



LATINOAMÉRICA

MEZCLA DE ETANOL EN LA GASOLINA

Septiembre de 2021

© 2021 SGS Germany GmbH. Todos los derechos reservados. Este estudio de mercado es una publicación de SGS Germany GmbH. Está dirigido a brindar información sobre un tema o temas concretos y de ninguna manera es un tratamiento exhaustivo de estos. Este estudio de mercado se proporciona en el estado en que se encuentra y según su disponibilidad, por lo que SGS Germany GmbH no garantiza que la información aquí contenida no tenga errores ni cumpla algún criterio en particular de desempeño o de calidad. Este estudio únicamente refleja los hallazgos de SGS al momento de su elaboración. SGS Germany GmbH expresamente rechaza todas las garantías implícitas que incluyen, entre otras, las de comercialización, título, idoneidad para un fin específico, no violación, seguridad y precisión. No debe citarse o referirse el estudio de mercado en ninguna otra publicación o actas, ni reproducirse sin el consentimiento previo por escrito de SGS Germany GmbH.

Además, aplican nuestras Condiciones Generales de los Servicios de Inspección y Pruebas, que si las solicita, con gusto se las enviaremos.

Estado actual: Septiembre de 2021

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	3
SECCIÓN 1. PERFILES DE PAÍS: REGLAMENTACIONES, GASOLINAS Y COMPONENTES DE MEZCLA ...	7
PUNTOS CLAVE	13
EL CARIBE: JAMAICA	17
REGULACIONES.....	17
NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES	17
COMPARACIÓN CON LAS NORMAS.....	17
ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA.....	18
EL CARIBE: REPÚBLICA DOMINICANA.....	16
REGULACIONES.....	16
NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES	16
COMPARACIÓN CON LAS NORMAS.....	16
ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA.....	17
SECCIÓN 2. OPTIMIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA GASOLINA PARA LA MEZCLA CON ETANOL	21
Aspectos económicos de la optimización de componentes de la mezcla	23
Puntos clave.....	23
Jamaica	24
República Dominicana	23
SECCIÓN 3: ANÁLISIS DEL IMPACTO POTENCIAL DE LA MEZCLA DE ETANOL EN LAS EMISIONES ...	26
Metodología del modelo de emisiones.....	28
Puntos clave.....	28
Jamaica	29
República Dominicana	28
SECCIÓN 4. ESTUDIOS DE CASO DEL IMPACTO POTENCIAL DEL ETANOL EN PARÁMETROS REGULADOS: CHILE, REPÚBLICA DOMINICANA, GUATEMALA, PERÚ	30
Puntos clave.....	31
República Dominicana	32
GLOSARIO.....	40
LISTA DE FUENTES	44

RESUMEN EJECUTIVO

SGS INSPIRE elaboró este informe para el U.S. Grains Council para brindar una mayor comprensión de cómo la mezcla de etanol con gasolina impacta en la calidad del combustible e influye en el avance hacia el logro de los objetivos con relación a las emisiones de gasolina en la región latinoamericana. El informe consta de una revisión regulatoria de los requisitos legislativos y normas de calidad del combustible, un resumen de las pruebas de laboratorio hechas en las mezclas de gasolina-etanol de ciertos países latinoamericanos e información sobre las características óptimas de los componentes de mezcla de la gasolina para mezclarse con el etanol. A continuación se presenta un resumen de los puntos clave del estudio divididos por secciones.

