

---

## ASPECTOS BIOÉTICOS EN LA FORMULACIÓN DE GASOLINAS BIOETHICAL ASPECTS IN THE FORMULATION OF GASOLINES

**Víctor Guanipa Q.**

Universidad de Carabobo, Facultad de Ingeniería. Valencia, Venezuela  
[victorjgq@hotmail.com](mailto:victorjgq@hotmail.com)

Recibido: 23/02/2018 – Aprobado: 25/05/2018

---

### Resumen

Con el propósito de mejorar la calidad de las gasolinas en su formulación fueron propuesto la adición una mayor proporción de alquilato de rango completo, reformada catalítica, mezcla de oxigenados (MTBE y TAME), así como la incorporación de aldehídos y alcoholes (etanol). Estas corrientes contienen compuestos con diferentes grados de solubilidad en agua, cantidades variables de compuestos azufrados, que involucran implicaciones a la salud pública, donde los avances tecnológicos para su producción han originado aspectos bioéticos en cuanto a su formulación, frente a los mejores desempeños en la calidad antidetonante y poder energético, así como la responsabilidad en el cumplimiento de las especificaciones de las gasolinas, en contraposición con el resto de los problemas de impacto ambiental y requerimiento de equipos con mayor control y seguridad industrial, en armonía con la beneficencia, éticamente aceptable.

**Palabras clave:** gasolinas, bioética, bioseguridad, formulación.

### Abstract

In order to improve the quality of gasoline in its formulation they were proposed adding a greater proportion of full range alkylate and catalytic reformed and mixture of oxygenate (MTBE and TAME), and the incorporation of aldehydes and alcohols (ethanol). These streams contain compounds with different degrees of solubility in water, varying amounts of sulfur compounds, involving implications for public health, where technological advances for production have led bioethical aspects in their formulation, against the best performers in the antiknock quality and energetic power, as well as responsibility in compliance with the specifications of gasolines, as opposed to the rest of the problems of environmental impact and requirement of equipment with greater control and safety, in keeping with charity, ethically acceptable.

**Keywords:** gasoline, bioethics, biosafety, formulation.

## Introducción

Durante el proceso de refinación de petróleo se producen corrientes ligeras con alto contenido de alquenos. A estas corrientes se les denomina naftas y representan el principal producto de la Unidad de Craqueo Catalítico Fluidizado (FCC). De esta Unidad FCC, sale una corriente de naftas que posteriormente es fraccionada, por lo general en tres corrientes designadas: nafta liviana, nafta mediana y nafta pesada. Los alquenos contenidos en la nafta liviana, están constituidos principalmente por olefinas cortas, compuestos hidrocarbonados insaturados con no más de seis (6) átomos de carbono; también poseen estos alquenos una menor cantidad de olefinas largas (más de 6 átomos de carbono). La nafta mediana posee menor proporción de alquenos, donde son más abundantes los de 8 átomos de carbono y la nafta pesada contiene aún menos cantidad de olefinas y su concentración de compuestos azufrados es mayor.

La presencia de las olefinas en la corriente de nafta liviana, le imparte poder antidetonante, pero resulta ser significativamente menor una vez hidrotratada (proceso de hidrodesulfurización), lo cual disminuye la posibilidad de aumentar los beneficios económicos de la empresa refinera, que

podrían incidir en el precio de venta de las gasolinas, y contribuir con una mejor calidad de vida de los ciudadanos. Además, el principal inconveniente es que son indeseables para la producción de gasolinas, ya que pueden producir polímeros viscosos o incluso sólidos, los cuales presentan una alta tendencia al bloqueo de los inyectores o carburadores de los motores; lo cual afecta la bioseguridad por fallas de los motores, en especial en el caso de la gasolina de aviación, donde una falla de los motores acarrea la pérdida de vidas humanas. Por ello, la proporción de alquenos en la formulación de gasolinas debe ser de principal atención.

