los balances nacionales de energía, ya que el uso racional de la energía constituye de por sí una fuente más de energía cuyo potencial empieza a evidenciarse en las estrategias de políticas de algunos países.

A pesar de las dificultades económicas y financieras por las que atraviesa la Región, será de la mayor conveniencia buscar un propósito regional en esta materia, en forma tal, que progresivamente se avance en su ejecución en áreas y posibilidades de suministro de energía a zonas que económica y socialmente demanda una mayor atención.

b) Sector Residencial/Comercial/Público.

Como se señaló en el anterior documento, la consolidación en este rubro de distintas categorías de usuarios de la energía, dificulta su examen riguroso. Sin embargo, el mayor peso corresponde al sector residencial que incluye indiscriminadamente los usuarios urbanos y rurales, cuyas características muestran los siguientes aspectos de comportamiento en 1985:

- A pesar de las deficiencias ya anotadas sobre el registro de la información de leña, este recurso presentó el 54% del total del consumo

en el sector, dándose el caso de que en algunos países como Haití, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Perú, Bolivia, etc., la leña sea responsable por más del 60% del consumo energético del sector doméstico.

- La electricidad continúa siendo la fuente secundaria en importancia para los usuarios residenciales, significando el 17.5% de la participación total del consumo. De superarse la aguda crisis financiera y de inversión -- que en los actuales momentos aquejan las entidades del sector eléctrico, los programas de electrificación rural podrían intensificarse y por consecuencia, moderar los bajos índices de cubrimiento.

- El consumo de GLP, aunque en 1985 registró una pequeña disminución, sigue siendo en algunos países la fuente más importante para el sector residencial. La participación del 13.6% en el esquema global de la Región es indicativo de las posibilidades de penetración. Argentina evidencia los más altos niveles de consumo atendiendo un número superior a los 3'200,000 usuarios en la Capital Federal además de los concentrados en las provincias adicionales y otras zonas del territorio nacional. Venezuela, México, Brasil y Colombia, igualmente muestran progresos en la masificación del uso de esta fuente.

A los bajos niveles de ingreso per cápita -- que se registran en América Latina, se unen, no con

menor preocupación, los elevados desniveles y desequilibrios en la misma prestación del servicio de energía. Los sistemas energéticos de casi la totalidad de los países de la Región, han sido diseñados para atender los grandes centros de consumo en los cuales son característicos el derroche y el -- despilfarro de energía. Las necesidades cada vez más crecientes de las áreas urbanas presionan por mayores inversiones limitando injustamente el financiamiento de obras en zonas rurales y, por consecuencia, alejándolas cada vez más del acceso a los servicios de energía para procurar un mayor bienestar y desarrollo.

Esta realidad, lamentablemente confirmada - en los países, se esconde en los volúmenes de consumo de energía del sector residencial de América Latina, distorsionando cualquier diagnóstico global. Aunque son conocidos los esfuerzos realizados por algunos países por ahondar en el conocimiento de - aplicaciones de soluciones energéticas para las -- áreas marginales y particularmente las rurales, como es el caso de México, Chile, Argentina, Brasil, Colombia y algunos países Centro Americanos, se hace imperioso definir y esquematizar una estrategia regional que a más de impulsar estudios e investigaciones en este campo, señale claramente acciones y medios para procurar una adecuada, suficiente y, homogénea información estadística que facilita la aplicación de instrumentos analíticos para abordar en la forma más técnica y eficiente este problema.

c) Sector Agropecuario

En 1985 el 90.7% del consumo de energía en

el sector agropecuario correspondió a los derivados del petróleo, fundamentalmente gasolina, diesel y keroseno, contabilizando así una fuerte dependencia del petróleo. Sin embargo, a pesar que la actividad agropecuaria es una de las principales vocaciones económicas para un gran número de países, su estado tecnológico y de equipamiento no señala índices elevados de demanda. A esta situación se adiciona la escasa información energética disponible, confirmándose nuevamente las dificultades de evaluación y diagnóstico.

La determinación del balance de energía rural, en el que se analice con precisión e inclusive se lleguen a determinar factores de uso para el desarrollo de diferentes productos agrícolas, es una necesidad inaplazable.

Para convertir en realidad y respaldar los tantas veces mencionados programas de desarrollo agrícola en nuestros países (producción de alimentos e industrialización), será necesario respaldarlos con un conocimiento previo de las características, requerimientos y condiciones de abastecimiento de energía producto solamente de estudios específicos y de mecanismos de evaluación como los que ofrece el balance de energía rural.

En esta dirección, los países deberán tomar conciencia de la importancia y trascendencia del problema, y señalar las acciones regionales que se deban seguir dentro de un riguroso marco de prioridades, dada la complejidad y desequilibrio que presenta el sector agropecuario en la Región. Lo deseable será la agrupación de países que demuestren

características parecidas para hacer efectivos, y además costeables, los estudios e investigaciones que se pretendan adelantar.

d) Sector Transporte

En los últimos 15 años, América Latina ha duplicado su consumo de energía, correspondiéndole cerca de la tercera parte al sector transporte, el cual, en términos proporcionales, ha mantenido una participación similar a la del sector residencial dentro de la estructura global del consumo. Sin embargo, en el quinquenio 1980-1985, se hizo evidente una disminución (-1.7%) demostrativa de los efectos de la crisis económica, de los impactos del precio de los combustibles y de los resultados de programas de masificación del servicio en las grandes urbes latinoamericanas.

En las cuatro economías más grandes de la Región, se concentra aproximadamente el 89% del consumo del sector transporte, presentando los mayores consumos: México, Venezuela, Brasil y Argentina. Los 22 países restantes, se distribuyen el 11% del consumo.

Aunque son muy pocos los países que han avanzado en la disminución del freno al consumo de energía en este sector, se puede establecer que el transporte terrestre responde por más del 80% del total del consumo, constituyendo los derivados del petróleo el 93% del total de energéticos utilizados.

Las mayores tasas de expansión del sector,

se dieron en la década de los setentas debido al acelerado proceso de urbanización vivido en la mayoría de los países de la Región, al impulso y desarrollo de la infraestructura vial y a los bajos --niveles de precios reales de los combustibles, particularmente en los países exportadores de petr^oleo.

Conjuntamente la gasolina y el diesel representan el 30.2% del consumo final total de la energía en América Latina, correspondiéndole a la gasolina más del 88% de los consumos del sector transporte. Las mayores bajas de consumo de combusti--ble, particularmente de gasolina, se han dado en -el periodo 1980-1985 debido, además de los fenóme--nos de la crisis, a la disminución de consumos en los países exportadores de petróleo que empezaron a adoptar una política más rigurosa en su esquema interno de precios.

1) Gasolina

El comportamiento del consumo regional de -gasolina muestra hasta 1980 una tendencia de aumento, dándose los mayores incrementos en México, ---Venezuela, el conjunto de los países del área Cen--troamericana y los de la Región Sur Oriental, espe--cialmente Argentina. Entre 1975 y 1980 se alcanza una tasa del 8% frente a la de 2.4% registrada cinco años después. A finales de la década de los 70 se dieron las más altas tasas anuales de consumo -en dos países exportadores de petróleo, México --- (15.0%) y Ecuador (12.0%), en tanto que Venezuela después de alcanzar los mayores niveles en 1977 -- (12%) apenas registra el 6% en 1979.

Fué el segundo incremento de los precios internacionales del petróleo, uno de los factores de terminantes para iniciar un acelerado descenso del consumo de gasolina en la región, que junto con el programa de sustitución efectuado en el Brasil y los efectos de la crisis económica, provocaron la baja de los niveles de consumo que hoy se registran en América Latina.

Entre 1980 y 1985, todas las sub-regiones tuvieron tasas negativas de consumo, siendo la más fuerte la del Brasil a causa de la mayor penetración del alcohol carburante, como principal sustituto de los derivados del petróleo. El Caribe en su conjunto evidencia bajas fuertes en el consumo de gasolina. A nivel individual, esfuerzos como los de República Dominicana, Guyana y Surinam, entre otros, han sido significativos para racionalizar los consumos de gasolina, pues estos países dependen en alto porcentaje de importaciones de crudo y combustibles. Trinidad y Tobago,  nico país productor y exportador de petróleo del grupo, mantiene una relativa nivelación de sus consumos, conservando una tasa promedio anual de 5% en los últimos cinco años.

Los países centroamericanos, igualmente importadores de petróleo, registran en su totalidad tasas negativas de consumo entre 1979 y 1983, sintomático del incremento de los precios internacionales del crudo. A partir de 1984 se registra una menor celeridad en el ritmo del consumo de este combustible.

En lo que hace a la Región Andina, incluyen

do a Venezuela, se evidencia una tendencia declinante en el consumo, experimentando las mayores bajas Bolivia y Chile. En este grupo se encuentran dos países exportadores de petróleo, Venezuela y Ecuador, observándose comparativamente en términos relativos una mayor disminución en los consumos -- de Venezuela entre 1983 y 1985 (0,91%,4.3%), el -- Ecuador en el mismo periodo presenta una tendencia a estabilizar sus consumos.

Los países de la Región Sur Oriental, de -- los cuales Argentina consume el 94.3% del total, -- evidencian a partir de 1980 el mismo comportamiento declinante de las otras regiones. Sin embargo, Argentina por los mayores rigores e impactos de la crisis experimentada en su economía, demuestra una baja persistente en los consumos, contabilizando -- tasas negativas que oscilan entre 1.41% en 1983 y --2.53% en 1985.

Finalmente, el Brasil, que ha efectuado modificaciones trascendentales en el suministro de -- combustibles en el sector transporte, utilizando -- el alcohol carburante como principal sustituto del petróleo, arroja índices significativos de cambio. Las tasas espectaculares de disminución en los consumos de gasolina han provocado cambios en la misma estructura del consumo final del sector, a punto de constituir en 1984 tan solo el 23.7% del consumo total, mientras que en 1974 era del 53.6%. -- El éxito energético del programa ha contribuido a disminuir y ahorrar cuantiosas divisas y a propiciar un desarrollo sin comparación en la industria de la caña de azúcar.

2) Diesel

El diesel constituye el segundo combustible de importancia en el sector transporte, reflejando una fuerte penetración en la estructura energética regional en la década de los setentas y una relativa estabilización a partir de 1980, causada por la posible saturación de su consumo en algunos países y la disminución de la actividad comercial del transporte, ocasionada por la recesión económica.

El 60% del consumo de este combustible en América Latina se concentra en Brasil (38%) y México (22%), correspondiendo el 34% restante a las sub-regiones Andina y Sur Oriental y, apenas el 6% a Centro América y El Caribe.

Centro América ha avanzado significativamente en la dieselización del parque automotor de carga y pasajeros, evidenciando en Nicaragua, Panamá, Costa Rica y Guatemala, índices relativamente altos de utilización de este combustible. La Región Andina muestra una estabilización de sus consumos reflejados en los niveles de crecimiento obtenidos tanto en la década del 70 como en la primera mitad de la del 80.

El grado de utilización y penetración de este combustible dependerá de una parte de las características del craqueo de las refinерías en algunos países, y de otra, de la competencia de sus precios en los mercados internacionales y de las posibilidades de adecuación del parque.

3) Alcohol

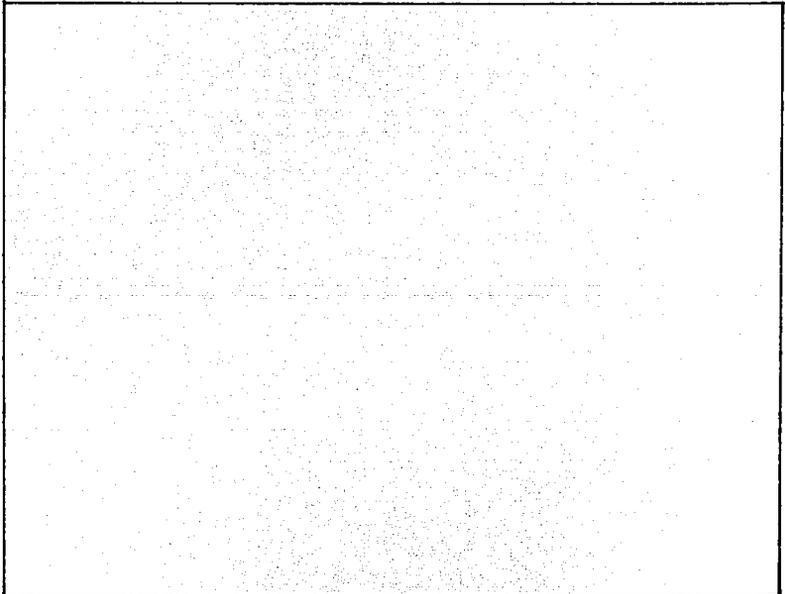
Los efectos combinados de la crisis azucarera mundial llevaron algunos países, en el caso latinoamericano concretamente al Brasil, a estudiar una alternativa integral para atacar los dos problemas. Factores básicos como la extensión territorial, características del clima, frontera agrícola, estrategia de desarrollo rural y alta dependencia del petróleo (energética y económica), llevaron al Brasil a iniciar en noviembre de 1975 el -- "Programa Nacional de Alcohol", el cual descansa -- fundamentalmente en un esquema de subsidios estatales al alcohol.

Transcurridos diez años de implementación del programa, se ha pasado de niveles de consumo del orden de 1.2 millones de barriles en 1975 a -- 50.1 millones en 1985, magnitudes que indican el -- desarrollo y alcance el programa y, en consecuencia, sus impactos en la sustitución de combustibles.

Argentina, obviamente en menor proporción y dentro de características diferentes por su balanceado esquema energético, ha desarrollado un proyecto eminentemente regional en la provincia de Tucumán, denominado "Proyecto Alconafta", fundamentalmente para aprovechar la vocación productora de caña de azúcar en la Región.

Los programas de sustitución de combustibles por alcohol carburante han despertado gran interés en otros países, especialmente los de Centro América (Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Panamá), altamente dependientes de importaciones de -- crudo y de combustibles.

**ETANOL
SUBSTITUTO DEL DIESEL**



Debido a su gran resistencia a la detonación (Knock-resistance), el etanol es adecuado para usar se directo en motores de ignición por chispa, así - como aditivo elevador del octanaje para la gasolina (este uso se observa por ejemplo en Brasil, EUA, Su dafrica, Rhodesia, etc); pero debido a su baja cali dad de ignición, el etanol puro no es utilizable en motores de ignición por compresión.

La figura, muestra el "número cetano" de los alcanos y de los alcoholes normales como función de la longitud de la cadena molecular, y refleja el -- bien conocido hecho de que la calidad de ignición - baja cuando la cadena se acorta. También se apre-- cia el hecho de que con la misma longitud de cadena. Los alcoholes presentan un valor de calidad de igni ción mucho menor que los alcanos. En consecuencia, las muy cortas cadenas del metanol y del etanol pre

sentan una muy baja calidad de ignición, lo cual es el obstaculo más serio que presenta su uso directo en los motores de diesel.

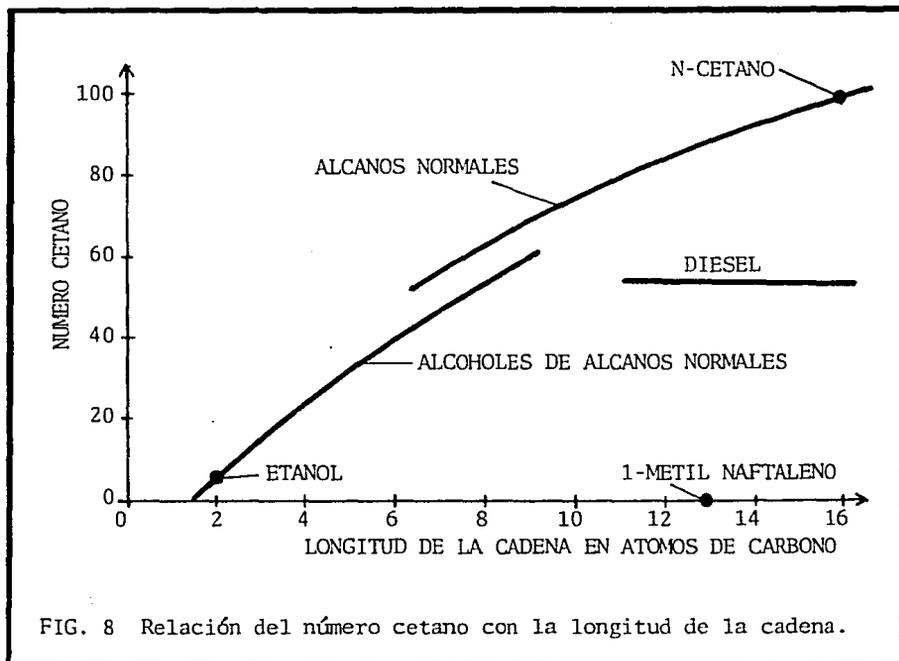
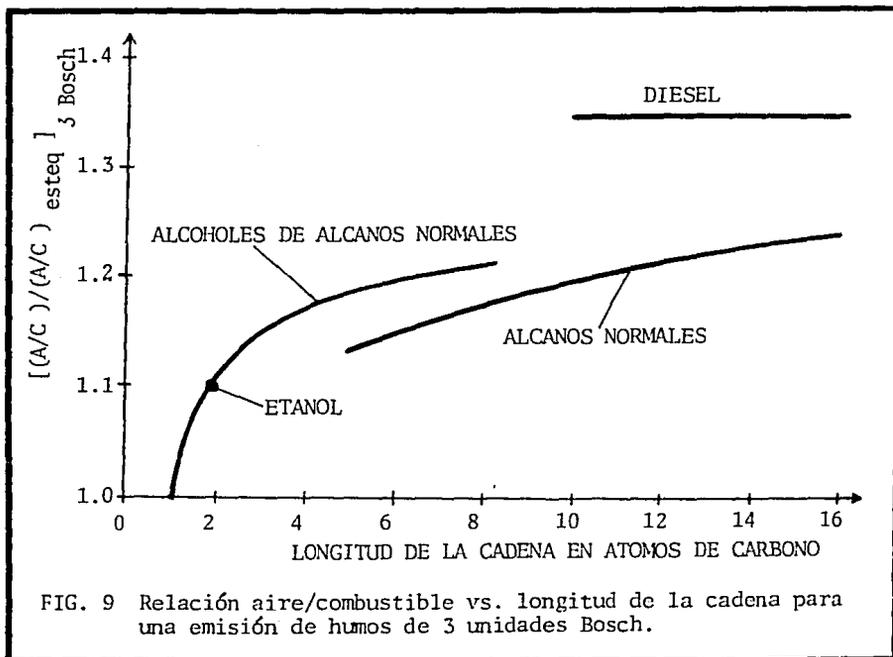


FIG. 8 Relación del número cetano con la longitud de la cadena.