1. Sección 1 Perfiles de país: reglamentaciones, gasolina y componentes de mezcla

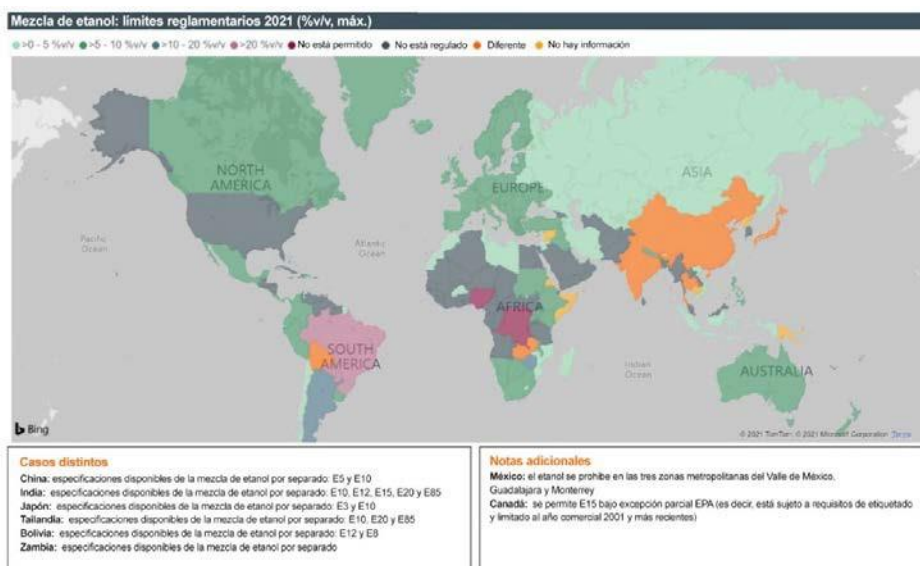
En la mayoría de los países latinoamericanos, la industria de la refinación no cubre la demanda nacional de gasolina, por lo que necesitan importarla. Estados Unidos (EE. UU.) es el principal importador de la zona, en particular en Centroamérica, excepto Nicaragua donde la industria de refinación está relativamente bien desarrollada y además, las importaciones provienen en su mayoría del Ecuador.

En los países donde hay industria de refinación, las refinerías tienen diferentes configuraciones de unidades y capacidades, ubicaciones físicas y están bajo diversos factores económicos. Es por eso por lo que producen diferentes subproductos de gasolina o gasolinas terminadas. Por lo general, los proveedores de gasolina producen de uno a seis grados simultáneamente y la calidad difiere de cada lote de componentes de mezcla de gasolina, dependiendo de qué componentes de mezcla (que cumplan con las especificaciones) son los más económicos al momento de producirlos.

En Latinoamérica, las dos componentes de mezcla más usados son la gasolina catalítica y la reformada. Argentina, Chile, Colombia y México también producen otros componentes de mezcla, porque cuentan con refinerías más complejas.

Como lo muestra la figura 1, en varias partes del mundo se añade etanol a los componentes de mezcla de gasolina por diversas razones. Varios países de Latinoamérica cuentan con industrias de etanol nacional bien establecidas, no obstante en la región aumentan las importaciones de etanol estadounidense, algo particularmente palpable en Perú, México, Jamaica y Colombia.

Figura 1: Etanol permitido en la gasolina convencional, 2021



Fuente: SGS INSPIRE, 2021

Al comparar las especificaciones de la gasolina nacional con la calidad real de esta en la región, se observa un alto grado de conformidad, excepto por el contenido de etanol y octanaje de varias muestras.

2. Sección 2: Optimización de los componentes de la gasolina para la mezclar con etanol

La información a partir de fuentes nacionales e investigaciones de Penn Energy brindaron datos sobre los componentes de mezcla de gasolina producidos nacionalmente en la región. La mezcla de componentes optimizados de los países con refinerías sencillas se componen principalmente de gasolina reformada, catalítica e Isomerado. En el caso de los países con refinerías más complejas (Argentina, Chile, Colombia y México) o con alto volumen de importación, la mezcla de componentes es de gasolina reformada, catalítica, Isomerado, isobutano y Alquilado, en distintas proporciones.

La mayoría de las refinerías de Latinoamérica cuentan con configuraciones sencillas y producen subproductos sencillos debido a la incapacidad de producir combustibles de alto octanaje y bajos en azufre sin que tengan un alto contenido de aromáticos. Los países importadores compran lo que hay en el mercado.

Con el uso de una herramienta de creación de modelos basada en Excel (Solver) para optimizar mezclas se demostró que la adición del etanol a la gasolina disminuye la necesidad de utilizar componentes complejos y costosos en la mezcla, como el Alquilado o isopentano, para mejorar su calidad debido a que el etanol aumenta el octanaje y disminuye el contenido de hidrocarburos y azufre en dicha mezcla. El incremento de la proporción de etanol en la gasolina ayudaría a que los gobiernos aceleraran sus planes para mejorar la calidad del combustible. Este es el caso particular de Bolivia, Ecuador o Colombia.

Muchos países podrían aumentar la proporción de etanol reduciendo la de la gasolina catalítica, que de todas formas es un subproducto de refinería muy extendido en la zona, como en Argentina o Colombia. Algunos países, principalmente del Caribe o al norte de Suramérica, deben añadir componentes de mezcla más complejos y caros para cumplir con las especificaciones de calidad del combustible Euro 6.