Estas corrientes de naftas, cuando los alquenos y compuestos azufrados son muy superiores a las especificaciones para la formulación de combustibles, existe una sobre carga en la unidad de hidrodesulfurización, lo cual agrava la situación en la capacidad de depurar estos contaminantes y se tenga que formular gasolinas con estos niveles altos, lo cual es un aspecto bioético en cuanto a la contaminación y al efecto invernadero, incluyendo claro está la lluvia ácida. Aunado a esto, los productos no deseados del proceso de hidrodesulfurización de estas corrientes inciden notablemente sobre el grado de contaminación presente en los efluentes de refinería.

Ahora bien, los alcanos producidos son compuestos con alta estabilidad química, y están constituidos principalmente por n-alcanos, que son parafinas lineales que poseen un bajo poder antidetonante. Como resultado, ocurre una disminución del octanaje, el cual es posteriormente aumentado con la adición de productos oxigenados como el metil-ter-butil-éter (MTBE) o el ter-amil-metil-éter (TAME), resultando muy costoso por el uso masivo de hidrógeno y de oxigenados, además de destruirse material valioso como lo son las olefinas. Así como de reformada catalítica y alquilato de rango completo.

En antiguos esquemas de formulación, en las refinerías venezolanas, se tenían tres gasolinas a producir: la gasolina de alta, media y baja; a fin de aumentar el octanaje debía adicionarse una mayor cantidad de tetraetilo de plomo, el cual es muy costoso y contaminante. Estas formulaciones fueron descartadas, y hace algunos años, se planteó la transformación de los componentes olefinicos de dichas corrientes, para la producción de compuestos oxigenados, los cuales presentan mayor valor agregado; éstos pueden emplearse como mejoradores de la calidad de las gasolinas con incidencias menores de impacto ambiental. Surgiendo así, la gasolina sin plomo a fin de reducir la contaminación ambiental, incorporando con

mayor presencia las corrientes generadas por la Unidad de Oxigenados, Unidad de Reformada Catalítica y la Unidad de Alquilación en las formulaciones. De esta forma, los patrones de refinación han venido cambiando con los años, así en la actualidad debido a problemas toxicológicos y ambientales se prohíbe la formulación con MTBE y una considerable reducción en el contenido de compuestos azufrados, que para este año 2010 se fija en menos de 10 p.p.m. en la gasolina de exportación. Es evidente que estas regulaciones persiguen mejorar los aspectos bioéticos en función de la preservación de la salud humana y del ambiente tanto en el presente como para las generaciones futuras.

De allí, el gran interés de la búsqueda de nuevas tecnologías que permitan producir compuestos mejoradores de las gasolinas con menor impacto ambiental. Estas tecnologías consisten en la preparación de oxigenados, una opción es la manufactura en masa de bioetanol, a partir de la caña de azúcar, maíz, e incluso yuca y otros similares. Otra opción, es producir aldehídos, a partir de la reacción de un alqueno con monóxido de carbono e hidrógeno en presencia de un catalizador de rodio, donde frecuentemente se forma una mezcla de aldehídos como productos principales. Una vez hidroformiladas estas olefinas, generarían un

incremento significativo del valor agregado a la unidad de proceso, maximizando el poder antidetonante de la corriente terminal, esto es de gran interés debido a que en los tanques de mezclado de gasolinas, se puede obtener un producto terminado con una mayor calidad, que se acentúa en el caso de la gasolina para exportación y de la gasolina para aviación. Además, en el caso de la gasolina nacional alta y media (95 y 91 octanos, respectivamente) implica la adición de una menor cantidad de MTBE. Tecnología con catálisis bifásica, ha dado origen a esfuerzos por buscar una nueva tecnología que facilite estos procesos de separación y purificación.