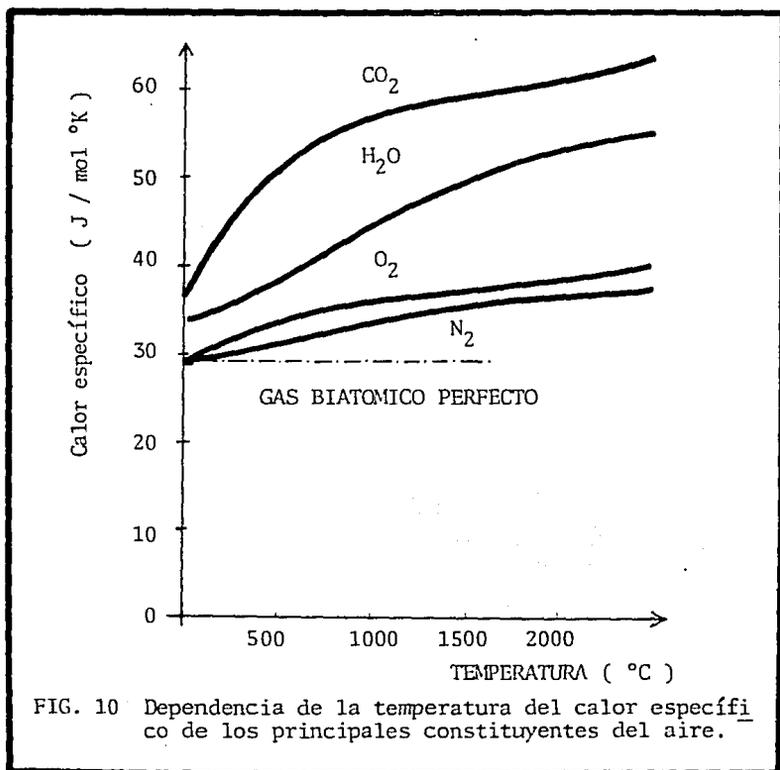
Por otro lado, la baja tendencia de los alcoholes a formar humo negro, como se aprecia en la figura 9, señala a los alcoholes de bajo peso molecular como los combustibles atractivos para el motor diesel. Por ejemplo, partiendo de la base de los resultados de las pruebas que se reportan en la figura, la máxima potencia a obtener del motor diesel usado

para las pruebas, se limita con el hecho de que la proporción relativa de aire/combustible de 1.35 (35% de exceso de aire) que se requiere al operar el motor con combustible diesel convencional, a un valor de emisión de humo arbitrariamente fijado para este experimento de 3 unidades Bosch; el mismo motor, -- operando con etanol, para lograr la misma emisión de humo, requiere de solo 1.1 veces la proporción estequiométrica aire/combustible, con el correspondiente aumento en la potencia. En otras palabras, el etanol probó ser un combustible extremadamente bajo en humos en el motor diesel, una vez resuelto el problema de su baja calidad de ignición por alguno de los varios aditivos existentes.



CONSIDERACIONES TERMODINAMICAS

En relación con la energía aprovechable y la potencia de salida en un ciclo termodinámico efectuado en un motor de combustión interna, es de vital importancia la composición del gas de trabajo, la cual en el caso del motor diesel sufre gran variación con la carga del motor, con la relación aire/combustible, y desde luego con la composición del combustible.



En el motor diesel sin embargo, y de aquí la diferencia con la mezcla aire-combustible de los motores de ignición por chispa, las diferenciales entre varios combustibles, y por lo tanto las diferencias del gas de trabajo, afectan solo a la parte del ciclo relacionada con la combustión, expansión y escape, ya que normalmente es aire el que se inyecta y comprime.

La dependencia en la temperatura de los valores de calor específico de los cuatro principales - constituyentes del aire (CO_2 , H_2 , N_2 y O_2) se muestran en la figura a presión constante.

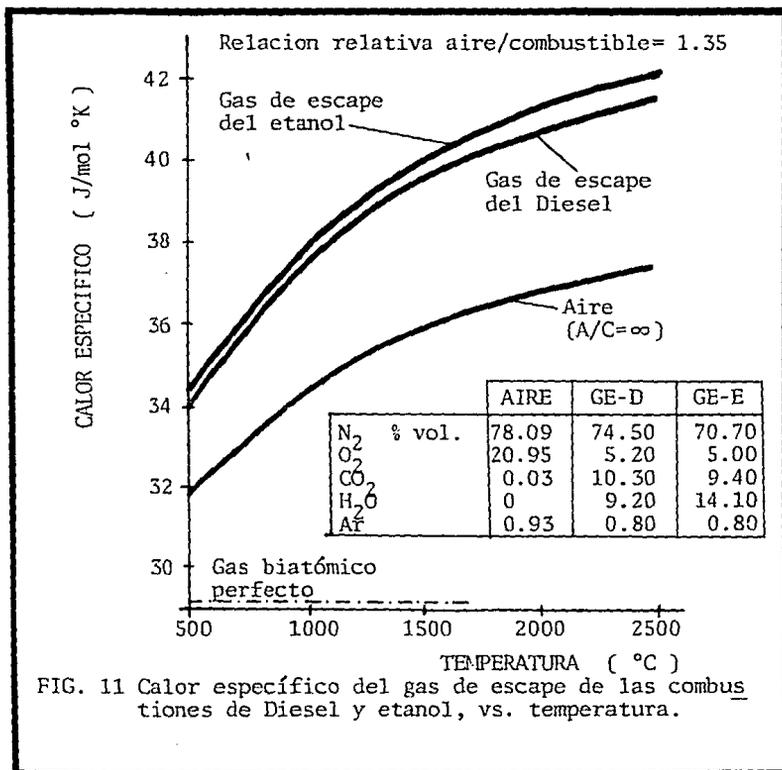
Por ser triatómicos, los productos de combustión, CO_2 y H_2O , tienen un calor específico considerablemente mayor que los constituyentes biatómicos del aire, N_2 y O_2 , y reducen favorablemente también reducen los coeficientes politrópicos de expansión, los cuales tienen una fuerte influencia en la eficiencia del ciclo.

Utilizando los valores de la figura 10 se -- puede calcular el calor específico de los gases de escape de la combustión del diesel convencional y - del etanol. En la figura 11 se muestra un ejemplo para una relación relativa aire/combustión de 1.35 (correspondiente a una emisión de humo de 3 unidades Bosch al quemar diesel es evidente que el gas - de escape del etanol tiene mayor capacidad calorífica, especialmente a altas temperaturas; ésto es resultado del elevado contenido de agua en los gases producto de la combustión de un etanol, con contenido azeotrópico de agua, daría por resultado valores

incluso más elevados.

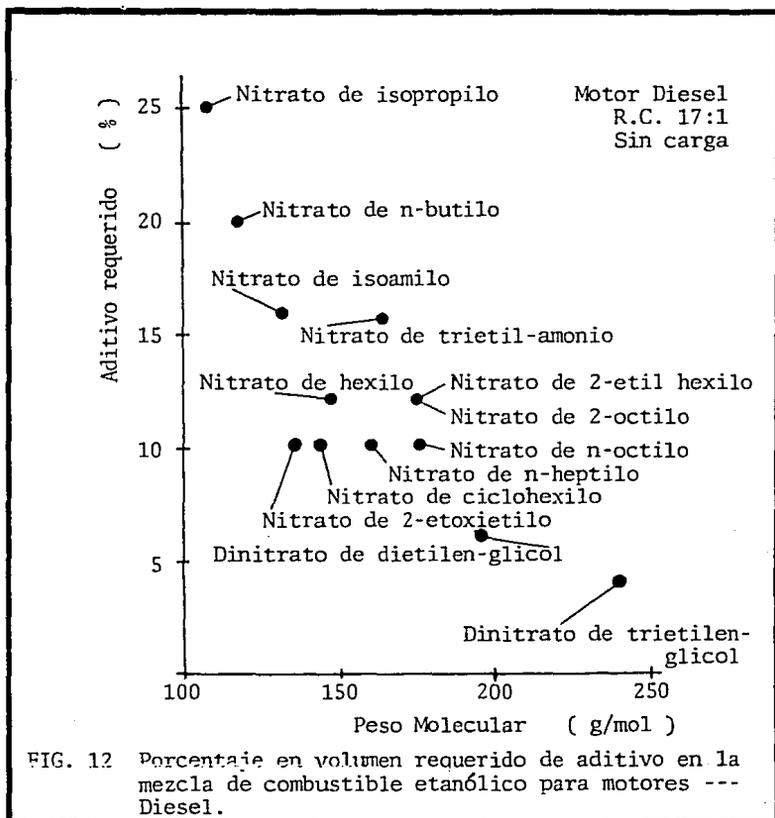
ADITIVOS DE IGNICION

Se han estudiado y reportado una gran cantidad de aditivos de ignición viables para el etanol, considerando las facilidades de obtención, su efectividad, y su rendimiento en el motor, su facilidad de manejo, su corrosividad y costo.



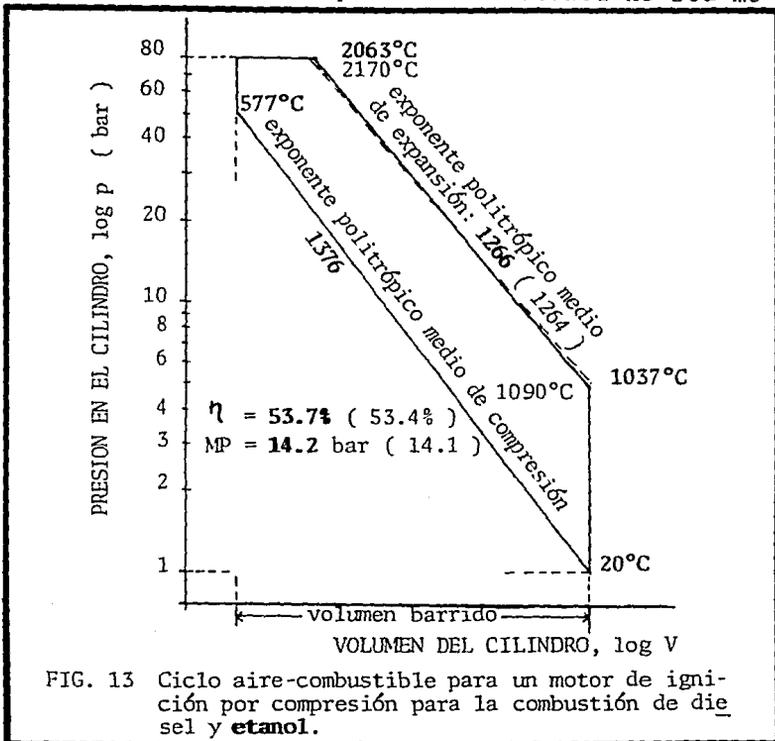
Para diferentes aditivos de ignición del etanol, el requerimiento volumétrico en la mezcla se muestra en la figura 12 como función del peso molecular.

Utilizando los valores de las figuras anteriores, se calculó el ciclo teórico combustible-aire del motor diesel para los dos mencionados combustibles, y se muestran, como ejemplo, en la figura 13. Algunas de las consideraciones tomadas en cuenta pa



ra su calculo son: relación relativa aire/combustible=1.35; relación de compresión=80 bar; temperatura de admisión del aire=292°K; presión de admisión=1 atm; composición volumétrica del aire: 79%N₂, 21% O₂.

La figura demuestra que las combustiones de etanol y de diesel convencional producen ambas, --- prácticamente la misma eficiencia y la misma presión media MP, implicando esto prácticamente, el mismo - desprendimiento de calor. Sin embargo la temperatura más alta del ciclo es, poco más de 100°C menor - para etanol que para el diesel, y la temperatura al inicio del escape es 50°C menor. El que el coeficiente de politrópico expansión con etanol no sea me-



nor e inclusive sea mayor, es el resultado del hecho de que el efecto de reducción del exponente de la mayor concentración de productos de la combustión en el gas se escape, está sobre compensado por el efecto de aumento del exponente de las temperaturas más bajas. Los datos de ésta figura, se refieren al ciclo teórico del motor diesel y no deben, por tanto ser comparados directamente con datos de la realidad. Sin embargo, de hecho comprueban los ventajosos efectos de cambiar al diesel por el etanol; por ejemplo con el hecho de que para obtener la misma potencia y la misma economía de combustible -relacionada con el consumo de energía - se pueden esperar temperaturas de operación menores y, por lo tanto, una reducción en las emisiones de NO_x y de humo.

Los efectos teóricos antes discutidos, no pueden ser verificados en la realidad exactamente -bajo las mismas condiciones, ya que - como ya se explicó - el etanol puro no puede realizar una ignición satisfactoria bajo todas las condiciones de --operación del motor.

El único medio práctico para quemar etanol -en un motor a diesel prácticamente sin modificarlo, es adaptar la calidad de ignición del etanol a la -requerida por el motor, mediante la adición de aditivos de ignición; el resultado será entonces una -mezcla contenido etanol como su mayor constituyente: un combustible etanólico de diesel o a lo que se ha llamado "alcohol aditivado". Un combustible de esta clase (88% en volumen de etanol, incluyendo 4.4% en peso de agua, y 12% volumen de nitrato de hexi--

lio como aditivo de ignición) es el analizado en la figura 14, en donde se grafican, contra la velocidad del motor: la presión media efectiva al freno - BMEP (Brake mean effective pressure); el consumo específico de combustible al freno BSFC (Brake specific fuel consumption); los componentes NO_x y HC del gas de escape; y el humo negro, al quemar etanol en un motor diesel a plena carga, comparando con los valores arrojados por el mismo motor al quemar diesel y que son considerados como 100%. Los efectos son como se esperaban en las consideraciones teóricas: BMEP y BSFC son prácticamente las mismas, y la emisión de NO_x es considerablemente reducida, y la

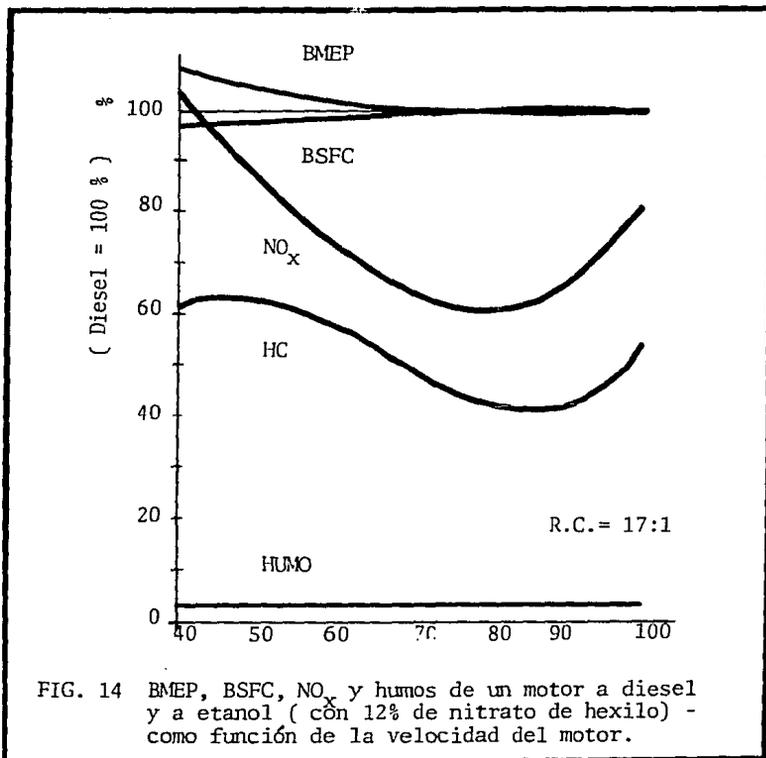


FIG. 14 BMEP, BSFC, NO_x y humos de un motor a diesel y a etanol (con 12% de nitrato de hexilo) - como función de la velocidad del motor.

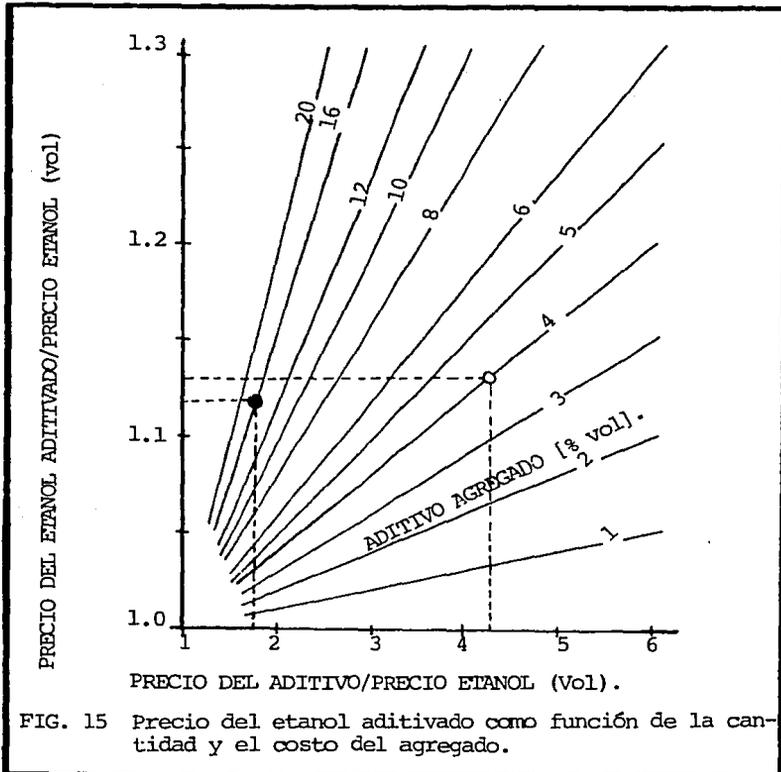
emisión de humo es tan pequeña que se puede considerar despreciable. Es interesante notar que la emisión total de Hidrocarburos, es también considerablemente reducida.