3. Sección 3: Análisis del impacto potencial de la mezcla de etanol en las emisiones

Con el Modelo internacional de emisiones vehiculares (IVE), SGS INSPIRE analizó el impacto potencial de la mezcla de etanol en la gasolina a distintos niveles (10%, 15%, 20%, 25% y 30%) en los parámetros de emisiones no reguladas: monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos orgánicos volátiles evaporativos (COV evap), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), amoníaco (NH₃), plomo, butadieno, acetaldehídos, formaldehídos, benceno, dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), materia en partículas con diámetro menor a 10 micrómetros (PM₁₀) y con diámetro menor a 2,5 micrómetros (PM_{2.5}).

SGS INSPIRE recabó información de fuentes internacionales y nacionales sobre las flotas vehiculares por tipo de vehículo y combustible en cada país, además de información sobre la edad promedio de la flota, distancia recorrida promedio por tipo de vehículo por país, condiciones geográficas y climáticas (altitud, humedad, temperatura) por país.

En la mayoría de las mezclas de gasolina-etanol analizadas, la adición de etanol disminuyó las emisiones de CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, butadieno, formaldehídos, benceno, CO₂, N₂O, PM_{2.5} y PM₁₀. En algunos países como Bolivia o Chile, no disminuyó la emisión de butadieno, pero sigue siendo muybaja con respecto a otros países. Las emisiones de acetaldehídos aumentó solo a partir de E20, es decir, cuando se añade a la gasolina 20% v/v de etanol. Con 30% v/v de etanol mezclado en la gasolina, las emisiones de acetaldehído aumentan 10% a partir de la línea base o E0 (adición de 0% v/v de etanol). Este aumento es significativamente más bajo comparado con la disminución del 62% de emisiones de benceno observada de E30 a E0 en todos los países. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE. UU., los acetaldehídos tienen baja toxicidad aguda por inhalación y moderada por exposición oral o dérmica.

Las emisiones más altas de todas fueron de CO₂. Las emisiones de N₂O no disminuyen significativamente. Las emisiones de CO difieren en la región. Fueron altas en los países con flotas de vehículos viejos que no implementan normas estrictas de emisiones vehiculares. En Ecuador, las emisiones de benceno fueron las únicas diferentes entre los dos grados de octanaje evaluados.

La comparación de las emisiones de los distintos grados de gasolina por octanaje muestra que algunos países usan el mismo componente de mezcla con oxigenantes (BOB) y experimentan las mismas emisiones, como Chile, Colombia o República Dominicana; otros usan un BOB muy similar, como Costa Rica y otros usan un BOB diferente, como es el caso de Argentina. En Argentina, las emisiones de COV evap, plomo, benceno, CO₂, N₂O, CH₄, PM_{2.5}, PM₁₀ son las mismas para dos grados (grado 2 con 150 mg/kg de azufre y grado 3 con 10 mg/kg de azufre), mientras que las emisiones de CO, COV, NOX, SOX, NH₃, butadieno, acetaldehídos y formaldehídos disminuyen al aumentar el octanaje.

4. **Sección 4:** Casos de estudio del impacto potencial del etanol en parámetros regulados: Chile, República Dominicana, Guatemala y Perú

SGS recolectó muestras de gasolina terminada en gasolineras de Chile, República Dominicana, Guatemala y Perú. Las muestras se transportaron al laboratorio de SGS en Speyer, Alemania y se mezclaron (*splash blending*) con etanol cumpliendo con la norma de la UE EN 15376 en volúmenes cada vez mayores (10%, 15%, 20%, 25% y 30%).

Se seleccionaron estos países por ser representativos de las distintas subregiones de Latinoamérica y por su potencial de consumo de etanol.

De acuerdo con el análisis realizado, la adición de etanol disminuyó el azufre y los hidrocarburos (naftenos, aromáticos, olefinas, parafinas y benceno), reduciendo al mismo tiempo las emisiones del tubo de escape.

Dependiendo del país, la PVR aumenta hasta E10 a E15. Después de alcanzar 15% v/v, la PVR empieza a disminuir; dicha disminución es más pronunciada conforme se añade más etanol.

Los valores de destilación no cambian significativamente, excepto por la reducción de T50 del E0 a E15; no obstante, se puede concluir que la adición de etanol no afecta a la destilación.