Por otro parte, también existe un fuerte interés en investigar la hidrogenación de los aldehídos formados a partir de la hidroformilación de estas naftas, donde el principal productos son los alcoholes, quienes por ser familia del etanol, podrían aportar una sustancial reducción del impacto ambiental, en virtud de las potencialidades que han nacido con el etanol en otros países como Brasil, que lo produce a partir de la fermentación de la caña de azúcar y como E.E.U.U. con la fermentación del maíz; ambas tecnologías refieren costos de inversión inicial y de producción considerables, donde la hidroformilación e hidrogenación secuencial de las naftas podría ofrecer una

ventaja competitiva para una refinería, por sus mayores dividendos. El alto valor de octanaje que posee el etanol frente al MTBE, he allí una de las principales razones de las empresas refinadoras de sustituir el MTBE por el etanol. Las tecnologías de la fermentación para producir etanol, presentan aspectos bioéticos interesantes, en primer lugar el hecho de que existen en el globo terráqueo muy pocas tierras realmente fértiles y con la disponibilidad de riego adecuado para el cultivo del maíz y de la caña de azúcar, con lo cual se estaría desviando la utilización de estas tierras, que bien podrían emplearse para solventar la crisis alimentaria de muchos países.

También en el caso de la fermentación de la caña de azúcar, existen problemas con el bagazo, se han presentado diversas alternativas como su uso como material orgánico; el otro caso son las viñazas, que deben ser tratadas correctamente en virtud de su grado de contaminación al ambiente. Este tratamiento es costoso, donde lamentablemente algunas de estas empresas de forma indiscriminada las vierten a las cuencas de los ríos y lagos. Lo antes descrito infiere en que los avances de la tecnología has suscitados problemas bioéticos y de bioseguridad en la procura de mejorar la calidad de servicio, con el menor impacto al ambiente, protegiendo a los más

vulnerables, no solo a los trabajadores de una refinería y los habitantes a zonas aledañas sino también a aquellos que estarán en contacto directo con estos fluidos y gases de combustión originados por la plataforma vehicular. Los conceptos utilitaristas, en bioética, que van en beneficio de la mayoría, ponen en manifiesto diversas posiciones en muchos casos son contradictorias en las reflexiones de las acciones tomadas en la formulación de gasolinas.

Esto se acentúa aún más, ya que existen varias definiciones de bioética, las cuales son muy diversas y reflejan, en cierta forma, la variedad de enfoques y concepciones. Una de las primera señala que “la bioética es el estudio sistemático de la conducta humana en el campo de las ciencias de la vida y del cuidado de la salud, en cuanto que esta conducta es examinada a la luz de los valores y principios morales” (Reich, 1978).

Algunos ponen más de relieve la necesidad de responder los nuevos problemas planteados por las ciencias biomédicas. Así, la bioética es la búsqueda ética aplicada a las cuestiones planteadas por el progreso biomédicos; otros acentúan los aspectos sociales o comunitarios: la bioética es el estudio interdisciplinar del conjunto de condiciones que exige una gestión responsable de la vida humana (o de la persona humana) en el marco de los rápidos

y complejos progresos del saber y de las tecnologías biomédicas” (León, 1992). Este trabajo expone un alcance mucho más amplio de la bioética, la responsabilidad del suministro de las gasolinas, en concordancia con el cumplimiento de las especificaciones mínimas de producción, aunado al hecho de disminuir lo más posible el impacto ambiental en estos procesos y manteniendo condiciones aceptables y confortables a cada uno de los trabajadores de la empresa refinera.

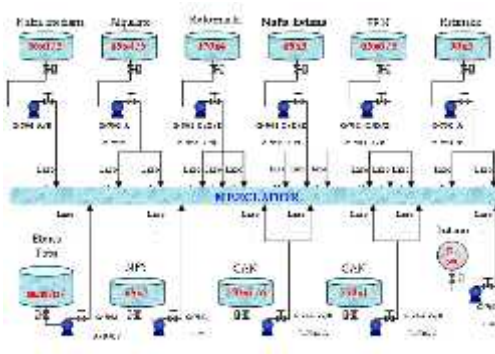
Por esta razón, se presenta este trabajo que consiste en evaluar los aspectos bioéticos en la formulación de gasolinas, transformando la manera de hacer estas actividades en pro no solo del ambiente sino también de las condiciones laborales y de vida de los ciudadanos consumidores de este combustible fósil.