El volumen mínimo requerido en la mezcla para los aditivos, se determinó en pruebas prácticas usando para ello el motor Mercedes Benz OM 352 de un solo cilindro (Motor a diesel, relación de compresión 17:1, volumen de barrido de cilindro de un litro, 2,800 rpm). La calidad de ignición de los combustibles debe ser, y así se estableció experimentalmente, tal que se obtenga el mayor retraso a la ignición bajo condiciones de operación (el ángulo en grados del cigueñal) el cual, en motores diesel se considera sin carga y sin velocidad específica. Si bajo estas condiciones, el retraso en la ignición es igual que para el etanol que para el diesel de referencia (número de cetano aproximadamente 52), se encuentra con que será el mismo, o aún menor para el etanol, que para el diesel en cualquier otra condición de operación.

De vital importancia para la aplicación práctica de aditivo de ignición, NO es la cantidad mínima necesaria en la mezcla, sino el costo que dicha cantidad aumenta al precio del combustible. La pregunta que debe plantear es si una mezcla de aditivo de ignición-etanol para usarse en un motor diesel resulta económica al compararla con el uso del etanol puro en un motor de ignición por chispa. Se puede asumir, relacionado con la energía, que el consumo de etanol en un motor de ignición por chispa es del orden de un 25% mayor que el consumo de -

combustible (sea diesel o etanol) en un motor diesel. Así que, si el incremento en el costo del combustible ocasionado por la adición de un aditivo de ignición es menor a 25%, de preferencia mucho menor, entonces, el uso de etanol con aditivo de ignición representará una alternativa económica al uso de etanol puro en motores de ignición por chispa.

En la figura 15, se muestra el incremento en precio de la mezcla de etanol aditivado contra el precio del aditivo referido al precio del etanol.



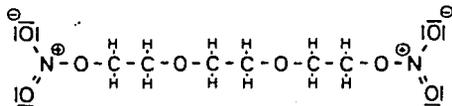
Para hacer más clara la gráfica, se plantean los ejemplos de los dos aditivos de ignición más -- utilizados en Brasil: el nitrato de isoamilo (punto negro) cuesta 1.8 veces el precio del etanol por litro y se requiere un 16% en volumen para su mezcla con etanol; esto significa un incremento relativo - de 12% en el costo de la mezcla sobre el costo de - el etanol. El precio por litro del dinitrato de -- etilen-glicol (TEGDN, punto blanco) es de 4.3 veces por litro mayor que el etanol y se requiere 4% de - éste para mezclarlo con etanol, arrojando un costo para la mezcla combustible de 12.5% por arriba del precio del etanol. Los costos utilizados para es-- tos análisis, fueron obtenidos de firmas industria-- les brasileñas basados en condiciones locales y producción a escala industrial.

EMISIONES DE NO_x DEL ALCOHOL ADITIVADO.

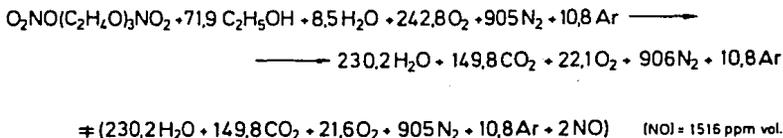
Se debe prestar particular atención al contenido de NO_x en los gases de escape que resultan de la combustión de etanol con aditivos de ignición, - ya que es de esperarse que los nitratos orgánicos - se descompongan liberando radicales NO₂ los cuales, de no haber otra reacción, incrementarían el conte-- nido de NO_x en los gases de escape.

Las dos reacciones estequiométricas de la -- combustión de etanol con 16% en volúmen de nitrato de isoamilo y 4% en volumen de TEGDN, respectivamen-- te muestran lo que sucedería si todo el nitrógeno - presente como nitrato se emitiera como NO; se eli-- gió una relación relativa aire/combustible de 1.1, la cual corresponde a la máxima admisible por el mo

TRIETHYLENE GLYCOL DINITRATE (from ethanol) $d_{20^{\circ}\text{C}}=1,338\text{kg/l}$; $H=13,2\text{MJ/kg}$



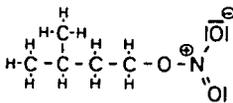
4% vol. TRIETHYLENE GLYCOL DINITRATE



ISOAMYL NITRATE (from fusel oil)

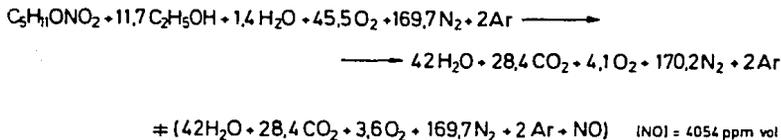
EXAMPLE: 3-METHYLBUTYL NITRATE

$d_{20^{\circ}\text{C}}=0,996 \text{ kg/l}$; $H=22,6\text{MJ/kg}$



- < 1% . PENTANOL-(1)
- > 14% . 2-METHYLBUTANOL-(1)
- > 84% . 3-METHYLBUTANOL-(1)
- 2,2-DIMETHYLPROPANOL-(1)
- PENTANOL-(2)
- 2-METHYLBUTANOL-(2)
- 3-METHYLBUTANOL-(2)
- PENTANOL-(3)

16% vol. ISOAMYL NITRATE



Estructura molecular y reacciones estequiométricas de combustión del Dinitrato de tri-etilen-glicol y del Nitrato de iso-amilo. Mexclas a 4 y 16 % con etanol, respectivamente.

tor funcionando con combustible de alcohol sin exceder el límite de humo de 3 unidades Bosch (ver fig. 9) y representando por ello la condición mas favorable para la formación de NO. Se aprecia que en estos casos (por fortuna totalmente irreales) se espera una emisión de 4054 y 1516 ppm vol. respectivamente, la cual es una concentración extremadamente alta de NO.

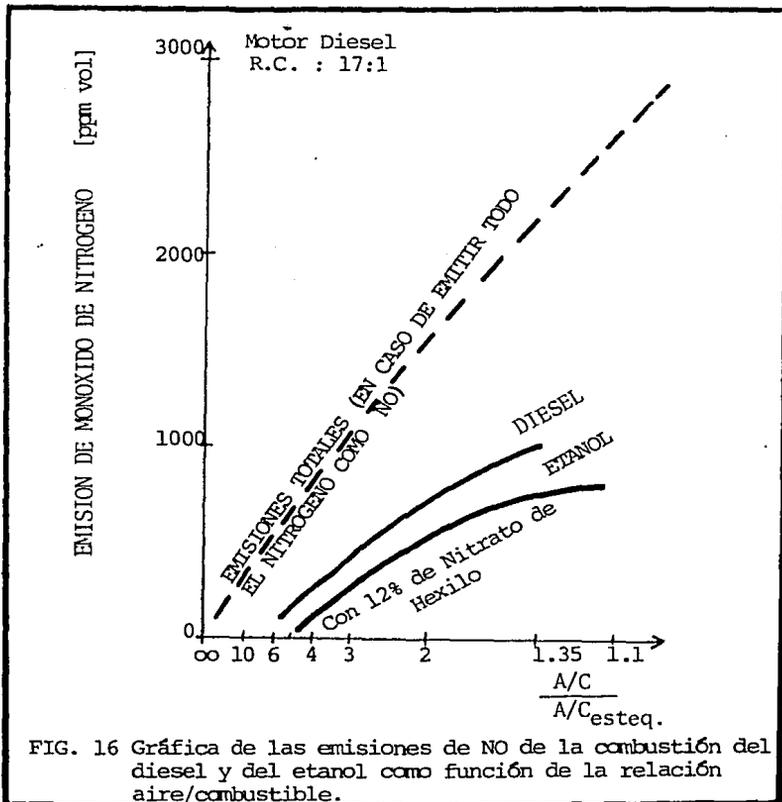
Tal y como se aprecia en los resultados de las pruebas de la fig. 16, no se presentan niveles tan altos de NO en los gases de escape de un motor; de hecho, el contenido de NO en los gases de escape de la combustión de etanol aditivado es menor que aquel para la combustión de diesel, en todo su rango de operación.

Probablemente, esto se pueda explicar por el hecho de que el nitrógeno proveniente de los nitratos de aditivo se emite como N_2 , y el oxígeno de los nitratos es usado por la combustión.

PRUEBAS DE CAMPO

En Brasil, donde el etanol juega hoy un importante papel como combustible alternativo para el transporte y se cuenta con suficiente alcohol para pruebas diversas, Mercedes-Benz do Brasil, desde 1979, viene realizando exhaustivas pruebas con vehículos operando con etanol y aditivos de ignición.

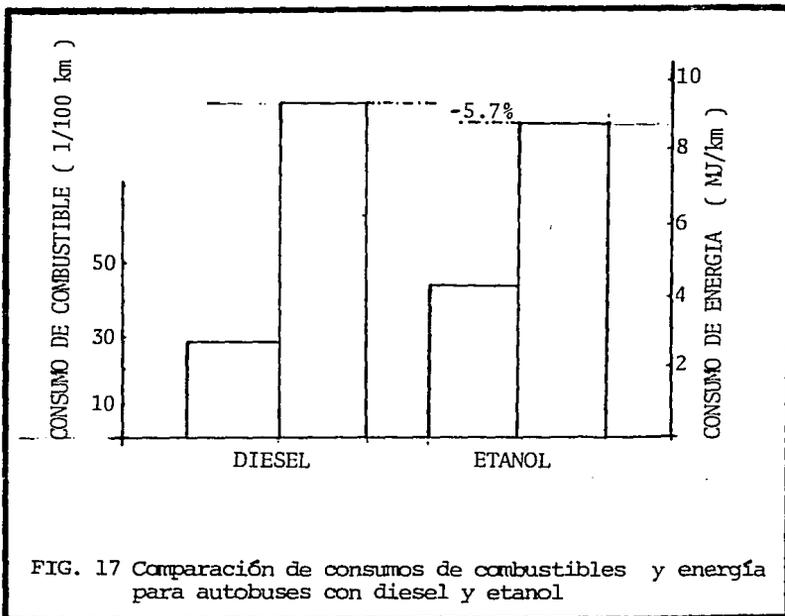
El programa inicial de pruebas consideró 8 camiones y 7 autobuses. Hasta 1980 estos vehículos utilizaron etanol aditivado con 12% en volumen de



nitrato de hexilo (importado de E.U.A.); a partir - de 1981, se utilizó un aditivo de ignición de fabricación Brasileña, el TEGDN (Dinitrato de trietilen-glicol) agregándole al etanol 4% en volumen de aditivo, y 1% de aceite de recino como aditivo de lu-bricación.

Para febrero de 1981 el conjunto de vehículos recorrido mas de un millón de kilómetros. Durante el transcurso de las pruebas, vehículos iguales a - diesel, principalmente en el caso de los autobuses, recorrieron exáctamente las mismas rutas como testi-gos de comparación.

Se calculó el consumo promedio de combustible para los 6 autobuses idénticos (3 a etanol aditivado y 3 a diesel) para una distancia de aproximadamente 80,000 Km por autobús (fig. 17). El consumo de etanol, en términos volumétricos es considerablemente mayor: 25.5 l/100 Km para diesel y 31.4 -- l/100 Km para etanol; este incremento en el consumo, como ya se explicó, no debe considerarse como base de comparación. En términos de valor calorífico, el etanol muestra un consumo ligeramente menor: 9.21 MJ/Km para el diesel y 8.69 MJ/Km para el alcohol, consumo ligeramente menor el cual, sin embargo, no tiene significado estadístico dada una probabilidad de error de entre 5 y 1%.



Otros resultados obtenidos de las pruebas -- son los de contaminación del aceite lubricante y -- desgaste del motor al usar etanol aditivado comparándolos con los motores funcionando con diesel. En la figura 18, se muestran los resultados de los análisis de los valores de hierro presente en el aceite, reportándose después de 10.000 Km recorridos. - En el caso del vehículo a Diesel se encontraron 76 ppm de hierro en el aceite, mientras que en el motor a etanol se reportan solo 34 ppm.

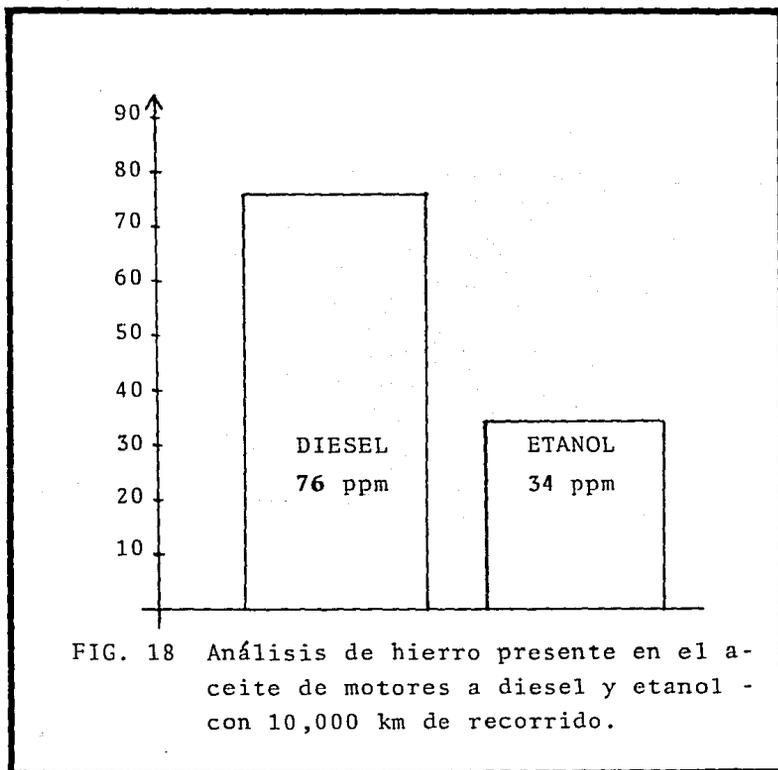


FIG. 18 Análisis de hierro presente en el aceite de motores a diesel y etanol - con 10,000 km de recorrido.

Una gran desventaja para el etanol observada en estas pruebas, fueron los serios problemas de corosión que se presentaron tanto en los vehículos - (tanque de combustible y sistema de inyección) como en las estaciones de suministro, por ejemplo filtros de combustible tapados y con óxido falla de las boquillas por depósitos de material de corrosión en los inyectores y agujas. Al encontrarse con este problema se utilizaron 200 ppm vol. de Maxlub 8027, anticorrosivo de Bardhal, con lo que disminuyó la corrosión aunque no por completo. Actualmente se están desarrollando y probando nuevos inhibidores de corrosión para su utilización con etanol.

Desde el punto de vista de corrosión, la calidad misma del etanol es de gran importancia. Los cambios en la composición de la mezcla de etanol, (contenido de agua, de ácido, etc.) presentan diferentes características corrosivas, las cuales dificultan la acción del inhibidor afectando con esto la cantidad de inhibidor que se debe agregar a la mezcla. Las especificaciones para el etanol combustible utilizadas en Brasil, desde luego se tomaron de las especificaciones para el etanol para consumo humano pero no garantizan una calidad aceptable para el combustible; por ello, la industria automotriz ha propuesto algunas modificaciones las cuales se muestran en la tabla siguiente, comparándolas con las especificaciones de la mencionada norma para alcohol combustible, derivada de la de alcohol potable.

En ella se aprecia que las propuestas más importantes son las de fijar un límite mínimo al con-

		Espec. CNP 03/79	propuesta Ind. automot.
Etanol	% wt	min. 91.1 max. 93.9	min. 93.9
Densidad 20°C	kg/l	min. 0.8073 max. 0.8150	depend. del cont. alcohol
Residuos a temp.destil.	mg/l °C	50 105	20 200
Acidos	mg/l	30	10
Aldehidos	mg/l	60	por ser determinados
Esteres	mg/l	80	100
Alcoholes superiores	mg/l	60	sin límite
Cobre	mg/l	sin espec.	ninguno
Ceniza	mg/l	sin espec.	ninguna

FIG. 19 Especificaciones brasileñas para el alcohol industrial y la propuesta de la industria automotriz.

tenido de etanol y no un máximo (?), reducir considerablemente el contenido de ácidos y eliminar cobre y cenizas por completo. Por otro lado se elimina la limitación a los alcoholes pesados, los cuales son problemáticos solo para consumo humano y no así para combustión, y su eliminación solo incrementaría el costo del combustible de manera innecesaria.

POSIBILIDADES DE DESARROLLO

Los motores tipo diesel operados con etanol muestran una gran posibilidad de desarrollo dada la baja formación de humos de este combustible, la baja relación aire/combustible y el incremento poten-

cial que de estos motores se obtiene, tal y como se muestra en la figura 20.

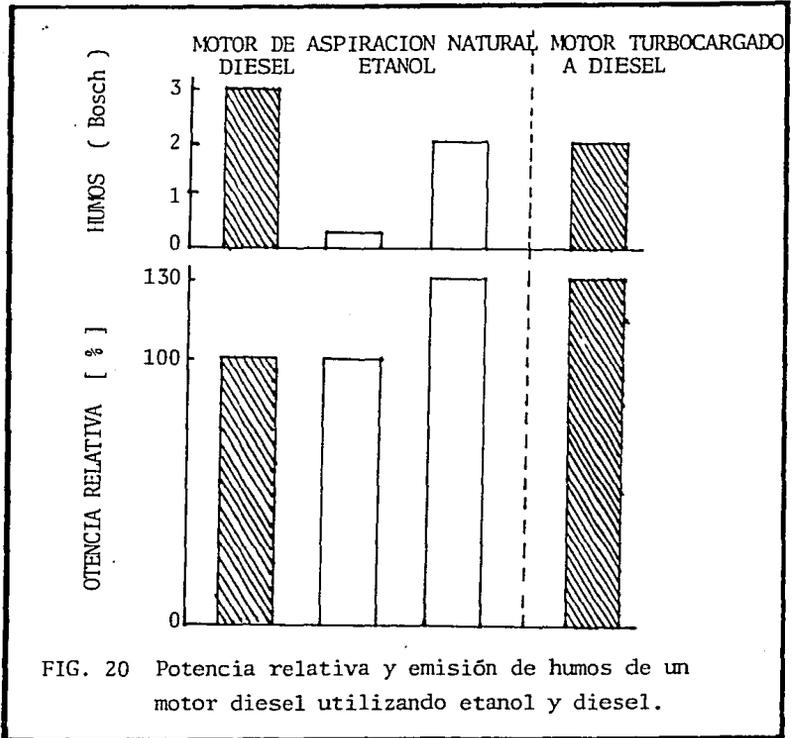


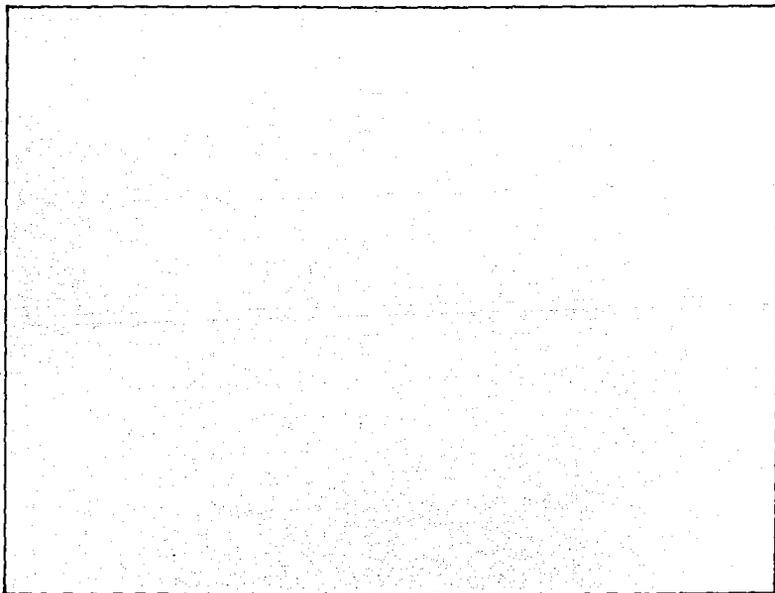
FIG. 20 Potencia relativa y emisión de humos de un motor diesel utilizando etanol y diesel.