El contenido de oxígeno de E10 en Chile es mayor al permitido en las normas "Euro" (3,7% en peso). En Perú y la República Dominicana, el contenido de oxígeno es menor a 3.7% en peso de las normas "Euro".

La adición de etanol a la gasolina, si bien el etanol es higroscópico, no afecta significativamente el contenido de agua de la mezcla final. Las mezclas de hidrocarburo-alcohol disuelven más agua que la existente al momento de la mezcla y brindará protección contra la separación de fase en caso de que pequeñas cantidades extras de agua contaminen la mezcla de combustible, siempre y cuando su temperatura no aumente. El nivel de mejora en la tolerancia al agua (la cantidad de agua que se puede disolver antes de que se dé la separación de fase) aumentará con la concentración de alcohol en el combustible. Por ejemplo, una mezcla de 10% v/v de etanol con una mezcla típica de hidrocarburo a temperatura ambiente puede disolver hasta 0,5% v/v de agua.

El valor calorífico y la proporción aire:combustible de la mezcla de etanol con gasolina disminuye, pero dicha disminución es mucho menor que el contenido de etanol añadido (es decir, una disminución de 8 a 9% del valor calorífico y de 11 a 12% v/v de proporción aire:combustible con la adición de 30% v/v de etanol).

En ningún país se encontraron aniones ni cationes. Solo en Chile se halló éter metil tertbutilico (MTBE).

La adición de etanol aumenta significativamente el octanaje, lo cual es benéfico en especial para el uso eficiente de los vehículos modernos. En muchos de los casos estudiados, el octanaje aumenta a o alrededor de 100. Para las flotas existentes en la mayoría de países, la gasolina RON 95 es la adecuada para la tecnología vehicular; no obstante, de acuerdo con las especificaciones de las gasolinas categoría 6 de la Carta mundial de combustibles (WWFC, por sus siglas en inglés)¹, se debe lograr un

¹ https://www.acea.auto/files/WWFC_19_gasoline_diesel.pdf

RON mínimo de 98 a 102 para cumplir con los GEI futuros o previstos en vehículos ligeros de EE. UU. y las normas de ahorro de combustible y los objetivos futuros de la UE de CO₂. Se pretende que esta categoría permita la introducción de motores y vehículos con mayor eficiencia de combustible y menores emisiones de escape.

Además, añadir etanol en volúmenes mayores al 15% v/v mantendría la PVR a niveles reglamentarios, ya que el pico se logra a 10 a 15% v/v y después empezar a disminuir. Es por eso por lo que es benéfico mezclar etanol por arriba de 10 a 15% v/v ya que afectaría la PVR de manera positiva.

SECCIÓN 1. PERFILES DE PAÍS: REGLAMENTACIONES, GASOLINAS Y COMPONENTES DE MEZCLA

Es una tarea difícil el comprender la composición del componente de mezcla de la gasolina. Esto se debe a que todas las refinerías son diferentes debido a sus distintas configuraciones de unidad y capacidades, ubicaciones físicas y motores económicos. Además, de acuerdo con datos de SGS, el 70% del total de la gasolina final que se consume en todo el mundo se mezcla en terminales y solo el 30% se distribuye directamente de las refinerías. El mezclado se lleva a cabo fundamentalmente en los principales centros de comercio del mundo, que son Europa (Holanda y Bélgica y en menor medida en Francia, Italia y España), Asia (Emiratos Árabes Unidos, Dubái) y EE. UU. (Houston).

Por lo general, los proveedores de gasolina producen de uno a seis grados simultáneamente y cada lote de componente de mezcla de gasolina siempre es diferente. Normalmente, los factores decisivos de qué componentes de la mezcla se usan en la producción de gasolina son: la disponibilidad de los componentes, su precio al día de entrega de los componentes de mezcla y si cumple con las especificaciones.

Los principales componentes que se usan en la producción de gasolina son:

- Alquilados
- Gasolina de pirólisis
- Gasolina catalítica
- Reformados
- Isomerados
- Naftas
- Refinados
- Butanos
- Gasolinas naturales o condensados en algunos países
- Mezclas químicas como los xilenos mezclados, hidrocarburos mezclados con 4 a 9 átomos de carbono como los pentanos, hexanos, etc.