### **Análisis-Disertación**

En una refinería, luego de ser producidos todos los básicos y componentes mejoradores de las gasolinas, éstos son almacenados en recipientes, que están conectados a un mezclador de gasolinas con sus lazos asociados (ver Figura 1), unido a su vez a tanques de almacenamiento de las gasolinas terminadas, gasolinas de 91 y 95 RON (G91 y G95); empleando un cabezal

principal con las especificaciones de gasolinas de motor requeridas para el mercado.

**Figura 1:** Sistema de almacenaje del mezclador de la REP



Fuente: (BOSS, 1992))

Las exigencias ambientales a nivel internacional, hacen posible que la corporación PDVSA, para septiembre del 2005, deje de producir la gasolina con plomo en Venezuela, y no es hasta marzo del 2006 cuando se vuelve a cambiar las designaciones y producir las actuales formulaciones, conocidas como gasolinas sin plomo G91 y G95, para el mercado local.

Todos estos cambios demuestran la magnitud de los esfuerzos en la adaptación a las restricciones ambientales, que hacen evolucionar el mercadeo de las gasolinas hacia productos de menor impacto ambiental, cuyo objetivo alcanzado era la eliminación del TEL (tetraetilo de plomo)

altamente contaminante y tóxico, el cual era utilizado para mejorar las características antidetonantes de los combustibles.

Conrado (2010), resulta interesante el hecho, de que:

“no hay dudas acerca de que el entrenamiento, la capacitación y actualización de los conocimientos técnicos, económicos, sociales y ambientales de los ingenieros constituyen, para las naciones en desarrollo, un factor clave para impulsar su desarrollo sostenible” p.50.

Así lo refiere el Ing. Conrado Bauer en su libro: “El Desarrollo Humano y la Ingeniería” (2010). En este sentido, se observa como al paso del tiempo, el hombre ha progresado en la búsqueda de mejores tecnologías, y en ello, se ha encontrado con nuevos problemas que afectan notablemente nuestra propia supervivencia, contraviniendo el principio de autonomía, ya que la potestad de actuar en torno a esto, debe estar apegada al principio de no-maleficencia, ya que muchos son los procesos innovadores, pero que lamentablemente contaminan, agravan la salud pública, de allí que el fin justifica los medios, es un dilema bioético del uso de los combustibles fósiles.

Sin embargo, aún sigue formulándose las gasolinas con MTBE y/o éteres mezclados, el

cual ha sido prohibido por algunas regulaciones internacionales de muchas naciones, por su solubilidad en el agua, toxicidad e impacto al ecosistema y al hombre. Las posibles fugas en los tanques de almacenamiento en las estaciones de servicio de gasolina, ha permitido que estos fluidos lleguen al nivel freático y contaminen las cuencas acuíferas, que posteriormente son utilizadas para el consumo humano. Han propiciado una muy fuerte razón para sustituirlo por otros componentes mejoradores de las gasolinas, en especial por el etanol, o el caso de naftas hidroformiladas (aldehídos).

Este hecho, específicamente en California (EEUU), se tradujo en el primer estado que prohibió el uso de MTBE. No obstante, la Unidad de Éteres Mezclados evidentemente es productora de un componente mejorador en la formulación de la gasolina. Muchas refinerías tienen esta unidad desde su invención hasta nuestros días. Desmantelar una unidad, cuya inversión fue muy alta, no es muy atractiva para las empresas del refino de petróleo, una alternativa sería reorientar las investigaciones un cambio en la selectividad en las reacciones de oxigenados, minimizando la producción de MTBE, y aumentando el TAME y HEXAME, por lo cual el patrón de alimentación deberá también ser modificado. Otra alternativa, ha planteado al

diisopropil-eter (DIPE) y al ter-amil-etil-eter (TAEE) (Ancillotti y Fattore, 1998), como futuros posibles candidatos a aditivos oxigenados, por su octanaje competitivo y su menor solubilidad en agua.