Para esta figura se considera como 100% la potencia obtenida del motor con diesel, de aspiración natural, con una formación de humo negro de 3 unidades Bosch. Al operar con etanol, el mismo motor ofrece solo 0.3 unidades Bosch para la misma potencia, por lo que es posible obtener una potencia de 130% con el mismo motor de aspiración natural; - lo cual es equivalente a la potencia de un motor turbo cargado a diesel, y con emisiones de apenas 2 - - unidades Bosch para ambos casos (aspiración natural

de etanol y diesel turbo cargado).

En conclusión se puede decir que, aún con los problemas que todavía existen, el uso del etanol como combustible para motores diesel trae consigo grandes ventajas, especialmente considerables desde el punto de vista de protección ambiental. Aunque el antecedente de los resultados aquí presentados se forma en la muy particular situación de Brasil y su uso de etanol, se puede asumir que, también en otras regiones con otras condiciones la adaptación de un combustible alternativo de manufactura regional (por -- ejemplo metanol) para los motores diesel, pueden ser una provechosa contribución para la solución de los problemas de energía y contaminación.

ETANOL
SUBSTITUTO DE LA GASOLINA



No es por razones técnicas que la gasolina - se conserve prácticamente como el único combustible para los motores de ignición por chispa.

Algunas de las propiedades del alcohol son - aún mejores que aquellas de la gasolina, y ésto lle va a los expertos a concluir que el alcohol puede, actualmente, ser un mejor combustible que la gasoli na, ya que los motores a etanol son prácticamente - iguales a aquellos que utilizan gasolina.

Sin procesos adicionales, el etanol se obtie ne de las destilerías con un contenido de aproximadamente 6% de agua, y este porcentaje ha sido tomado por el Gobierno Brasileño como el especificado - para el etanol como combustible.

La capacidad calorífica del alcohol hidratado es substancialmente menor que la de la gasolina,

esto es, al comprar un litro de etanol hidratado, - uno obtiene aproximadamente las 2/3 partes de la -- energía de un litro de gasolina, por lo que para mo ver un vehículo se requiere más alcohol de lo que - se necesita de gasolina. En peso uno debería, teó-- ricamente, suministrar 69% más alcohol al motor.

		Etanol	Gasolina
Contenido de agua	% en peso	6%	---
Densidad a 15° C	g/cm ³	0.8	0.735
Temperatura de Ebullición	° C	78	32-185
Capacidad Calorífica	KJ/Kg	25140	42430
Calor latente de evaporación	KJ/Kg	903	376-502
Relación Estequimétrica	Kg-aire	8.45	14.8
	Kg-combustible		
Octanaje (Método de Motor)	MON	94	73
Octanaje (Método de Investigación)	RON	111	85

FIG. 4 Algunas propiedades del alcohol y la gasolina

La relación estequiométrica de la mezcla ai-- re-combustible, o sea la cantidad de aire que teóri-- camente requiere un combustible para su total com-- bustión, debe contener:

937 g de aire + 63 g de gasolina o
895 g de aire + 105 g de etanol.

Lo que significa que, teóricamente, se debe suministrar 65% más de etanol, por peso, al aire -- que normalmente entra a un motor que quema gasolina.

La capacidad calorífica de la mezcla aire -- combustible es la medida de su contenido de energía. Durante la etapa de admisión, una cierta cantidad de mezcla entra a los cilindros del motor, y es la capacidad calorífica de ésta cantidad de mezcla, la energía que se "entrega" al motor y por lo tanto, -- quien marca el límite de la potencia que de él se -- puede obtener.

Dada la cantidad adicional en peso que se re quiere de etanol (65% más que la gasolina) y la menor capacidad calorífica del etanol contra la gasolina (69%), uno obtiene prácticamente la misma cantidad de energía de las mezclas anteriores:

1 Kg de mezcla aire-gasolina contiene 2683 KJ
1 Kg de mezcla de aire-etanol contiene 2642 KJ

Lo que quiere decir que un motor a etanol en trega prácticamente la misma potencia que uno de -- igual tamaño a gasolina.

La compresibilidad (Knock resistance) del eta nol es más alta que la de la gasolina. Por ésta ra zón, la relación de compresión del motor se puede -- incrementar sin peligro y así lograr una mayor cantidad neta de energía del motor.

La combustionabilidad (Ignitability) de las mezclas aire etanol es buena, aún con una cantidad

de aire mayor que la estequiométricamente requerida para su completa combustión. Una proporción muy alta de aire en la gasolina presenta problemas para su combustión; esto nos lleva a una economía en combustible al utilizar etanol, ya que es fácil lograr, aumentando la cantidad de aire, que todo el etanol alimentando alcance la combustión completa, lo cual, de hacerse en gasolina, nos llevaría a una marcha sumamente inestable del motor por una combustión incompleta del combustible.

La elevada velocidad de combustión de la mezcla etanol-aire, da como resultado una mayor eficiencia térmica que se traduce como una mejor utilización del combustible.

El calor latente de evaporación del etanol es significativamente mayor que el de la gasolina, esto es que, se le debe entregar una mayor cantidad de calor al etanol para evaporarlo, que a la gasolina. En la mezcla ideal de aire combustible que se alimenta a un motor de inyección por chispa, una parte de combustible debe entrar en forma de pequeñas gotas y otra en forma de vapor. Si esto no ocurre en la proporción adecuada, el consumo de combustible, derivado esto por una mala combustión, aumenta; para evitar esto, y dado que el etanol se evapora más lentamente que la gasolina, se debe suministrar una cantidad adicional de calor a la mezcla, precalentándola.

Un problema similar se presenta en un motor frío a gasolina, pero se resuelve utilizando una mezcla más rica en combustible hasta que el motor alcanza su temperatura de operación.

Aún con el motor caliente, sin embargo, el múltiple de admisión estará demasiado frío para un funcionamiento adecuado del motor con alcohol, a menos que se adopten medidas de suministro adicional de calor; el no hacer ésto, se traduciría en la necesidad de operar el motor permanentemente con una mezcla demasiado rica, con los consecuentes consumos excesivos y emisiones de escape.

Es por lo tanto esencial, precalentar la mezcla lo suficiente para que la cantidad necesaria -- del alcohol entre en forma de vapor al cilindro. Sin la aplicación de estas medidas se tornaría imposible el obtener un bajo consumo de combustible, bajas emisiones y un buen funcionamiento del motor.

Dadas las diferencias en la capacidad calorífica y las proporciones estequiométricas aire-combustible, el consumo de combustible debería ser como, se mencionó anteriormente, 65% mayor en peso de etanol que el de gasolina. En términos de volumen, ya que las estaciones de servicio se surten el combustible por litros, el consumo sería aproximadamente 53% mayor.

En realidad, el aumento en el consumo de combustible no es tan elevado. La mayor relación de compresión, mejor combustión y mayor velocidad de combustión del etanol, dan como resultado un mejor aprovechamiento de la energía disponible; por ello, el motor a etanol es mucho más eficiente, por lo que el incremento real en consumo de combustible es de solo 15 a 25% en volumen, dependiendo de las condiciones de manejo.

La mejor utilización de la energía en el motor a etanol, se demuestra con el siguiente ejemplo comparativo del consumo de la energía potencial del combustible: para recorrer una determinada distancia en auto, se consumen 10 litros de gasolina, o sea - 310 Megajoules; para recorrer la misma distancia con etanol se requiere 12 litros ó 240 Megajoules 23% - de ahorro en el consumo potencial de energía.

Para el arranque en frío de un motor, una -- cierta cantidad de combustible, vaporizado, debe -- llegar cerca de la bujía para incendiarse; una vez más, el elevado calor latente de vaporización hace imposible la vaporización del etanol a temperaturas menores a 15°C y, a menos que ésta dificultad sea - superada, el motor no arrancará.

Por esta razón, cuando la temperatura ambiente sea baja, se debe agregar gasolina a la admisión de los cilindros durante la operación de arranque. Una vez en marcha el motor, se desconecta el impulsor o "marcha", y se suspende la alimentación de gasolina, pues para ese momento hay suficiente calor en la cámara de combustión para evaporar el etanol. La cantidad de gasolina necesaria para esta operación es muy pequeña y puede ser ampliamente provista por un recipiente de 2 litros de capacidad, colocado en una posición segura, el cual suministra la gasolina necesaria para bastantes arranques en frío.

LOS MOTORES A ETANOL DE BRASIL

La Volkswagen de Brasil, desarrolló sus motores a etanol apartir de los de gasolina que actualmente fabrica: el motor de 4 cilindros en línea, de

1.5 litros, enfriado por agua, y el motor de cuatro cilindros, horizontalmente opuestos, de 1.5 litros, enfriado por aire.

A - Motor de 4 cilindros en línea, de 1.5 litros, - enfriado por agua.

Aprovechando la compresibilidad del etanol, se elevó la relación de compresión a 10.5:1, incrementando la altura de la corona del pistón. Teóricamente, la relación de compresión se podría elevar aún más, pero la ganancia en eficiencia bajaba y se creaban riesgos en la duración del motor.

El carburador debió ser recalibrado, con especial atención al sistema de vacío, al sistema prin cipal, al sistema de enriquecimiento de la mezcla a plena carga, y la bomba de aceleración.

Se ayuda a la vaporización de la mezcla con la admisión de aire caliente, pero primordialmente se logró calentando las paredes del múltiple de admi sión. Debido a que el múltiple de admisión en este motor es relativamente largo, se construyó una chaqueta de agua alrededor de él; ésta empieza inmedia tamente bajo el carburador, y cubre incluso la zo na de su conexión con los cilindros. El agua ca liente va directamente, de la cabeza de los cilin dros, a esta chaqueta. La entrada de aire es calen tada haciéndola pasar sobre el muy caliente múlti pte de escape, antes de llegar al filtro de aire pa ra pasar al carburador.

El ajuste de la chispa de las bujías, debió

ser optimizado debido a la mayor velocidad de combustión de la mezcla etanol-aire. Las pruebas revelaron la necesidad de una bujía "más fría".

La vaporización de la mezcla es ayudada, como se expuso antes, haciendo uso del calor generado por el propio motor; durante su calentamiento, sin embargo, el calor disponible puede ser insuficiente para este propósito y, para asegurar una buena combustión, se utiliza una bobina para crear una mayor tensión y una mejor chispa.

El sistema de arranque en frío, consiste de un pequeño depósito de donde se toma gasolina, cuando se requiere, a través de un filtro de gasolina, una válvula electromagnética y un conducto de entrada al múltiple de admisión. Cuando el circuito eléctrico de arranque se cierra, la válvula se abre y permite la entrada de gasolina al múltiple.

B - Motor de 4 cilindros de 1.3 litros horizontalmente opuestos, enfriado por aire.

La principal diferencia con el motor enfriado por agua, es la preparación de la mezcla. En este motor con un carburador sencillo como el que se usa en la versión a gasolina, el lograr tubos largos de calentamiento en el múltiple de admisión sería muy difícil; por lo tanto se optó por utilizar dos carburadores. Esto trae como resultado conductos muy cortos del múltiple de admisión, entre los carburadores y las cabezas de los cilindros, en los cuales es difícil que la mezcla se enfríe, condensando así el vapor generado por el calor del aire -

con que se prepara la mezcla. El aire de la mezcla es admitido por un conducto y llevado a lo largo de la zona más caliente del sistema de escape, pasa por una válvula de control de temperatura, de ahí al fil t ro de aire y finalmente al carburador.

La válvula de control de temperatura es utilizada para modificar las condiciones de admisión - del aire, a plena carga, de caliente a frío. De no hacer ésto, el aire podría llegar tan caliente, que se evaporaría todo el etanol, en perjuicio del buen funcionamiento del motor.

Las otras modificaciones realizadas al motor enfriado por agua, fueron también adaptadas a este motor, como la elevación de la relación de compresión hasta 10:1.

LOS MATERIALES USADOS EN EL AUTO A ETANOL.

Desde las últimas décadas, todas las partes y componentes del vehículo que están en contacto -- con la gasolina líquida o sus vapores, se han fabi ri ca do usando materiales que no se corroan ni disuelvan, bien sean los materiales en si, o los acabados y recubrimientos que a éstos se den.

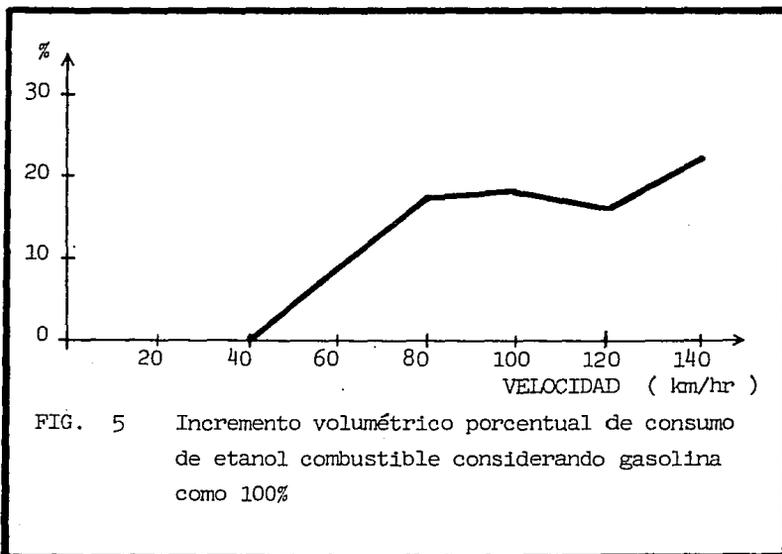
Estos materiales y recubrimientos resistentes a la gasolina, no son necesariamente resistentes a otros combustibles como es el caso del etanol, de diferentes características y composición química. Se han examinado gran cantidad de materiales en prue bas en vehículos como en laboratorio.

Así pues, la VW de Brasil, utiliza en sus vehículos, una protección plástica especial en el interior del tanque de combustible; las líneas y tuberías que conducen el combustible se fabrican en plástico resistente al etanol o se protegen con una película anti-corrosiva, en el motor en sí no se han detectado problemas de corrosión.

RESULTADOS

a) Consumo de Combustible y emisiones. Después largos períodos de optimización de los motores VW, se detectó un consumo de Etanol de 15 a 25% mayor, en volumen que aquel de gasolina.

En la figura 5, se observa el incremento en consumo de combustible, a velocidades constantes de hasta 140 Km/h, de un automóvil a etanol contra un similar a gasolina.



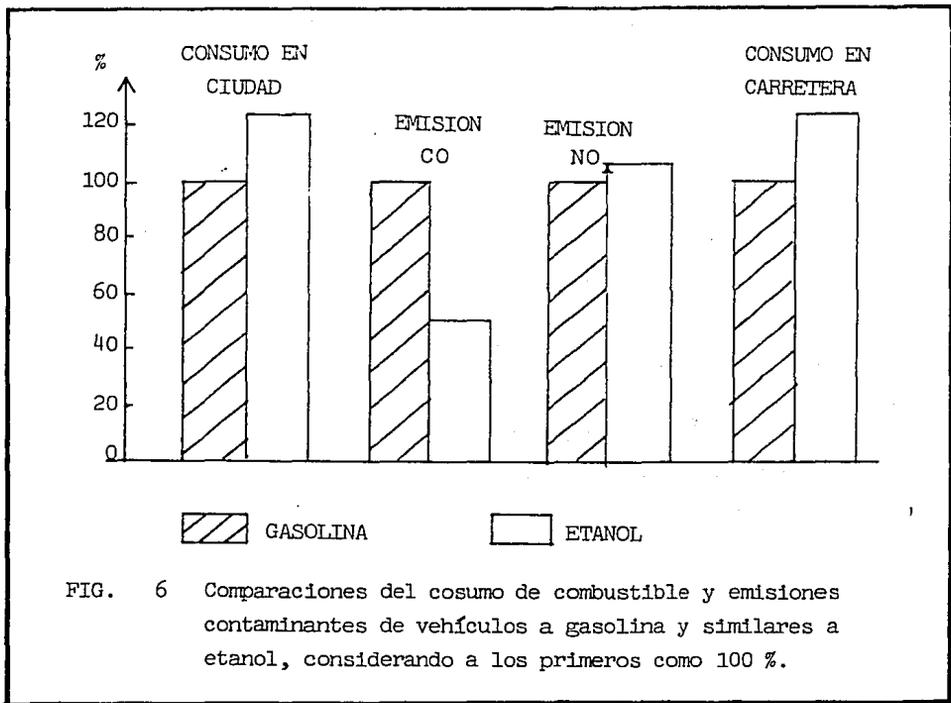
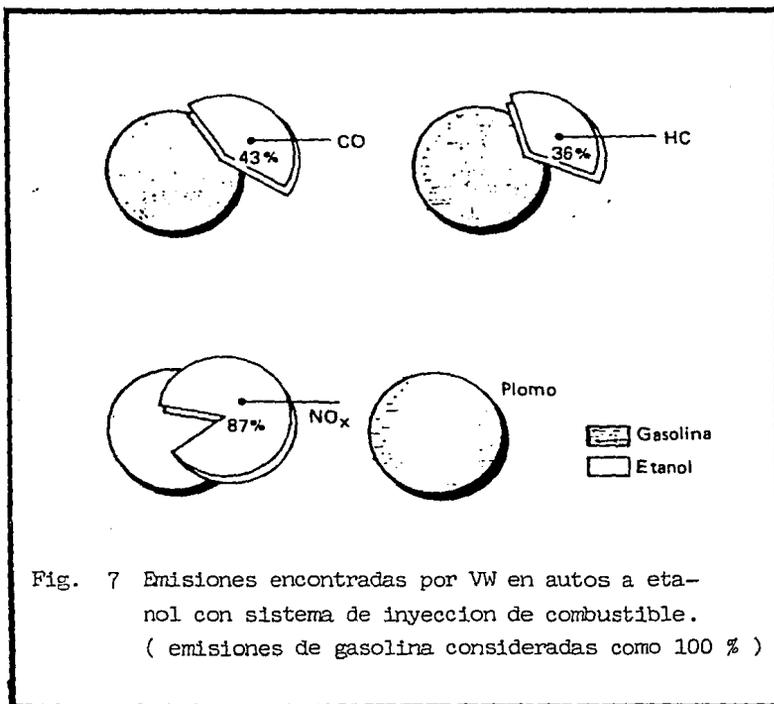


FIG. 6 Comparaciones del consumo de combustible y emisiones contaminantes de vehículos a gasolina y similares a etanol, considerando a los primeros como 100 %.