Por lo general, la gasolina es una mezcla de una base específica de gasolina y otros compuestos. La base principal, que tiene un mayor volumen en el componente de mezcla final, normalmente es reformado y gasolina catalítica. Los componentes más utilizados para aumentar el octanaje en la mezcla son Isomerados, Alquilados y butanos. Los otros componentes, como refinados, pentanos, hexanos y otras gasolinas petroquímicas, se usan en una proporción menor en los componentes de mezcla de gasolinas.

En las refinerías, a partir de los productos de destilación ligera, por lo general el butano (nC4) se mezcla con la gasolina porque potencia el octanaje, como ya se mencionó, pero debido la alta presión de vapor Reid (PVR), la cantidad que se puede mezclar es limitada, en particular durante la temporada de verano con menor PVR². Por lo tanto, las mezclas de gasolina de verano, en general contienen menos nC4 que las de invierno.

Cuando se mezclan naftas FCC con gasolina, es probable que se necesite desulfuración. Normalmente el proceso de desulfuración resulta en pérdida de RON en cualquier punto entre 1 y 5 puntos de octanaje, lo que a su vez requiere de mezclar con componentes de mezcla con alto octanaje. Las unidades de hidrocrackeo producen nafta que se puede mezclar directamente en gasolina o enviar a otras unidades para un mejoramiento previo al mezclado. La unidad de isomerización redistribuye los átomos dentro de las moléculas de nafta para producir moléculas con mayor calificación de octanaje, pero también aumenta la PVR, que limita el uso de unidades de isomerización al aumentar la calificación de octanaje de la gasolina terminada. Los reformadores eliminan átomos de hidrógeno

² Debe controlarse el valor de la presión de vapor Reid (PVR) en la gasolina, particularmente en el verano, porque es posible que aumente la formación de esmog y compuestos orgánicos volátiles (COV).

y redistribuyen las moléculas de hidrocarburos para formar moléculas “aromáticas” como benceno, tolueno y xilenos. Estos aromáticos tienen una alta calificación de octanaje cuando se utilizan en gasolina y también se usan como materias primas petroquímicas. Las unidades de isomerización aumentan las calificaciones de octanaje de la gasolina ligera de primera destilación (LSR).

La figura 2 resume los componentes de la mezcla de gasolina que se producen en las refinerías de petróleo y sus principales características. Los componentes de la mezcla de mayor octanaje son Alquilados, reformados y nC4. Tanto los Alquilados como los reformados tienen una PVR relativamente baja, lo que los hace componentes de mezcla excelentes.

Figura 2: Componentes de la gasolina producidos en refinerías

Componente	Fuente de unidad de proceso	AKI (RON + MON)/2	PVR psi	Azufre mg/kg	Aromáticos (% v/v)	Olefinas (% v/v)	Especificación de gasolina limitante
Butano normal	Destilación	90 a 92	70 a 74	2 a 6	0	1	PVR, V/L
Nafta ligera de primera destilación	Destilación cruda	60 a 66	10 a 13	10 a 500+	8	10	Octano, PVR, V/L
Nafta pesada (sin hidrotratamiento)	Destilación cruda, coquizador, hidrocrackeo	58 a 64	1 a 1.5	40 a 500+	38	20	Octanaje, azufre
Reformado	Reformado	85 a 87	2 a 3	2 a 6	50	0	DI, T50, Benceno
Gasolina FCC (sin hidrotratamiento)	FCC	82 a 87	1 a 2	10 a 500+	27	25	Azufre (si no fue tratada)
Alquilado	Unidad de alquilación	90 a 96	4 a 5	5 a 15	0	0	Ninguna
Isomerado	Unidad de isomerización	78 a 83	7.8 a 8.5	1 a 10	0	0	PVR
Etanol	N/D	110 a 120	Aumento de 1 psi por 10 a 20% v/v Mezcla	0	0	0	PVR

Fuente: U.S. Energy Information Administration (EIA), Transport Energy Strategies, 2021

Muchos países latinoamericanos no producen los suficientes productos refinados para cubrir la demanda de gasolina, a pesar del alto número de refinerías en la región, como se enumeran a continuación.