Es por ello, que PDVSA tiene pautado una serie de modificaciones operacionales, a fin de desmantelar las unidades de oxigenados y aprovechar sus equipos para la adecuación de corrientes, como por ejemplo: el caso de utilizar un reactor para hidrogenar las diolefinas presentes en la corriente de nafta, y hacerla apta como alimentación a la unidad de alquilación. Por ello, se buscan alternativas en el mezclado de gasolinas sin la adición de MTBE. Las tecnologías de producir bioetanol (fermentación de la caña de azúcar y/o maíz) y aldehídos (hidroformilación) cobran especial importancia, ya que los aldehídos lineales o ramificados, se clasifican como poco contaminantes (MERCK, 2006) y el etanol es considerado un "combustible limpio". Esto hace que cada vez sea menor el uso del MTBE y promueven que exista una fuerte tendencia al uso de alcoholes (Cardona et al., 2005). Estas investigaciones, desde un punto de vista bioético, son premiadas, ya que no solo procuran darle uso eficiente a los equipos, patrimonio de las empresas, sino también actuar con conciencia, minimizando las consecuencias, cuyo conocimiento ya es

tácito y verídico. Por su parte, la ejecución de estas acciones es un proceso lento, que debería impulsarse con más ahínco, por beneficencia, responsabilidad y precaución.

Una formulación típica de la G91: 6% reformada, 9% refinado, 2% éteres, 7% FRN, 18% alquilato, 7% FCCpesada, 21% FCC mediana, 19% FCC liviana, 9% GAN y 2% butano (PDVSA, 2007). La procedencia de los básicos para las gasolinas obtenidos de la unidad de destilación atmosférica, conllevan a ir identificando cada una de ellos, así el LSR es una nafta liviana atmosférica (corriente intermedia), HSR es una nafta pesada empleada principalmente como carga a la unidad de reformación. El refinado proviene de la planta de BTX y el HNS es una nafta pesada atmosférica. Se entiende por FRN la mezcla de las corrientes: LSR, HSR, HNS y refinado, resultando una nafta de rango completo.

De aquí se observan las demás naftas que se utilizan para formular las gasolinas, el gran compromiso de emplearlas, refleja un reto para cumplir con las especificaciones, donde podría existir una producción por debajo de las especificaciones, aspecto bioético resaltante. La responsabilidad de este cumplimiento es de vital importancia bioética, tal como lo indica el Código de Ética para la Vida (FONACIT, 2011):

“Ser responsable es mantener una actitud permanente de atención en la ejecución de los compromisos que se han adquirido y significa responder ante las consecuencias de las actuaciones, omisiones, decisiones y demás maneras de desempeño humano”, p.28.

Cuando se trata de gasolina de exportación existen una serie de protocolos que verifican este cumplimiento, sin embargo en el caso del consumo nacional, el consumidor final, se puede ver afectado, involucrando una mayor periodicidad en el mantenimiento de sus vehículos, y el riesgo de una combustión incompleta que aunado a un contenido elevado de nafta reformada y compuestos azufrados contaminan enormemente al ambiente. Países como: China y México, son los de mayor contaminación por las emisiones de los combustibles fósiles, donde las regulaciones deberán ser más estrictas con miras a la preservación de nuestra especie humana, en este ecosistema cada vez más vulnerable por las acciones del hombre. No obstante, Venezuela no escapa de esta realidad, ya que por problemas de suministro de repuestos, los vehículos operan en condiciones extremas, propiciando estas consecuencias.

Las corrientes antes citadas son más problemáticas, en virtud de su baja calidad como básicos para gasolinas, y la obligación que tienen las empresas refinadoras de



utilizar todas las corrientes en la producción de combustibles, donde existe un compromiso en el cumplimiento de las especificaciones del producto y la mejor formulación de las mismas en búsqueda de una mayor rentabilidad económica. Trae como consecuencia, llegar a valores de calidad mínimos con márgenes de ganancias muy remanentes, con costos operacionales elevados. La producción de gasolinas, es un proceso muy sensible al mercado, a las tecnologías seleccionadas y con la constante observación del Ministerio de Ambiente, por ser un foco de eminente aspecto ambiental. Con respecto a los demás básicos, están el alquilato de rango completo que proviene de la unidad de alquilación, la nafta reformada procede de la unidad de reformada catalítica, y el MTBE y la nafta liviana FCC, así como los éteres mezclados proceden de la unidad de oxigenados. Estos básicos pueden ser internos o foráneos a la refinería. Puede ocurrir que para el momento de la preparación de las gasolinas no se cuente con la cantidad necesaria de los mismos, incidiendo en la calidad.