En la figura 6, se comparan los consumos y las emisiones de dos vehículos similares, uno a gasolina y el otro a alcohol, en donde se considera para fines ilustrativos, a las emisiones y consumos de gasolina como 100%. Se puede apreciar que, de las emisiones controladas por la ley, en CO se presenta una reducción substancial en el alcohol y en NO la emisión es ligeramente mayor, causado esto principalmente, por el precalentamiento de la mezcla.

Si se introduce el sistema de inyección de combustible en el lugar del carburador tradicional, el precalentamiento tan fuerte se puede reducir, bajando así las emisiones de NO, como se aprecia en la figura 7.



b) Lubricación del motor. En cooperación con Texaco de Brasil, la VW llevó a cabo intensos programas de evaluación y pruebas de diversos lubricantes. Este programa, desarrollado en dos años, dió las diversas características del aceite lubricante adecuado para los motores a etanol. La viscosidad, por ejemplo, se conservó prácticamente constante. Un nivel muy bajo de metal de desgaste en el aceite -- confirmó los resultados de las pruebas de duración de motores, los cuales mostraron un desgaste mínimo.

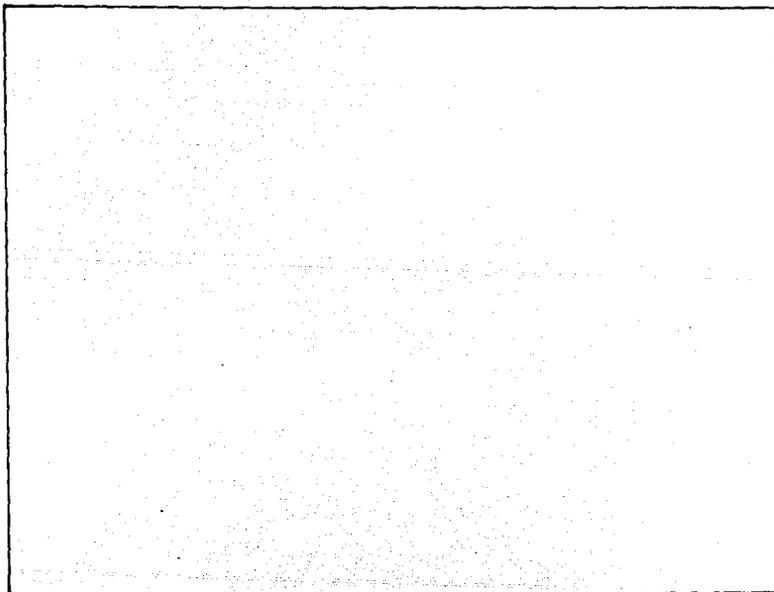
c) Manejabilidad. Los autos a etanol, son perfecta y totalmente normales, tan normales son, que de hecho no puede uno diferenciar, al conducirlo, un

auto a etanol de uno a gasolina.

Durante el calentamiento, inmediatamente después del arranque del motor, debe uno prestar cierta atención al acelerador del vehículo; pero después de unos minutos, una vez que el motor alcance su temperatura normal de operación, todo es igual que en los autos a gasolina.

La aceleración y la máxima velocidad del vehículo son incluso mejores que en autos similares a gasolina.

MEZCLAS ETANOL-GASOLINA



Aun cuando el etanol fue agregado a la gasolina brasileña desde 1927, con la creación del programa Proalcohol se utilizaron mayores proporciones de etanol anhidro en las mezclas. En 1984, toda la gasolina consumida en Brasil fue mezclada con 22% de etanol. Experimentos del Consejo Nacional de -- Petróleo de Brasil, probaron que el etanol puede -- ser añadido a la gasolina hasta en una proporción -- de 25%, sin daños ni necesidad de cambios a los motores convencionales de gasolina en ciclo Otto.

EFFECTOS EN EL OCTANAJE.

Existen dos metodos utilizados para medir el octanaje de los combustibles: El método de Investigación (R) y el método de Motor (M). En Brasil se utiliza el metodo de Motor como indicador del número de octanos de las gasolinas; en otros países co-

mo Estados Unidos y la mayoría de los países europeos, es muy utilizada la media simple de estos dos métodos.

$$\frac{R + M}{2}$$

El etanol bien puede ser utilizado como un aditivo elevador del octanaje en la gasolina, pues presenta, de acuerdo con la media $(R+M)/2$, un octanaje de 117.5 el cual es bastante superior al de las gasolinas básicas de uso común y que varía dependiendo del país de origen, de 83 a 89.

Según la Ashland Oil, después del tetraetilo de plomo, el etanol se considera como el aditivo más económico para elevar el octanaje de las gasolinas. El costo barril-octano de etanol (cantidad necesaria de etanol para elevar en un número octano, un barril de gasolina estándar) es menor que el de metanol con TBA, que el del Tolueno, o que el de cambiar la estructura de la refinación del petróleo.

COSTO DE UN BARRIL-OCTANO		¢ de dólar $(R+M/2)$	
Plomo		7.2 ¢	
Etanol		18.8 ¢	
Metanol/TBA		21.8 ¢	
Mejoramiento de la tecnología		28.0 ¢	
Tolueno		58.6 ¢	
NUMEROS DE OCTANO		$(R+M/2)$	
Etanol	132	103	117.5
Metanol	118	93	105.5
Tolueno	113	94	103.5
Butano	94	89	91.5
<p>FIG. Costo de un barril-octano y números de octano de diferentes productos.</p>			

El etanol tiene efectos superiores en otra -
 área técnica no menos importante: su habilidad para
 reducir la llamada "penalidad de petróleo crudo" --
 que se da cuando el octanaje se eleva por métodos -
 de refinación con uso intensivo de energía; estos --
 métodos presentan además una restricción muy seria:
 aumentan la cantidad de aromáticos en la gasolina,
 sustancias de comprobada acción carcinógena.

NUMERO OCTANO (METODO DE MOTOR) EN GASOLINA, INCREMENTANDO LA PROPORCION DE ETANOL			
Etanol en mezcla		Octano	Cambio en Octano
0 %		72.5	—
5 %		74.8	2.3
10 %		76.6	1.8
15 %		78.5	1.9
20 %		80.3	1.8
25 %		81.4	1.1
Gasolina Estándar en:			
Brasil	—	73	—
EUA	93	84	88.5
Japón	90	81.5	85.8
RFA	92.5	84.5	88.5
Francia	90.5	84	87.5
Italia	86.5	83	84.8
Suecia	93	85	89.0
FIG. Número de octano de la mezcla de gasolina con diferentes proporciones de etanol, y números de octano de diversas gasolinas estándares - en el mundo.			

En los Estados Unidos, la EPA determinó que
 para el 1° de Julio de 1985, el contenido máximo de
 plomo en la gasolina debería ser reducido bajándolo
 de 1.1 gramos a 0.5 gramos por galón; ésto creó la
 necesidad de elevar el octanaje de la gasolina en -
 aproximadamente 1.2 puntos. Cuando el 1° de Enero
 de 1986 se bajo el máximo permitido a solo 0.1 gra-

mos de plomo por galón de gasolina, la discrepancia en octanaje se elevó hasta 2.2 puntos.

La experiencia Brasileña con el uso de etanol indica que en mezclas con rangos de porcentajes de 0 a 20% de etanol, se obtiene un incremento de alrededor de 1.8 puntos en el octanaje de mezcla, por cada 5 puntos porcentuales de etanol agregado (usando gasolina brasileña de bajo octanaje como base).

Estudios publicados por la Universidad de Jersieu, en Francia, así como por la Academia Nacional de Ciencias en los Estados Unidos, presentan un catálogo completo de problemas de salud asociados con la contaminación de plomo, el cual proviene prácticamente en su totalidad, 95%, de los automóviles. De acuerdo con estos estudios, la contaminación del plomo es la causa de graves enfermedades en seres humanos entre las que destacan: malformación fetal, disturbios y perturbaciones mentales crónicas y esporádicas, irritabilidad, pérdida de apetito, y disminución de actividad sexual. Además, las víctimas más afectadas por la intoxicación con plomo son los niños de hasta 6 años de edad; mientras que los adultos solo el 10% de la contaminación plomiza entra a la corriente sanguínea (el otro 90% se deposita en el hígado y los huesos), en los niños se llega a cerca del 50% del plomo en la sangre, con lo que el riesgo del daño cerebral aumenta considerablemente. Investigaciones llevadas a cabo en los Estados Unidos, que incluyeron a dos millones de niños, revelaron que en algunas áreas netamente urbanas se alcanzaban niveles de plomo en la sangre similares a los encontrados en los obreros que operan en áreas altamente contaminadas.

Brasil fue pionero en la substitución del plomo en la gasolina por un aditivo alternativo natural. Usando etanol como substituto, se han alcanzado notables mejoras en el ambiente de las ciudades brasileñas. La contaminación por plomo ha dejado de ser un problema para el ambiente y la gente de Brasil.

Si bien el plomo es la más popular, no es la única substancia venenosa que proviene del tubo de escape de algún vehículo. El monóxido de carbono, los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno, han sido asociados con múltiples problemas de salud. El monóxido de carbono daña la habilidad del cuerpo para transportar oxígeno; los hidrocarburos causan dolores de cabeza y somnolencia, y limitan la capacidad de las plantas para realizar la fotosíntesis al aumentar el contenido de ozono en la atmósfera; los óxidos de nitrógeno han sido asociados con serias irritaciones del sistema respiratorio como bronquitis y asma.

Ford de Brasil, llevó a cabo pruebas para comparar las emisiones de dos grupos de vehículos Escort: uno preparado para exportación al mercado sueco, y otro preparado para la venta en el mercado interno brasileño. Los vehículos preparados para exportación a Suecia, debían cumplir con rigurosas leyes y regulaciones para el control de la contaminación vigentes en Suecia, por ello fueron equipados con costosos equipos especiales para controlar las emisiones contaminantes (convertidores catalíticos); estos vehículos fueron probados utilizando la gasolina estándar de Suecia. Los vehículos que serían vendidos normalmente en el mercado brasileño, se probaron con un combustible que contenía etanol anhidro en una proporción del 22%.

Los resultados mostraron que aún cuando los vehículos para exportación tenían la ventaja de estar equipados con convertidores catalíticos, las -- emisiones provenientes de los vehículos para mercado interno eran significativamente menores gracias al uso de la gasolina brasileña con etanol: 43% menos CO; 24% menos HC; y 21% menos NOx.

Además de no encontrar plomo en los autos -- brasileños, otras investigaciones revelaron otro -- hecho importante: los hidrocarburos provenientes de la combustión del etanol no son activos, por lo que no incrementan la cantidad de ozono.

El único potencial negativo para el etanol, -- fué la gran cantidad de aldehidos provenientes de -- los escapes de los autos. Los aldehidos han sido -- asociados con el cáncer en pruebas con ratas, sin -- embargo, las investigaciones llevadas a cabo en Bra -- sil no han podido determinar si estas emisiones de aldehido son lo suficientemente grandes como para -- amenazar la salud. Sean o no amenazantes, los alde -- hidos se pueden eliminar del etanol a través de co -- nocidos métodos de destilación.

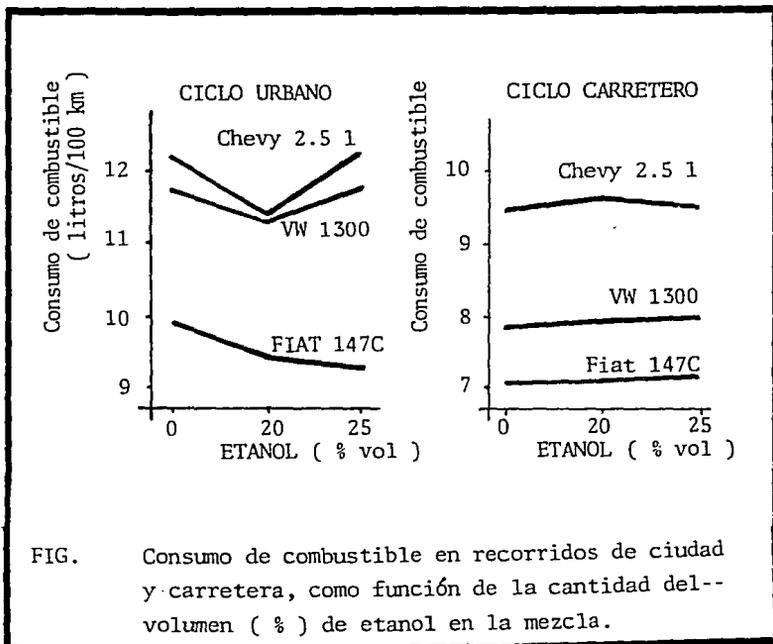
EFICIENCIA DE LA MEZCLA COMBUSTIBLE.

El Centro de Investigación y Desarrollo de -- Petrobras, trató de estimar los porcentajes óptimos de etanol a ser agregados a la gasolina, con el ob -- jeto de lograr mayores niveles de eficiencia de los motores.

Las pruebas fueron conducidas en tres tipos -

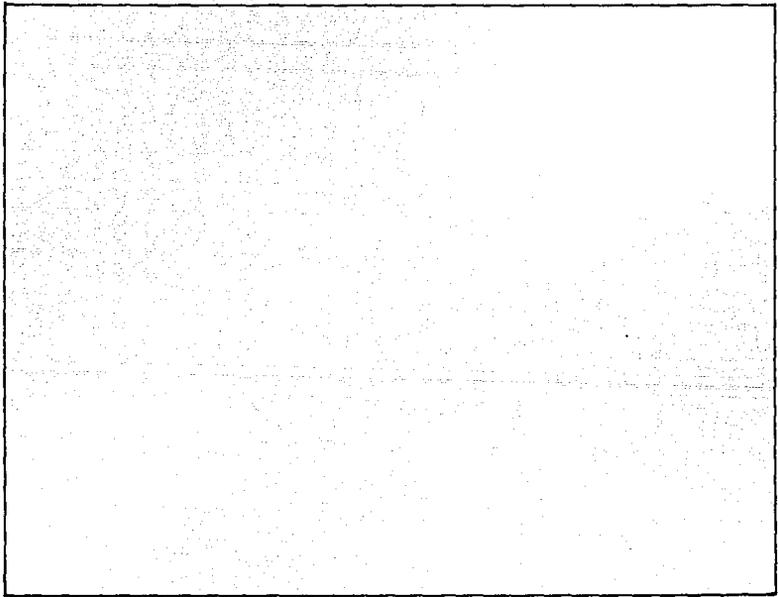
de vehículos: Chevrolet Opala (2.5 litros), Volkswagen Sedan 1300, y Fiat 147-C. Grupos de estos tres vehículos fueron sometidos a pruebas urbanas y de carretera utilizando mezclas de combustible con proporciones variables de etanol. Se debe aclarar que la prueba estaba encaminada a determinar la proporción óptima de etanol en el combustible toda vez -- que no se requiriera modificación alguna en los -- vehículos.

Los resultados mostraron reducciones significativas en el consumo de combustible con el uso de etanol en ciclos urbanos, y prácticamente ningún -- cambio en el consumo carretera comparando contra el consumo de gasolina estándar.



En las proporciones estudiadas, nunca se detectaron problemas en términos de encendido en frío y capacidad de aceleración para ninguno de los porcentajes de etanol considerados. Todos los vehículos estaban equipados con dispositivos para encendido en frío con gasolina.

PRODUCCION DE ETANOL
TECNOLOGIA BRASILEÑA



El Programa Nacional de Alcohol en Brasil, - (Proalcool) fue creado en 1975, con miras a la emancipación energética del país, principalmente a la - sustitución del petróleo; además, otros factores - han intervenido en esta creación, como por ejemplo la coyuntura azucarera internacional y sus posibles reflejos sobre el parque agroindustrial cañero nacional.

El alcohol producido antes del programa, resultaba en un subproducto de la actividad azucarera en virtud del carácter que revestía su producción, nada más del aprovechamiento de un residuo de la -- producción azucarera.

En el transcurso de la creación del Proalcool la situación se alteró profundamente; en el año en -

que el programa fue creado, la producción de alcohol era de 555 mil metros cúbicos, casi todo obtenido - mediante el aprovechamiento de la miel residual. -- Solamente 2 años después, en la zafra 1977/78, aparece el alcohol directo, a partir de la caña de azúcar, y hoy aproximadamente 65% de la caña de azúcar molida es para la producción del alcohol directo -- que equivale aproximadamente a 11 millones de metros cúbicos.

Otro factor que colaboró para convertir al alcohol en un producto noble, fue la diferencia de precio entre el alcohol y el azúcar producidos estimulando así la producción del alcohol en detrimento del azúcar.