Figura 3: Capacidad de las refinerías latinoamericanas (millones de litros al día)

México	
Cadereyta	43.72
Madero	30.21
Minatitlán	38.16
Salamanca	39.75
Salina Cruz	52.47
Tula	50.08
Total	254.38

Argentina	
Bahía Blanca	4.9
Buenos aires	17.5
Campana	13.8
Campo Durán	5.1
La Plata	32.8
Luján de Cuyo	17.5
Plaza Huincul	4.0
San Lorenzo	7.9
Total	103.5

Colombia	
Barrancabermeja	36.9
Orito	1.0
Reficar	26.2
Total	64.1

Chile	
Aconcagua	16.5
BioBio	18.4
Gregorio	2.5
Total	37.5

Perú	
Conchan	2.5
Iquitos	1.9
La Pampillas	18.6
Pucallpa	0.6
Talara	9.9
Total	33.5

Ecuador	
Esmeraldas	17.5
La Libertad	7.3
Shushufindi	3.2
Total	28.0

Bolivia	
Cochabamba	6.5
Santa Cruz de la Sierra	3.2
Total	9.7

República Dominicana	
Bonao	2.5
Haina	5.4
Total	7.9

Uruguay	
La Teja Montevideo	7.9

Jamaica	
Kingston	5.7

Costa Rica	
Limon	4.0

Nicaragua	
Managua	3.2

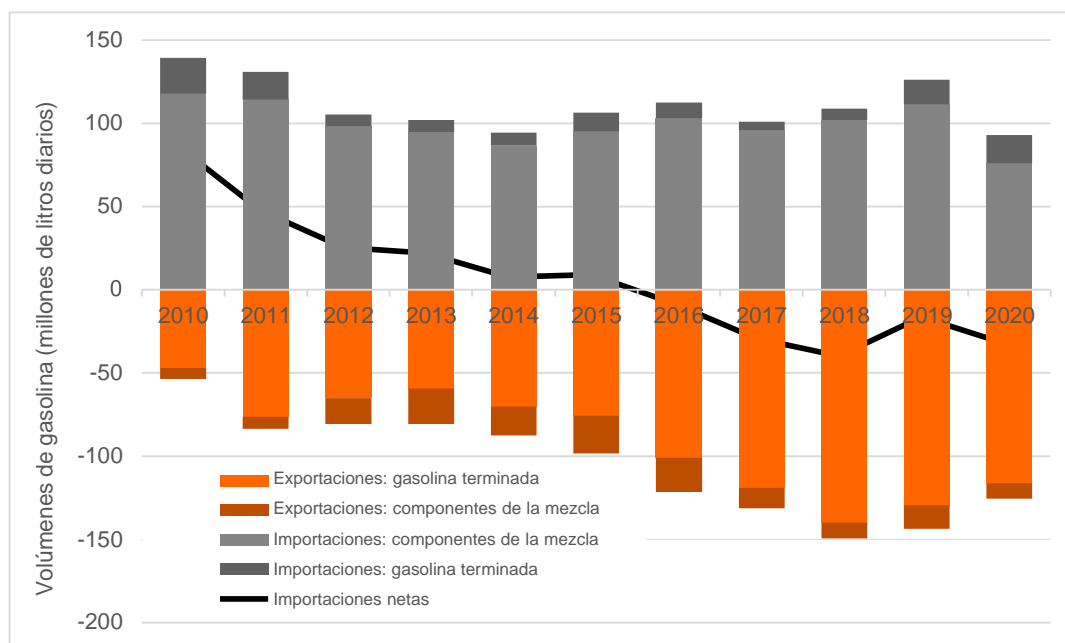
Fuente: HCX

Como resultado, los países dependen de la importación de combustibles. Gran parte de Centroamérica, el Caribe y algunos países de Suramérica importan gasolina terminada o componentes de la mezcla de gasolina de EE. UU., que es uno de los principales exportadores de gasolina de todo el mundo. El producto que más exporta EE. UU. a los países latinoamericanos es la gasolina convencional.

En 2020, EE. UU. exportó 106.20 millones de litros diarios de gasolina para motor terminada desde la costa del Golfo (Distrito III de Administración del Petróleo para la Defensa, PADD III por sus siglas en inglés)³ y a través del Océano Atlántico hacia otras regiones del mundo, de los cuales 65.2 millones de litros diarios se exportaron a México y 37 millones de litros a otros países latinoamericanos.