La formulación típica de la G95 es: 24% FCC liviana, 29% FCC liviana-mediana, 4% FCC pesada, 18% alquilato, 10% éteres y 15% reformada (PDVSA, 2007). Por ejemplo, para una refinería venezolana, el MTBE siempre

está presente en la receta, luego le sigue el alquilato foráneo, ambos excelentes componentes mejoradores del octanaje de la gasolina. La nafta pesada contiene un valor elevado de compuestos azufrados (3230,0 ppm), que denota la gran variabilidad que existe en el proceso, y que exhorta a disminuir su contenido en la formulación de gasolinas, para hacerla apta según los requerimientos y normativas vigentes, como una acción éticamente aceptable.

### **Consideraciones-Reflexiones Finales**

En este trabajo se hizo mención a los principios bioéticos, con especial atención al principio de responsabilidad que tienen las empresas refinadoras en la correcta formulación de los combustibles. En la búsqueda expedita de soluciones para aquellos básicos que generan problemas técnicos (alquenos), elevada contaminación (compuestos azufrados) y/o toxicidad (MTBE); el uso consiente de los recursos y el manejo adecuado de los químicos y procesos para la producción de estos básicos empleados en la formulación de combustibles, específicamente las gasolinas. Así como las acciones responsables en cuanto al cumplimiento de todas las exigencias establecidas en las normas y especificaciones atribuidas a las formulaciones de éstas.

## Referencias

Ancillotti, F., Fattore, V. (1998). Oxygenate fuels: Market expansion and catalytic aspect of synthesis. *Fuel processing Technology*, 57, 163-194.

Bauer, C. (2010). "El Desarrollo humano y la ingeniería". 1ª ed. Buenos Aires, Argentina: Editorial Universitaria de la Plata; p. 50.

BOSS. (1992). Manual de Operaciones de los analizadores en línea del mezclador de gasolinas. Refinería El Palito, Venezuela.

Cardona, C.R., Sánchez, O., Montoya, M.I., Quintero, J.A. (2005). Simulación de los procesos de obtención de etanol a partir de caña de azúcar y maíz. *Scientia et Técnica*. Año XI N° 28 octubre UTP, 187-192.

Cortina, A. (1998). Hasta un pueblo de demonios – Ética pública y sociedad. 2ª ed. Madrid, España: Grupo Satillana de Ediciones, S.A.; p. 109-122, 155-164.

FONACIT. (2010). "Código de ética para la vida", 1ª ed. Caracas, Venezuela: Editorial del Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, tecnología e Innovación; p. 28-39.

Gracia, D. (2007). Fundamentos de Bioética. 2ª ed. Madrid, España: Triacastela Editores; p. 167-169.

Guanipa, V. (2010). Reacciones de hidroformilación e hidrogenación bifásicas de naftas provenientes de una refinería como una alternativa tecnológica en la formulación de combustibles. Tesis Doctoral en Ingeniería. Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela.

León, F.J. (1992). Tema de Estudio: ¿Qué es la Bioética? Dignidad humana, libertad y bioética. *Revista Cuadernos de Bioética*, 12 (4); p. 1-5.

MERCK. (2006). Índice merck – Chem-dat. MERCK KGaA – 64293 Darmstadt – Germany.

PDVSA, Programación y Economía. (2007). Balance de insumos y productos de refinería. Refinería El Palito. Venezuela.

Reich, W.T. (1978). Bioethics. *Encyclopeia of Bioethics I*. The Free Press, New York, USA; p. 19.