Paralelamente con el desarrollo del Proalcool surgió la práctica de la rotación de cultivos con el sembradío de cereales en las áreas de renovación de los cañaverales (20% del total), así como han sido desarrolladas nuevas tecnologías que propiciaron -- una mayor eficiencia industrial, además del aprovechamiento de subproductos, disminuyendo así los costos de producción.

1. Período

En Brasil se destacan dos regiones cañaverales con zafras en distintos períodos debido a la situación climática de estas regiones:

- Centro-Sur Junio a Noviembre (65% de la producción)
- Norte-Noreste Agosto a Abril (35% de la producción)

2. Ciclo de la Caña

- Caña Plantada: 18 meses (plantío-Enero a Marzo)
- Caña del año: 12 meses (plantío-Septiembre a Octubre)

3. Variedades

Prevalecen actualmente las precoces y medianas en cuanto a sus maduraciones.

4. Características de la Caña de Azúcar.

- Los rendimientos agrícolas varían de 50 a 100 --- ton/ha, siendo que los mejores rendimientos son logrados en el centro-sur.
- Las cañas pueden alcanzar hasta 180 kilogramos de azúcar por tonelada, siendo que en el noreste, debido al clima, logran valores aún más altos.
- Las fibras en la región centro-sur varían entre 11.5 a 12.5, en el norte-noreste alcanzan hasta el 17%.
- En cuanto a la cantidad del jugo por tonelada de caña tenemos en promedio 750 litros.

5. Operaciones Agrícolas

Nuestras cañas alcanzan un promedio de 4 cortes y cuando ocurre la erradicación de la caña (último corte), enseguida se apila la pala, quemándola, entonces se hace: se ara o se hace gradaje pesada, subsolaje, gradaje leve y curvas de niveles preparando el terreno para el nuevo cultivo (20% del --- área de caña).

Es en esta etapa que sembramos los cereales (granos) que son cultivos de ciclo corto y permiten la rotación con la caña sin estorbar el sembradío.

En cuanto a las operaciones agrícolas destacamos aún la aplicación de la vinaza en la soja de la caña como fertirrigación que, además de rica en potasio, aún propicia una irrigación en el período de sequía lo cual beneficia el brote de la raíz de la caña.

En cuanto el sembradío de caña destacamos la aplicación de cachaza rica en materia orgánica, la cual viene a mejorar las propiedades físicas del suelo así como elevar la humedad del mismo.

Normalmente las semillas para el sembradío son tratadas contra raquitismo, mosaico, etc., permitiendo así un cambio saludable y vigoroso.

El surco es hecho a una profundidad de 20 a 30 cm, con espacios de 1.30 m a 1.45 m y a una cobertura de surco de 8 cm.

Destacamos que las operaciones agrícolas son hechas por tractores (máquinas) que utilizan alcohol (70% del total).

6. Corte de Caña

Se quema toda la caña para el corte, siendo que el corte manual alcanza un promedio de 6 ton hombre/día - 8 hrs y el mecánico de 30 ton máquina/hora.

Actualmente el corte manual responde por 85% del total.

7. Carga, Transporte, Evaluación de Calidad y Descarga.

La carga es hecha por grúas después de que la Caña esté apilada; se transporta en camiones que varían su capacidad de 16 ton a 30 ton.

Al llegar al ingenio, la caña es pesada y valuada por el sistema de pago de caña por el contenido de sacarosa, siendo posteriormente descargada por grúas, sistemas de hilos, etc.

En estas operaciones son usados camiones y cargadores que utilizan alcohol (90% del total de la flotilla), con consumo de un litro de alcohol/km.

8. Calidad de la Materia Prima

La caña "ideal" para la producción del alcohol debe de estar, en la época de cosecha, en su punto óptimo de madurez, ser "fresca" con el tiempo entre la quema y la molienda de un máximo de 24 horas y limpia, exenta de impurezas minerales y vegetales.

La caña no debe de estar contaminada por microorganismos, los cuales acostumbran adherirse a la misma a través del suelo cuando la caña está húmeda, contaminada por el agua del lavado de la caña o por el aire. La cantidad de microorganismos está en dependencia directa del sistema de corte, carga

y transporte, así como el tiempo transcurrido entre corte, transporte y molienda, además de la temperatura y humedad del aire.

Por tanto la eficiencia o la productividad en la fabricación del alcohol empieza por la calidad de la materia prima.

9. Mesas alimentadoras y lavado de caña

En la actualidad estamos adoptando la mesa alimentadora de 45° la cual propicia un mejor lavado de la caña y con menor cantidad de agua.

10. Preparado de la caña

Tenemos disponible en el mercado, varios tipos de desfibradoras, destacamos el Coper 5 el cual ha logrado niveles de preparación de la caña entre 80 a 90%.

11. Extracción del Jugo

Actualmente tenemos tecnología disponible para lograr, a través de las moliendas, hasta 97% de extracción y es lo que ocurre en las buenas industrias.

Además de las moliendas ya fueron implantados los primeros difusores, los cuales han proporcionado excelentes resultados con extracción de hasta 98%.

En las moliendas y difusores debemos de es--

tar siempre atentos para mantener una buena asepsia del equipo evitando así la proliferación de microorganismos para todo el proceso de la fabricación del alcohol y para esto acostumbramos usar agua -- caliente y compresión, lo cual satisface plenamente una buena asepsia.

12. Tratamiento del Jugo

Cuidado especial debe de ser tomado por las destilerías anexas a un ingenio de azúcar con relación al contenido de azufre en el jugo, el cual perjudica el rendimiento de la fermentación.

El tratamiento convencional consta del calentamiento hasta 105° C, adición de ácido fosfórico y cal (en caso de necesidad) y decantación (pH - antes de entrar en el decantador igual a 5.8).

13. Fermentación

Predomina la fermentación intermitente o ba telada la cual reutiliza el lavado en el proceso -- Melle-Boinot..

Varios son los factores que afectan la fermentación y enseguida pasamos a citar resumidamente los principales.

13.1. Calidad del Mosto

Son dos los tipos de mostos obtenidos: Mosto de Melaza y Mosto de Jugo, y tanto de uno como - de otro necesitamos conocer sus composiciones para

saber la necesidad de complementación de nutrientes durante la fermentación. Normalmente los mostos de jugo no tienen necesidad de complementación, pero -- los de melaza, por ser los más pobres en nutrientes, sí la necesitan.

Otros cuidados que debemos tomar son en cuanto a los contenidos de azufre (presencia de sulfitos en los mismos), pues a pesar de hacer asepsia en la materia prima a ser fermentada, perjudican el rendimiento fermentativo.

Debemos evitar también la caramelización del azúcar, así como impurezas minerales (tierra y arena), bagacillos, etc., que sirven para proteger las bacterias de biocidas, bactericidas, además de causar que se tapen y desgasten los equipos.

13.2. Infección

Los principales agentes son Aerobacter, Aerogénesis, bacterias encontradas en el suelo.

Leuconostoc, Mesenteroides y Dextranum, que producen el Destrana (cogarza) se originan de la materia prima que viene del campo, las molineras, equipos, etc., causando grandes pérdidas en el rendimiento de la fermentación.

Para combatir las infecciones, debemos tener una buena asepsia industrial (limpiar equipo periódicamente con agua caliente) además de usar tratamientos especiales en la fermentación como por ejem-

plo la penicilina ácida (pH hasta 2.5) de 50 a 200 g/100 m³ de la tina, con vistas a eliminar los cocos y micrococcus; para eliminar los bacilos lo ideal es bajar el pH a 1.8 durante el reposo de la levadura.

Las centrífugas hacen automáticamente una asepsia debido a las bacterias en forma de cocos que salen junto con la vinaza y por lo tanto son eliminadas del proceso.

13.3.1. De mosto

Cuando sea abajo de 26° C el fermento tiende a paralizar la fermentación. Cuando esté de 28° a 29° C podrá ocurrir un sobre calentamiento con pérdidas de alcohol por evaporación, baja del rendimiento alcohólico y el número de bacterias aumentará proporcionalmente con la temperatura hasta 40° C.

13.3.2. De la Fermentación

Lo ideal es ser constante del inicio al final, menor que 34° C y arriba de 30° C. En el caso de que la misma suba no se le debe dejar debido al choque térmico.

- Los factores que varían la temperatura son 3:
- 1° Cuanto más azúcar en el mosto mayor será la liberación de calor.
 - 2° Cuanto mayor el porcentaje de levadura mayor será la liberación de calor.
 - 3° Cuanto mayor la velocidad de alimentación mayor será la temperatura.

Las altas temperaturas aumentan las pérdidas

de alcohol por evaporación, acarrean la muerte del fermento y aumentan la población de bacterias.

13.4. Alimentación de las Tinas

Debe de ser basada en el A.R.T. (azúcar) y no en el brix (presencia de sales) del mosto; el A.R.T. es quien determina el brix que será alimentado.

13.5. Cantidad y Viabilidad del Fermento

La cantidad de fermento de la tina debe estar correlacionada con la viabilidad celular en la tina.

Cuanto mayor la cantidad del fermento, más rápida la fermentación, más estable el proceso, más fácil la recuperación de las infecciones, mayor rendimiento alcohólico, mayores serán los gastos con antiespumantes y mayores serán las temperaturas de la fermentación así como el área de refrigeración de las tinas.

La viabilidad celular es afectada cuando ocurren temperaturas mayores de 34° C y cuando aumentan las bacterias (bacilos), de ahí que necesitemos aumentar más ácido sulfúrico en el tratamiento derribando así la viabilidad celular.

13.6. Centrífugas (Separación del Fermento)

Se debe tener mucho cuidado con la centrifugación porque en esta etapa podremos perder grandes cantidades de fermento en caso de que las máquinas

no estén funcionando dentro de las normas técnicas y con normas adecuadas; se considera como ideal para una concentración de fermento en la vinaza fermentada de 12% una leche de levadura de 60% y pérdidas máximas de 0.5%.

13.7. Tratamiento de Fermento

Se adiciona agua en la tina juntamente con la leche de la levadura (37°C de centrífuga) con agitación constante y se completa el volumen adicionándose agua y ácidos juntos.

El tratamiento debe de ser de 3 a 4 hrs., pH de 2.5 a 3.0 (en caso de infección podremos bajarla para 1.5 a 1.8) y diluir 1:2.

13.8. Contenido Alcohólico en la Vinaza

Lo ideal es de 8.5 a 9.5, arriba de este grado sólo en caso de tinas cerradas.

Con un contenido de alcohol de 8% en la vinaza y con tinas abiertas y temperatura de 34°C, se pierde hasta 0.8% del alcohol producido; para contenidos mayores la pérdida puede alcanzar hasta 1.5 a 2.8%.

14. Destilación

Fundamentalmente el equipo para la producción del alcohol hidratado y anhidro es compuesto por 7 columnas; o sea:

- Columna "A" = Agotamiento de la vinaza
- Columna "A₁" = Depuración de la vinaza
- Columna "D" = Concentración de alcohol.

En esta etapa recibimos la vinaza (9 a 10° - INPM), destilamos y originamos la flegma (45° INPM) obteniéndose como residuo la vinaza (12 a 15 litros por litro de alcohol producido) que será distribuido en el campo en forma de fertirrigación.

En esta etapa se obtiene aún el alcohol de 2a. que retorna al proceso es retirado y redestilado por separado.

- Columna "B" = Rectificación
- Columna "B₁" = Agotamiento.

Obtenemos el alcohol hidratado (carburante) mayor o igual a 92.6° INPM, flegmasa (residuo) y el fúsel que es un subproducto vendido para las industrias químicas.

- Columna "C" = Deshidratación.
- Columna "P" = Debenzolge.

En esta etapa obtenemos el alcohol anhidro (mezclado en la gasolina para mejorar el octanaje en substitución del tetraetilo de plomo) mayor o igual a 99.3° INPM y para esto adicionamos benzol en la columna para que haya la separación de las diversas fases de la mezcla ternaria.

15. Nuevas Tecnologías.

15.1 Extracción: Molienda X Difusor

Actualmente tenemos tecnología para lograr, a través de las moliendas, una extracción de hasta 97%; a pesar de esto creemos que con la implantación de los primeros difusores en Brasil debemos mejorar aún más su ejecución en el sector de extracción logrando así mayor eficiencia con menores costos.

15.2. Fermentación Continua

Están instalados y en funcionamiento fermentadores continuos para destilerías de 120 hasta 750 m³/día con resultados satisfactorios.

Por los resultados obtenidos podemos observar que el rendimiento fermentativo es semejante al sistema discontinuo a pesar de presentar algunas -- ventajas y otras desventajas las cuales citaremos -- las principales, enseguida:

- Ventajas de la fermentación Continua
 - 1a. Opera con menor volumen de tinas (menos inversiones).
 - 2a. El control de la temperatura es más eficiente (no varía el volumen de tina - generación de calor constante).
 - 3a. Las soluciones de "Lay-Out" son más racionales y económicas.
 - 4a. Menor mano de obra necesaria para la opera---ción, y en general, se cometen menos errores, ya que hay menos maniobras a realizar.

- Desventajas Actuales
 - 1a. Mayor eficiencia a floculación del fermento y mucha más dificultad en eliminaria.

- 2a. Formación de dextrana (no es posible limpiar las tinas).
- 3a. Mayor consumo de ácido sulfúrico (floculación, pH menores).

- Perspectivas

En menos de 6 años de la implantación se consiguieron grandes avances, por ejemplo, el aumento de productividad.

Para volver a la fermentación continua, que es más económica que la fermentación discontinua, - algunos problemas deben de ser resueltos, como por ejemplo:

- a. Minimización de sólidos, no levadura, en la vinaza.
- b. Mejora de la agitación de las tinas.
- c. Minimización en el consumo de antiespumante.

15.3. Destilación

Nuevas columnas están siendo probadas y con éxito, podemos citar:

- a. Columnas speichim (francesa) de platos valvulados y tapa móvil con columna única y ellas consiguen mayor eficiencia con columnas menores y de menor -- costo.
- b. Columnas de relleno: anillos aleatorios.
- c. Columnas flegstil con agujeros elípticos.

Estas nuevas columnas proporcionan economía de vapor en relación al convencional.

Actualmente contamos también con el sistema biostil el cual opera la destilación con vinaza de alto grado, originando menor volumen de vinaza.

15.4. Aceite Fúsel

El no retirar aceites bajos y altos ocasiona pérdidas de etanol en la flegmaza, así como causa la contaminación del producto final.

Los factores promotores son las condiciones de fermentación desfavorables en cuanto a la nutrición nitrogenada, ocurriendo violenta autólisis enzimática de las proteínas de algunas células, generando AAs que son asimiladas por las levaduras. En la presencia de compuestos nitrogenados ocurre la inhibición del desdoblamiento de AAs por las levaduras.

Actualmente usamos dos tipos de decantadores para lavar el fúsel.

1. Decantador convencional: permite alcanzar valores alrededor de 65% de concentración en isoamílico más isobutílico.
2. Decantador horizontal de láminas paralelas (DHL) que permite alcanzar hasta 85% de concentración en isoamílico más isobutílico y reducción de etanol hasta 5%.

Además de los decantadores actualmente ya contamos con el fraccionamiento de aceite fúsel por destilación fraccionada, permitiendo la separación de los componentes existentes en el fúsel que sirven para la fabricación de resinas (urea, formaldehído).

do, acetona, etc.), diluyentes aditivos para fluidos hidráulicos y aceites lubricantes, disolución de parafina, etc.

16. Subproductos

16.1. Bagazo

Podríamos considerarlo como subproducto "noble" debido a su gran uso:

- a. Generación de energía térmica, mecánica y eléctrica en co-generación.
- b. Auto-hidrólisis (hidrólisis física) para raciones animales.
- c. En substitución a aceites BPF en calderas, industrias de jugos de naranja etc.
- d. Producción papel, furfural, etc.

16.2. Cachaza

Es un residuo orgánico mineral retenido en los filtros rotativos al vacío proveniente de la clarificación del jugo.

Produce de 20 a 40 Kg. por tonelada de caña molida, con una humedad de 75% y 70 a 80% de materia orgánica.

Su aplicación en su forma natural, 50 ton/ha en substitución al residuo del aceite de risino.

Composición:

- 75% de humedad
- 23% de materia orgánica
- 1 a 2% de mineral

so y usada para alimentación animal. Su producción alcanza de 20 a 40 g/litro de alcohol y es fuente -
protéica o vitamínica para los animales.

16.5. Ración Rumiante

Los 3 elementos básicos de esta ración son:

- a. Voluminoso (bagazo auto hidrolizado)
- b. Protéico (levadura seca)
- c. Energético (melaza)

A. El bagazo es obtenido en la molienda, 270 kh/T.C., siendo que el excedente de 10 a 15% es aprovechado por voluminoso el cual es obtenido por la hidrólisis física del bagazo, siendo de bajo costo y la digestibilidad se iguala al pasto.

Suministramos 8 kg/día para los animales.

Para transportar a largas distancias puede ser peletizado, quintuplicando su densidad.

B. La levadura seca es una fuente protéica o vitamínica y es producida en la proporción de 25 g/litro de alcohol pudiendo alcanzar a 40 g/litro.

Para los animales es suministrado 1 kg por cabeza.

C. La melaza es una fuente energética y se puede usar también en el jarabe y hasta el caldo.

Porción de cada componente.

Ración de matanza= Bastante voluminoso y menos energético y proteico.

Ración de crecimiento = Más cargada de proteí

16.3. Viñaza

Es un residuo de la destilación del alcohol, obtenido en la proporción de 12 a 15 litros de viñaza para cada litro de alcohol producido.

Su aplicación es hecha por camiones directamente en el campo en una proporción de $100 \text{ m}^3/\text{ha}$ -- (depende del suelo y de la composición de la viñaza) y es usada como fertirrigación en el período de zafra (que es seco), siendo que su principal elemento mineral es el potasio. Composición: Es rica en materia orgánica, sales minerales y potasio.

92 a 98% de agua

2 a 7% de materia orgánica

2 a 3% de minerales (20 a 40% de Ca y K)

Corrige pH del suelo

Empleo de la misma como subproducto.

- a. Alimentación animal
- b. Producción de gas metano -- biodigestor
- c. Fertirrigación (uso en su forma natural -- recuperando tierras de baja fertilidad).