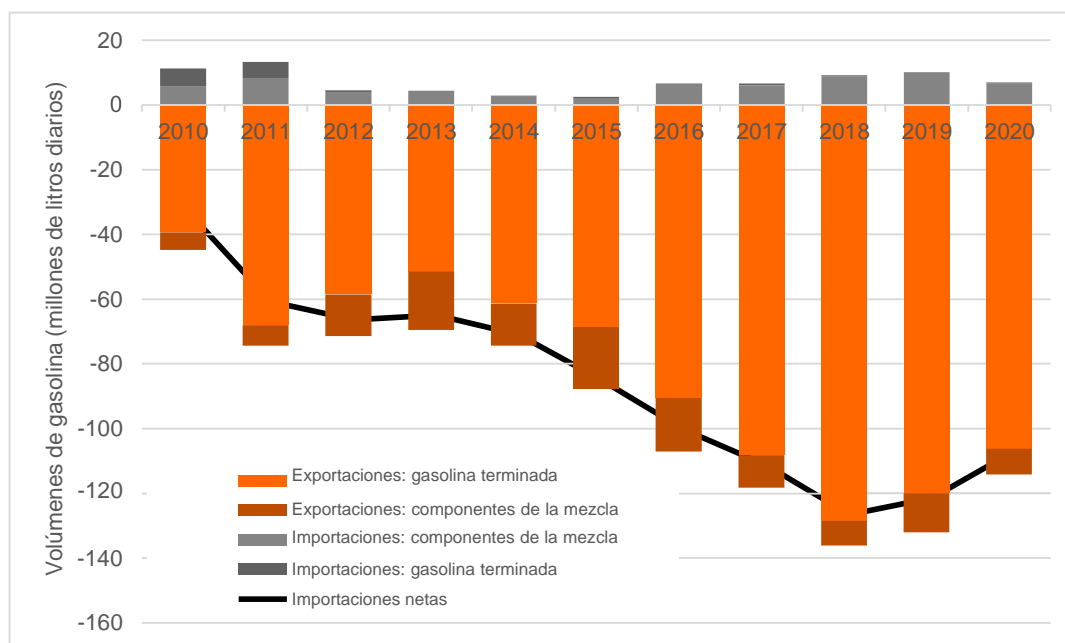
³ La región de la costa norte del Golfo de México (PADD III) es un mercado de referencia de transacciones comerciales, debido a su importancia en el comercio nacional de Estados Unidos y en los mercados del océano Atlántico.

Figura 4: Exportaciones de gasolina de Estados Unidos



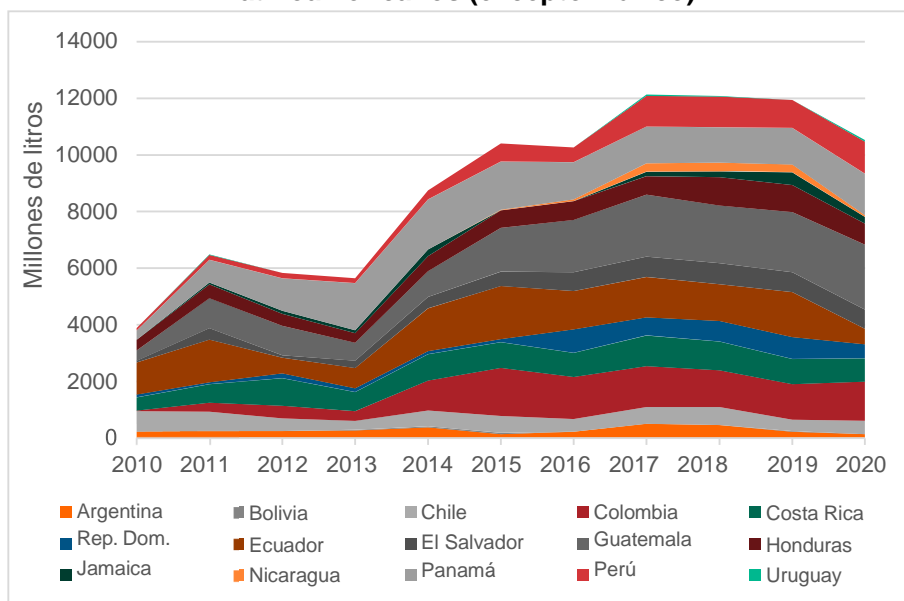
Fuente: EIA, Compilación SGS INSPIRE

Figura 5: Exportaciones de gasolina desde la costa del Golfo de Estados Unidos (PADD III)