Beneficios originados por el uso de la viñaza:

- a. Aprovechamiento de un producto que antes era -- agente impuro
- b. Reducción de los costos de producción
- c. Economía de divisas con abono -- Potasio

16.4. Fermento -- Levadura

Es obtenida a través de la sangría del proce

na.

Ración de engorda= Proteína, voluminoso y en gran escala energético.

Esta ración es producida en el período de seca cuando hay falta de pasto para los animales y -- con ella podemos producir carne o leche logrando -- una ganancia mínima de 1 Kg por día en el peso del animal.

Con esta ración toda empresa alcoholera puede ser considerada una central de lactación productora de carne en potencia.

16.6. Comentarios

Como podemos observar, actualmente hay un -- aprovechamiento total de los subproductos de la industria los cuales hasta hace poco tiempo causaban serias preocupaciones en relación al aspecto contaminación; hoy, además de no haber contaminación, con el uso de los subproductos conseguimos disminuir costos de producción del sector azucarero-alcoholero viabilizándolo definitivamente.

Hasta el agua del lavado de la caña puede -- ser aprovechada, pero mientras esto no ocurre, la misma es tratada y recuperada por la industria a -- través de circuito cerrado.

17. Conclusión

En los últimos años con la creación del Pro-

alcohol muchas regiones brasileñas tuvieron su desarrollo sustentado en la agroindustria cañera, que a la vez impulsó la producción de alimentos y granos en general. Además de atender parte de las necesidades energéticas del país, después de dos incrementos exorbitantes en los precios del petróleo, contribuye decisivamente para la alimentación de nuestra población. Con esto se formó el binomio de la energía, o sea, caña y alimentos, combustible para las máquinas y alimentos para el hombre.

Fue la caña de azúcar la impulsora del progreso de varias regiones, y también hizo nacer industrias subsidiarias en todas las ciudades, generando empleos, llevando mayor consumo para los comercios locales. En cuanto al enriquecimiento de la nación, el alcohol la ayudó efectivamente. De una inversión de 6,000 millones de dólares, el Proalcool ya economizó 9,000 millones de dólares en divisas, y empleó a casi un millón y medio de personas en todo el país.

En el área agrícola se debe destacar que hubo una gran mejoría en el salario real de los trabajadores, probando que el Proalcool promueve empleos, remunera mejor a sus trabajadores y cumple su función social, principalmente en el período de recesión que el país atravesó, donde el único sector productivo en pleno desarrollo fue el azucarero-alcoholero. Se dio empleo en el campo a los trabajadores metalúrgicos y a los de la construcción civil, desempleados por la sucesión de crisis económicas que el país sufrió. Además de esto, el alcohol mantuvo el empleo de millares de trabajadores metalúrgicos, porque Brasil pasó a usar los motores que --

utilizan combustible nacional y renovable.

Si el alcohol hidratado es utilizado hoy por más de 2 millones de vehículos (una sexta parte de la flota de autos del país), el alcohol anhidro es adicionado a la gasolina para elevar el octanaje y disminuir los índices de contaminación atmosférica. Los subproductos de esa industrialización son también generadores de divisas para la economía, sea por la fertirrigación de la viñaza o por la quema del excedente del bagazo moviendo otras industrias y sustituyendo el petróleo combustible.

Por lo expuesto anteriormente creemos que en el caso de que fuera a ser adoptado por otros países un programa similar al nuestro, podríamos conseguir para América Latina resultados positivos, como:

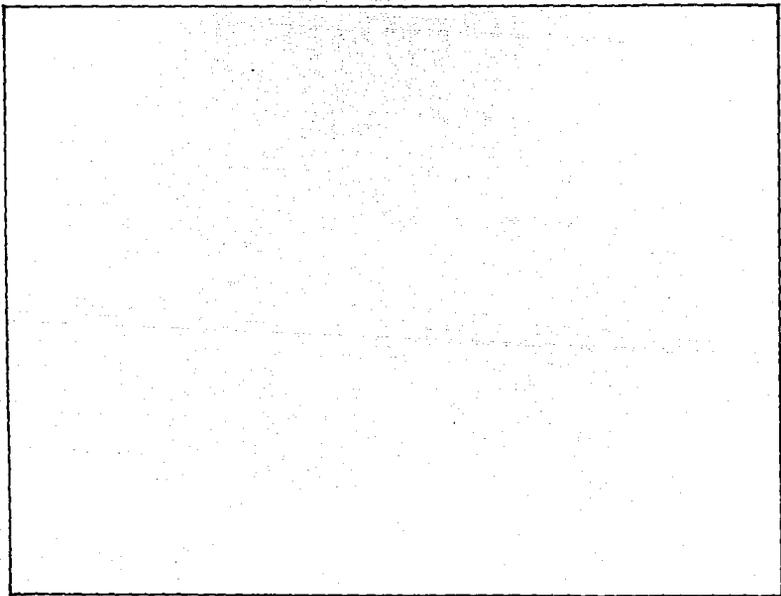
- a. Ayudaría a eliminar las existencias excedentarias de azúcar en el mercado mundial, principal causa de las bajas cotizaciones.
- b. Disminuiría los costos de producción de América Latina con el aprovechamiento del alcohol como subproducto.
- c. América Latina quedaría más independiente en cuanto a las necesidades energéticas, ahorrando divisas debido a la menor compra de petróleo.

Además de estos beneficios podríamos citar otros como: generación de empleos, desarrollo tecnológico en el campo con la adopción de nuevas técnicas, producción de alimentos, etc.

Con todos estos aspectos positivos sólo podemos concluir que éste es realmente un programa exi-

toso, el cual después de un análisis de las características de cada país y tomando en cuenta las diferencias, debería ser estudiado seriamente y adoptado como solución para los diversos problemas que --viene originando la crisis actual del sector.

CONCLUSIONES



El 99º Congreso de los Estados Unidos, en octubre de 1986, trató asuntos de vital importancia no solamente para los productores de etanol combustible en los Estados Unidos, sino también para la futura producción de etanol combustible en América Central, América del Sur, y en la Cuenca del Caribe. Por ejemplo, un intento por restringir la actual exención federal norteamericana al impuesto de consumo para combustibles mezclados de etanol-gasolina, fue rechazado. Al hacer esto, el congreso norteamericano afirmó su apoyo al etanol combustible como fuente de energía alternativa viable y ayuda a asegurar la vitalidad del mercado del etanol combustible en los Estados Unidos. Otros asuntos relacionados con el etanol combustible incluyeron la acción parlamentaria estadounidense para proteger la importación del etanol combustible de países de la Cuenca del Caribe, elimi-

nando lagunas que se aprovechaban en detrimento de los productores de etanol combustible de los Estados Unidos y la Cuenca del Caribe.

Como resultado de la fuerte posición que -- tiene el etanol combustible en los Estados Unidos como fuente de energía alterna-renovable, los sectores privados y gubernamentales de Centro y Sudamérica y la Cuenca del Caribe sin duda continuarán considerando el mercado del etanol combustible en los Estados Unidos como una buena salida para sus excedentes. Además, la regla administrativa está siendo considerada por una dependencia federal administrativa, la Agencia de Protección al Ambiente de E.U.A (EPA). Esta regla administrativa tiene por objeto restringir las emisiones de hidrocarburos evaporados de la gasolina, en un esfuerzo por reducir los niveles de ozono en el ambiente. La reactividad fotoquímica de las emisiones de hidrocarburos evaporados ocasionan un incremento en la formación de ozono, siendo el ozono un componente principal en la formación de smog.

En el presente, más de 50 áreas metropolitanas de los Estados Unidos tienen niveles de ozono en el ambiente que pronto constituirán una violación a los límites legales, fijados por la Ley Federal de Aire Limpio de los Estados Unidos. Estas áreas metropolitanas deben cumplir el ordenamiento para el 31 de diciembre de 1987, sujetándose a las normas de ozono en el aire ambiental establecidas por la Ley Federal de Aire Limpio. Aunque el límite estatutario del 31 de diciembre de 1988 fue fijado por el congreso de los Estados Unidos, éste -

ha delegado a la Agencia de Protección del Ambiente de E.U.A., la autorización para promulgar reglas administrativas, con fuerza de ley después de que sean emitidas, para asegurar el cumplimiento de la fecha límite.

Una de las razones de que las áreas metropolitanas norteamericanas no cumplan con la norma -- del ozono en el aire ambiental son las emisiones e vaporadas de la gasolina. Se menciona este fenómeno como volatilidad de la gasolina; en otras palabras, simplemente significa la propensión de la gasolina para evaporarse, y se evapora a todo lo largo de su cadena de distribución desde la refinería hasta el almacén y la entrega; lo que preocupa a los productores de etanol combustible es la probabilidad de que la Agencia de Protección al Ambiente de E.U.A., regule la evaporación de gasolina a partir de los sistemas de combustible de los vehículos de motor. De hecho, es muy probable que la Agencia emita un reglamento administrativo que indique reducciones en las emisiones de gasolina evaporativa; es decir, que reduzcan la volatilidad de gasolina, Estos mismos intereses sin duda seguirán tomando en consideración la existencia esperada a largo plazo del mercado norteamericano para el etanol combustible y decidirán acrecentar su propia producción de etanol combustible como medio para fortalecer la vitalidad económica de las industrias azucarera y agrícola dentro de sus propios países.

Debido a la naturaleza misma del comercio internacional, siempre habrá algunos casos en que

las acciones legislativas y regulatorias en los Estados Unidos afecten a los productores norteamericanos y no-norteamericanos en forma diferente. Al igual que la mayoría de los mercados en los Estados Unidos, el mercado de etanol combustible puede nunca escapar del todo a las tensiones inherentes a los asuntos de la balanza comercial. Sin embargo, muchas veces las acciones regulatorias y legislativas estadounidenses que involucran al mercado norteamericano del etanol combustible, tienen efectos idénticos en los productores norteamericanos y en los no-norteamericanos de etanol combustible. En estos casos, los productores de etanol de los Estados Unidos, de Centro y Sudamérica, y del área del Caribe, deben tomar medidas conjuntas y consistentes que beneficien los intereses comunes para la producción de etanol.

Por lo tanto, los gobiernos y los productores de etanol combustible de México, Centro y Sudamérica y la Cuenca del Caribe, deben involucrarse substancialmente en dos acontecimientos vitalmente importantes, que tendrán un prolongado impacto en el mercado de etanol combustible de los Estados Unidos y en estas regiones durante los próximos años. Las dos cuestiones son éstas: primero, una regla administrativa que será promulgada por una dependencia del gobierno de los Estados Unidos; y en segundo lugar, una posible medida del estado de Colorado para requerir por ley el uso de combustibles oxigenados, incluyendo mezclas de etanol-gasolina, en los automóviles de ese Estado.

La regla administrativa pendiente descrita

abajo constituye una verdadera amenaza para la futura existencia de etanol combustible como competente de la mezcla de gasolina.

Desde 1978, cuando la Agencia permitió el uso de etanol como material de mezcla con la gasolina, los resultantes combustibles mezclados de etanol y gasolina no se vieron afectados por restricciones a la volatilidad. El significado de no imponer controles de volatilidad a los combustibles mezclados de etanol y gasolina, no puede ser sobrestimado con respecto al desarrollo del mercado de etanol combustible en los Estados Unidos. Debido a que la adición de etanol a la gasolina, aumenta ligeramente la volatilidad de la mezcla resultante, en comparación con una gasolina pura de hidrocarburo no mezclada, el mercado del etanol-gasolina hubieran tenido que satisfacer el requisito de las normas de volatilidad fijados para la gasolina pura de hidrocarburo.

Existe otra posibilidad cuando la Agencia de Protección al Ambiente proponga el reglamento sobre la volatilidad a todas las gasolinas, incluyendo las mezclas de etanol-gasolina. Si tales regulaciones generales se imponen, se necesitará que las refinerías de gasolina produzcan grados de gasolina de poca volatilidad, especiales para mezclarlos con etanol, a fin de poder cumplir con la norma de volatilidad. Este es un esquema de producción que los refinadores norteamericanos de gasolina han asegurado a los productos norteamericanos de etanol que no se concretará, debido a los prohibitivos impedimentos económicos y logísticos asociados con la producción de estos nuevos grados.

Existen varias razones por la que los refinadores de gasolina han indicado que no fabricarán grados subvolátiles de gasolina para mezclarla con etanol; destacan entre estas razones el hecho de que sería más costosa. Para reducir la volatilidad de la gasolina es probable que un refinador reduzca el contenido de butano de la gasolina, el hidrocarburo más volátil componente de la gasolina. Debido a que el butano es también uno de los hidrocarburos menos costosos componentes de la gasolina, el butano sería reemplazado por hidrocarburos componentes más costosos aumentando así el costo general de producción. Otro impedimento económico significativo que confronta un refinador es: que la manufactura de nuevos grados de gasolina subvolátil requeriría adicional capacidad de almacenamiento en la refinería. En la mayoría de los casos, la capacidad de almacenamiento no existe ahora; por lo tanto, requeriría de una importante erogación de capital para implementarse.

Aunque los refinadores de gasolina estuvieran dispuestos a erogar dinero y fueran logísticamente capaces de crear los grados adicionales de gasolina subvolátil, los impedimentos logísticos asociados con la distribución de estos grados adicionales de gasolina por los sistemas de oleoductos petroleros norteamericanos son insalvables en este momento, ni en un futuro previsible. Debido a que los nuevos grados de gasolina subvolátiles no serían intercambiables con otros grados de gasolina, tendrían que ser segregados en oleoductos, en terminales de distribución y en puntos de salida de los oleoductos. Nuevamente, los gastos de capital

necesarios para facilitar este esquema de distribución no podrían justificar económicamente la distribución de grados de gasolina subvolátil.

Las conclusiones que aparecen arriba se basan en meras suposiciones. A continuación se dan a conocer algunas declaraciones de varios refinadores de gasolina y clientes de etanol combustible - en los Estados Unidos.

"Las normas generales de volatilidad requerirían de sistemas separados de manufactura, almacenamiento y distribución para mezclar gasolina base de volatilidad ajustada con etanol. Tal acción nos obligaría a abandonar el uso de etanol".

- Citgo Petroleum Corporation.

"Las normas generales de volatilidad eliminarían efectivamente el uso de etanol en muchas zonas del mercado al requerir gasolina especial para mezclarla con etanol".

- Texaco.

"Creemos que la industria de etanol doméstico de grados de combustible estaría condenada al fracaso por los controles de volatilidad".

- Ashland Oil.

"No hay capacidad de almacenamiento disponible, ni la habrá por un tiempo razonable para producción adicional en el sistema de distribución".

- Total Petroleum.

"Podría matar al etanol".

- Marathon Oil Company.

Se podría señalar que en los Estados Unidos, los productores de etanol combustible no refinan ni distribuyen gasolina, solamente producen etanol; por lo tanto, las restricciones económicas y técnicas que serían impuestas sobre los refinadores de gasolina y distribuidores por controles de volatilidad generales, están totalmente fuera del control de los productores norteamericanos de etanol combustible. Si los refinadores de gasolina se niegan a manufacturar grados subvolátiles de gasolina y las compañías de oleoductos petroleros se niegan a distribuir grados subvolátiles de gasolina, no hay nada que puedan hacer los productos de combustibles norteamericanos para remediar tal situación. Así, la única conclusión a que puede llegarse respecto al uso futuro del etanol como material de mezcla con gasolina, si se imponen controles generales de volatilidad del combustible, es que no habrá tal futuro. Los combustibles mezclados de etanol-gasolina dejarán de existir en los Estados Unidos si se imponen controles generales de volatilidad a todas las gasolinas.

Como se puede imaginar en vista de la terrible naturaleza de esta situación que se registra en los Estados Unidos, los productores norteamericanos de etanol combustible están haciendo esfuerzos por convencer a la Agencia de Protección del Ambiente, a que tome medidas regulatorias que no lleguen a controles generales de volatilidad, a fin de no quitar su negocio a los productores nor-

teamericanos de etanol combustible. Como se expresó antes, en muchos casos lo que es bueno o malo para los productores norteamericanos de etanol combustible también será bueno o malo para los productores de etanol combustible no-norteamericanos. Sin duda este es el caso en la presente situación. Pues así como dejaría de existir el mercado de etanol combustible para los productores norteamericanos, en el caso de haber controles de volatilidad, también dejaría de existir para el etanol combustible exportado a los Estados Unidos de Centro y Sudamérica, y de la Cuenca del Caribe.

Se cree muy conveniente que los gobiernos y productores de etanol combustible en Centro y Sudamérica y de la cuenca del Caribe, hagan esfuerzos por convencer a la Agencia de Protección del Ambiente para que no emita un reglamento administrativo que los perjudique económicamente. Muchos gobiernos y compañías privadas de estos países consideran el mercado del etanol combustible norteamericano como una salida para su producción excedente de etanol combustible. Muchos gobiernos y compañías privadas están contando con la existencia del mercado norteamericano para etanol combustible, en la elaboración de planes para desarrollar su propia capacidad de producción de etanol combustible. Estas preocupaciones deben ser dadas a conocer a la Agencia de Protección del Ambiente.

Además, otras dependencias del Gobierno norteamericano pueden acoger bien tales mensajes y se puede buscar su ayuda en los esfuerzos por convencer a la Agencia de que llegue a una decisión que

no perjudique a los productores no-norteamericanos de etanol combustible. El Departamento de Estado de los Estados Unidos está al tanto del hecho de que el etanol combustible derivado de las industrias azucareras extremadamente importantes en otros países, es de considerable valor para las economías nacionales de Centro y Sudamérica y la Cuenca del Caribe. Pedir al Departamento de Estado norteamericano que informe a la Agencia de Protección del Ambiente de estos importantes intereses, podría ayudar mucho en el esfuerzo por asegurar que ésta tome la decisión apropiada respecto a los intereses de los productores de etanol combustible norteamericanos y no-norteamericanos.

La Agencia de Protección del Ambiente de E.U.A. ha declarado públicamente que el ozono es problema de salud más serio relacionado con la contaminación del ambiente en los Estados Unidos. Por esta razón, el principal funcionario gubernamental estadounidense a cargo de desarrollar el reglamento administrativo que regule a la volatilidad de la gasolina, declaró recientemente que "tenemos que actuar, y vamos a actuar". Los gobiernos y los productores de etanol combustible de Centro y Sudamérica y la Cuenca del Caribe deben dar a conocer sus intereses al Gobierno de los Estados Unidos, antes de que éste tome una decisión final que los pueda perjudicar.

El segundo acontecimiento importante que afecta el futuro del etanol combustible es la posibilidad de que es estado de Colorado apruebe una legislación que ordene el uso de combustibles oxi-

genados, incluyendo mezclas de etanol-gasolina, para reducir los altos niveles de monóxido de carbono que contribuyen a la formación de smog en el área montañosa de Colorado en las Montañas Rocallosas, región que incluye el área metropolitana de la ciudad de Denver. Así como la Ley federal de Aire Limpio de E.U.A. impone a las áreas metropolitanas de los Estados Unidos el cumplir con las normas de ozono en el aire ambiental. Para el 31 de diciembre de 1988, así esta misma Ley requiere que las áreas metropolitanas de los Estados Unidos cumplan con los niveles de monóxido de carbono en el aire ambiental en esa misma fecha. Para cumplir con esta ley, el estado de Colorado ha determinado que tendrán que aplicarse nuevas medidas de control de la contaminación para alcanzar las necesarias reducciones en los niveles de monóxido de carbono.

Un estudio realizado en 1985 por el Departamento de Salud de Colorado demostró que el uso de combustibles mezclados de etanol y gasolina redujo las emisiones de escape de monóxido de carbono del 24% al 34%, dependiendo del tipo de equipo de control de emisiones del automóvil. Proyecciones del Departamento de Salud de Colorado que suponen el uso de mezclas de etanol por el 50% de la flota de vehículos que consumen gasolina en Colorado, indican una reducción del 8% en los niveles de monóxido de carbono. Por esta razón, el Departamento de Salud de Colorado apoya el uso de combustibles mezclados de etanol y gasolina como parte de la estrategia de reducción del nivel de monóxido de carbono en Colorado.

El área metropolitana de Denver tiene un -- grave problema de monóxido de carbono en gran parte debido a su ubicación a una mayor altura que -- otras áreas metropolitanas comparables de los Estados Unidos. Si bien la latitud de Denver y su relacionado problema del monóxido de carbono puede -- no parecerse al de otras áreas metropolitanas norteamericanas, no es diferente al de varias zonas -- fuera de los Estados Unidos, en México, Centro y -- Sudamérica y en particular al de la Ciudad de México. Los beneficios ambientales obtenidos por el -- Estado de Colorado al ordenar el uso de combustibles oxigenados, incluyendo mezclas de etanol-gasolina, podrían del mismo modo resultar benéficos para las áreas metropolitanas de México ubicadas a -- gran altura, y otras similares en Centro y Sudamérica que luchan por superar problemas ambientales parecidos.

Por esta razón los gobiernos y las industrias de etanol combustible de esos países, en el grado que les sea posible, deben explotar la posibilidad de expandir la producción de etanol combustible. Si los combustibles mezcla de etanol y gasolina son efectivos para reducir la contaminación del aire con monóxido de carbono, como lo han demostrado las investigaciones realizadas por el estado de Colorado, los beneficios que podría obtener un país o región impulsando un vigoroso programa de combustible de etanol y gasolina, serían --- enormes.

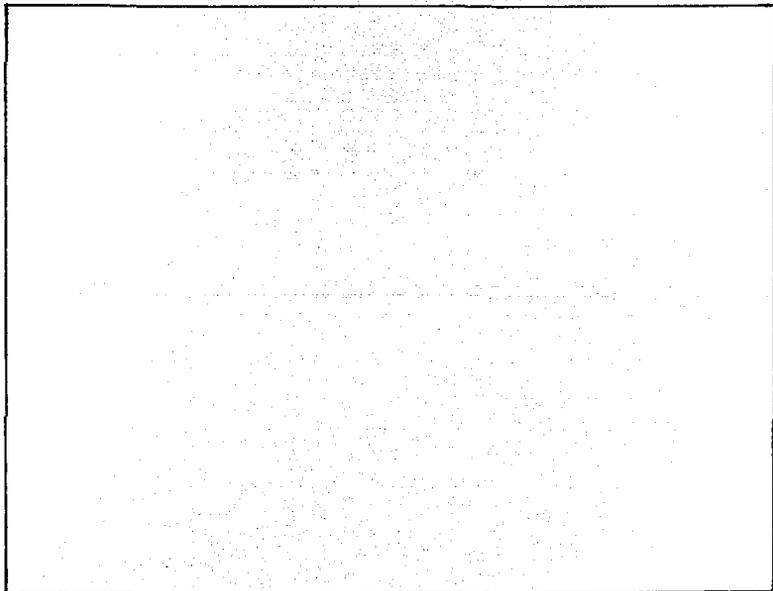
Por ejemplo, como ocurre en los Estados Unidos, son substanciales los beneficios económicos --

que perciben los sectores productores de los ingredientes usados en la producción de etanol. En la mayoría de los casos en México, Centro y Sudamérica, los sectores más beneficiados con el suministro de ingredientes para la producción de etanol serían los sectores azucarero y agrícola. Los beneficios económicos asociados con el empleo, la producción y distribución, así como los beneficios ambientales registrados al disminuir la contaminación, y los beneficios de seguridad nacional derivados de utilizar un combustible renovable, son significativos y deben ser tomados en cuenta.

Por lo tanto se debe exhortar a funcionarios gubernamentales y a los productores de etanol en México, Centro y Sudamérica a seguir de cerca y examinar los esfuerzos que está realizando el estado de Colorado para determinar el grado en que los combustibles mezclados de etanol y gasolina pueden aliviar los problemas de contaminación en el área de las Montañas Rocallosas de Colorado. Las posibilidades de aplicar esta misma estrategia en sus países son enormes.

Estos acontecimientos de significación para el ambiente que afectan al etanol combustible, podrían tener un importante impacto en los gobiernos y los productores de etanol combustible de México, Centro y Sudamérica.

BIBLIOGRAFIA



- 1) Abreu R.S. y Ferreria A.F. "Desenvolvimiento de onibus urbanos Mercedes-Benz movidos a gas natural". IV Simposio de engenharia automotiva. 1987. Sao Paulo Brasil.
- 2) Abreu R.S. "Desenvolvimiento de motor para uso de biogás e gás natural comprimido". III Simposio de engenharia automotiva. 1985, Sao Paulo, Brasil.
- 3) Altshuller A.P. "Effect of reduced use of lead in gasoline on vehicle emissions and photochemical peactivity". U.S. Environmental Protection Agency. 1982.
- 4) Allen R.L. "Future prospects of unconventional fuels for road transport". Shell International Petroleum Co, Ltd. 1982. London, England.
- 5) American Petroleum Institute. "Alcohols, A Technical assesment of their application as fuels". API Publications, Nr 4261, 1986.
- 6) Azevedo A.H. e Oliveira M.H. "Atuacao do sistema BNDES no sector de transporte urbano" Revista dos transportes públicos - ANTP - año 10 no. 37 - 1987. Sao Paulo, Brasil.
- 7) Bandol Ventura M.L. "Problems in adapting ethanol fuels to the requerements of diesel engines". IV International Symposium on Alcohol Fuels Techonology 1980. Guarujá, Brasil.
- 8) Barta, Josef. "Questao Institucional e financiamentos dos transportes no Brasil". Cuadernos Fundap. 1986. Sao Paulo, Brasil.
- 9) Berglind G.R. and Richardson J.G. "Design for a small acale fuel alcohol plant". CEP. August. 1982.
- 10) Bernhardt "Future fuels and mixture preparation methods for spark ignition automobile engines". Prog. Energy Combust. Sci, vol 3. pp 138-150. 1977.
- 11) Bravo H.A. y Torres R.J. "Problemas ambientales originados por el uso de los derivados del petróleo y gas natural". Simposio: Energía y Medio Ambiente 1984. FAc. Ingeniería UNAM - México.
- 12) Bravo H.A. et al: "Contaminación Atmosferica por fuente móviles en la Ciudad de México". Tercer encuentro iberoamericano sobre la ciudad. Jornada Técnicas sobre medio ambiente. Julio 1987. México.
- 13) Black. C., "Distillation Modeling of Ethanol Recovery and Dehydration precesses for Ethanol and Gasohol, CEP 1980.

- 14) Bignon J. et al. "Effets des polluants automobiles sur la santé" Note de information No. 23, IRT 1982. BRON, France.
- 15) Brinco, R. "Transporte Urbano en Questao", Fundacao de Economia e Estatistica da Secretaria de Coordinación e Planejamento. 1985. Brasil.
- 16) Businger F.V.M. "Reordenamiento institucional nos transportes públicos". Revista dos Transportes Públicos - ANTP Año 10 - No. 37, 1987. Brasil.
- 17) Cossio S.f.: "Nuevos Combustibles y los productos de su combustión". Tercer encuentro iberoamericano sobre la Ciudad Jornada Técnicas sobre medio ambiente. Julio 1987. México
- 18) Degobert P., Delsey J.: "Reduction des émissions des moteurs diesel". Congreso Enclair 86. 1986. Taormina Italia.
- 19) De la Riva F.: "Perspectivas de exportación de alcohol para los Estados Unidos" SIAB, 1984. Washington D.C. U.S.A.
- 20) Delsey J.: "Emission des moteurs diesel formation des particules, techniques de depuration". INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE SORLES TRANSPORTS ET LEUR SECURITE. 1987. Bron, France.
- 21) Delsey J.: "LA POLLUTION DUE AUX MOYENS DE TRANSPORTS" INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE DES TRANSPORTS. 1979. PARIS, FRANCE.
- 22) Echaque M-V.G.: "Un indice de contaminación atmosférico para áreas urbanas" Tercer encuentro iberoamericano sobre la Ciudad. Jornadas Técnicas sobre medio ambiente. Julio 1987. México.
- 23) Effect of Hydrocarbon and NO on Photochemical smog Formation under simulated transport conditions" Journal of the air, 1985.
- 24) Elichegaray C.: La part des transports dans le cycle de NO, colloque "Pollution de l'air par les transports" Paris France, Juin 1987.
- 25) EMIU.: "Programa de utilizacao de alcohol etílico hidratado aditivado transporte público de passageiros na viegiao metropolitana de Sao Paulo". 1980. Sao Paulo, March.
- 26) Fahlander S. and Walde N.: "Ethanol fuels with ignition improver for turbo charged diesel engines" International Symposium on alcohol fuels Oct. 1980. Guarúja Brasil.
- 27) Fagnani Eduardo. Financiamento do transporte coletivo urbano no Brasil. Cuadernos Fundap. 1986. Sao Paulo Brasil.

- 28) GEPLACEA "La agroindustria de la caña de azúcar en América latina y el Caribe". Grupo de países latinoamericanos y del Caribe exportadores de azúcar; 1986. México.
- 29) HARAGOPALA, B.R. "Alcohols as auxiliary fuels for Diesel Engines". Alternative Energy Sources. Banaras Hindu University. 1984. Banaras, India.
- 30) Harrington, J.A. and Pilon R.M., "Combustion and Emission characteristics of Methanol". S.A.E., paper 85 0420. 1985.
- 31) Hooks, R.W. et al "Development in automotive fuels" 2nd. international symposium on alcohols fuels technology. 1977. Wolfsburg, East Germany,
- 32) Hardenberg H.O. and Achaefer A.J. "The use of ethanol as fuel for compression ignition engines" SAE Technical Papers No. 811211, 1981. Pennsylvania U.S.A.
- 33) Hartel Georg. "Preparation of ethanol-water mixtures for use in internal combustion engines and fuel cells". Energy Progress. Vol. 3, No. 2, pp.114, June 1983.
- 34) Hirako Y and Ohta. M. "Effect of Lean premixture on the combustion diesel engine". Bol. JSME, Vol. 10, No. 101. 1973.
- 35) Instituto Mexicano del Petróleo, "Comportamiento de las nuevas Gasolinas Plus de Petroleos Mexicanos" IMP, 1987. México.
- 36) Joumard R. et Delsey J. "Methodes et technologies de depollution des transports Routiers". INRETS, 1987. Bron, France.
- 37) Jessen Werner. "Combustivos Alternativos". Mercedes-Benz do Brasil, S.A. Gurajá, SP. 1978, Brasil.
- 38) Joumard R. "Influence of speed limits on roads and motorways on pollution emissions, SCI total Environ, 59, 1987.
- 39) Kirk - Othmer, "Encyclopedia of chemical Technology" John Wiley and Sons. 1966. London, England.
- 40) Kampen W.H. "Engines run well on alcohol". Hydrocarbon Progress. 1980 February pp 72-75.
- 41) Kothari, S.P. Patel, P.S., Economics of Biomass Derived Alcohol application in fuel cells", Energy Progress, 2, No. 3, 168, 1982.
- 42) Leeper S.A. Wankat P.C., "Gasohol Production by extraction of Ethanol from water using gasoline as solvent". IBC Progress Develop (1982).

- 43) Madeiros S.A. "ELKO álbase de oleos vegetais, odera ser pro
duzido pela Garavello", Gazeta Mercantil. 14-8-1987. Sao
Paulo Brasil.
- 44) Mercedes-Benz de Brasil, S.A. "Gás rico em metano como com-
bustível em onibus urbano". IV Congresso nacional de trans-
porte público 1984. CURITABA BRASIL.
- 45) Mercedes-Benz do Brasil, S.A. "O alcohol aditivado com moto-
res do ciclo diesel" Mercedes Bens do Brasil. 1983 Sao Paulo
Brasil.
- 46) Mercedes-Benz do Brasil, S.A. "Pesquisa e desenvolvimento de
motores otto a álcool para veiculos comerciais" Mercedes
Benz do Brasil. 1983. Rio Janeiro. Brasil.
- 47) Mischke, a. e outros - The Mercedes Benz alcohol gas engine
M 407 HGO. V - ISAFT, 1983, Auchland, Nova Zelandia.
- 48) Matsuno, M et al : Alcohol Engine Emission, Emphasis Ori-
gulated Compounds; 3rd. International Symposium on Alcohol
Fuels Technology. May 1979. California U.S.A.
- 49) Mercedes-Benz do Brasil S. A. "Custos operacionais compara-
tivos" Mercedes-Benz do Brasil, 1983 Rio de Janeiro Brasil
- 50) Nanni, H. e outros - "New developmets in multifuel capabi-
lity of diesel engines through use of glowplugs". S.A.E.
1984.
- 51) Osorio C. I. "Transporte público No contaminante" Tercer
encuentro iberoamericano sobre la ciudad. Jornada Técnicas
sobre medio ambiente. Julio 1987. México.
- 52) Pagan C.J., Reis A.R., Ventura L.M. "Pesquisa e desenvol-
vimento de Motores OTIO Mercedes-Benz para veiculos comer-
ciais" Mercedes BENZ de Brasil, S.A. 1984. Sao Paulo Brasil.
- 53) Perkins H.C., "Air pollution" McGraw - Hill, 1982 Kogakusha.
- 54) Perry, J.H., "Chemical Engineer's Hand Book", MacGraw Hill
Book Co,
- 55) Pollart D and Mitchell E. "Evaporative index and the Dupont
waiver "Washington D.C. 1985.
- 56) Porter, K.C. and Wiebe, R., "Alcohol as an antiknock agent
in automotive engines". Ind. Eng. Ahem. 44, no. 5, 1952.
- 57) Rivero N. "Ethanol production in Latin America and the Ca-
ribbean, Washington D.C. 1985.
- 58) Riveo Nicolas, "Sintesis del desarrollo del alcohol combus-
tible en los Estados Unidos". Organización de los Estados
Americanos, 1986, Wash, U.S.A.

- 59) Regliztky, A.a., et al, "Alternative fuels for existing engines, their potential and drawbacks. Deutsche Shell Ag, RTD. (1984). Germany.
- 60) Rogers L.H. "Brazil's innovation in APM technology" American Society of Civil Engineers. 1985, New York.
- 61) ROUMEGOUX, J.P., etal, "Consomation d' énergie para la iruculation routiére" INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE DES TRANSPORTS NOTE D' INFORMATION No. 14, 1979, PARIS, FRANCE.
- 62) SEUDE "Informe sobre el medio ambiente en México" subsecretaría de Ecología, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología México, 1986.
- 63) Shaefer A. J. et al. "Ignition Improvers for ethanol fuels". SAE Technical Papers No. 810249, 1981 Pennsylvania, U.S.A.
- 64) Soares Sebastiano. "Financiamento Para o Transporte". Seminário das perspectivas do transporte". 1984, Sao Paulo MAR.
- 65) The Brazilian Ethanol Prod. Committee "Ethanol, the renewable and ecologically safe solution. 1985. Sao Paulo, Brazil.
- 66) The Brazilian Ethanol Prod. Committee "Brazil Ethanol. Export potencial". 1984. Sao Paulo Brazil.
- 67) Trinidase S.C. "The Brazilian Alcohol Program" 11th World Energy Conference, Sept. 1980. Munich, Germany.
- 68) U.S. Department of Commerce. "Automotive fuels and air pollution". Report of the panel on Automotive fuels and Air Pollution. March. 1981.
- 69) Ventura, L.M. e Bandel, W. "Experience in the use of alcohol fuels in conventional Diesel engines". Mercedes Benz do Brasil. 1984. Sao Pualo, Brasil.
- 70) Ventura, L.M. y Nascimento, A.C. "Atividades do Mercedes Benz no campo dos combustiveis alternativos para veículos co merciales" I simposio de engenharia automotiva industrial. 1983. Brasilia, Brasil.
- 71) Ventura L.M. y Nascimento, A.K. "Firs results with Mercedes Benz DI diesel engines running on monoesters of vetetable oils". Mercedes Benz do Brasil. 1981 Sao Paulo Brasil.
- 72) Ventura L.M., and Nascimento A.K. "The utilization of biomass fuels in direct injection diesel engines" Mercedes Benz do Brazil, S.A. 1982, Sao Paulo, Brasil.
- 73) Ventura L.M., "A Mercedes-Benz no desenvolvimento de combu tíreis alternativos". I simpósio Nacional sobre alcool com bustível. 1983, Brasilia, Brasil.

- 74) Ventura L.M., utilizacao de gás natural e biogás como combustivel para veiculos comerciais" Mercedes Benz do Brasil S.A. 1985. Curitiba, Brasil,
- 75) WolksWagen do Brasil. "Etanol as an alternative fuel in Brazil". WolksWagen do Brasil, S.A. 1982, Sao Paulo, Brazil.
- 76) Weaver C.E. "Particulate Control Technology and Standars for Heavy Duty Engines" S.A. E. paper # 840174, 1984.