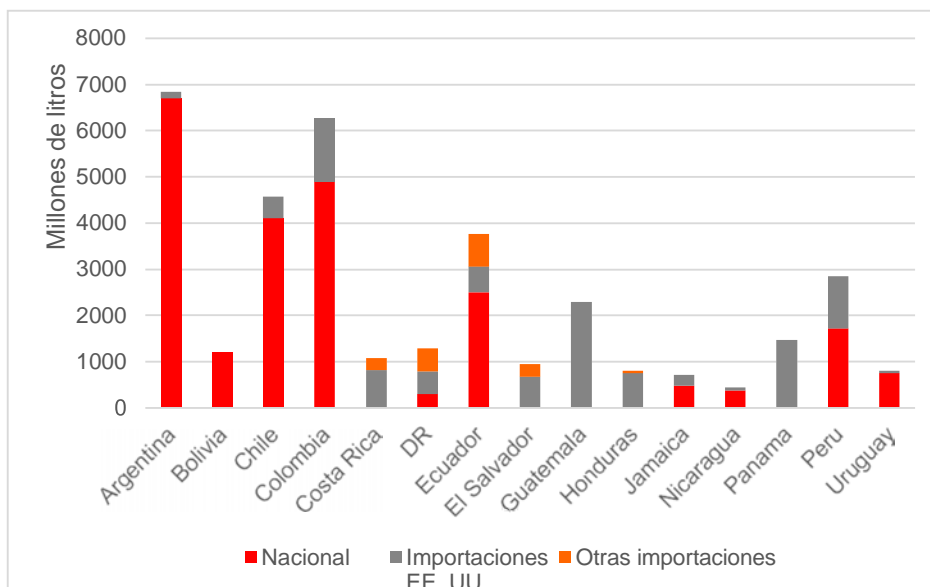
Fuente: HCX con datos de EIA

Figura 6: Exportaciones de gasolina estadounidense a países latinoamericanos (excepto México)



Fuente: EIA, compilación de SGS INSPIRE

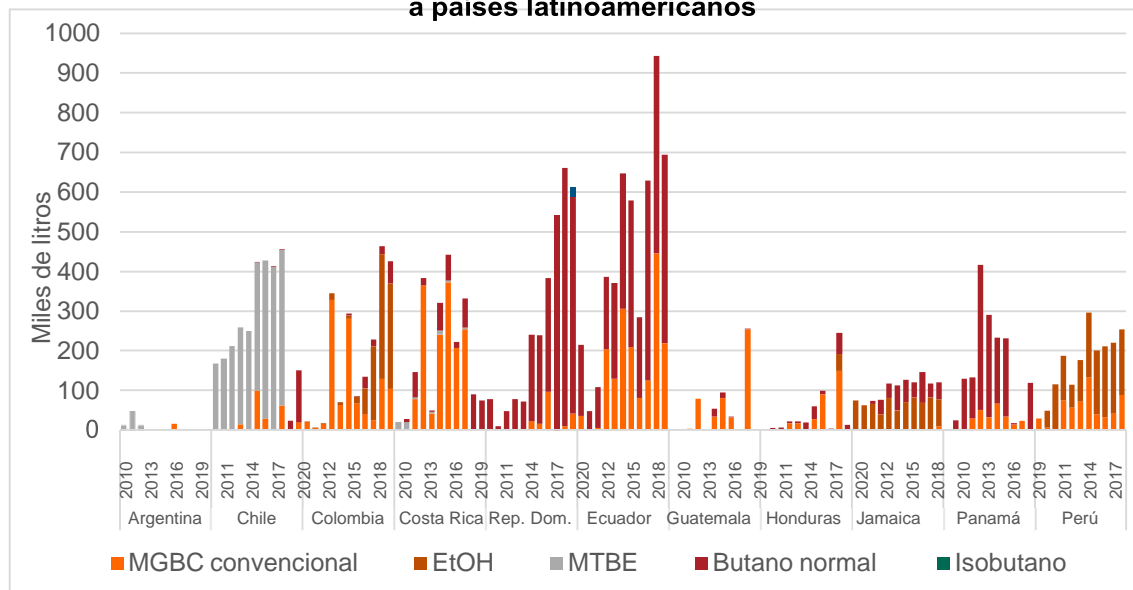
Figura 7: Fuente del origen del consumo de gasolina en Latinoamérica en 2020 (excepto México)



Fuente: Fuentes nacionales, EIA, Compilación de SGS INSPIRE

La mayoría de los países importan componentes de gasolina como componente de mezcla de gasolina convencional para motores (MGBC), butano, etanol y MTBE. Colombia, Jamaica y Perú importan etanol. República Dominicana, Ecuador, Panamá, y en menor cantidad Jamaica, importan butano.

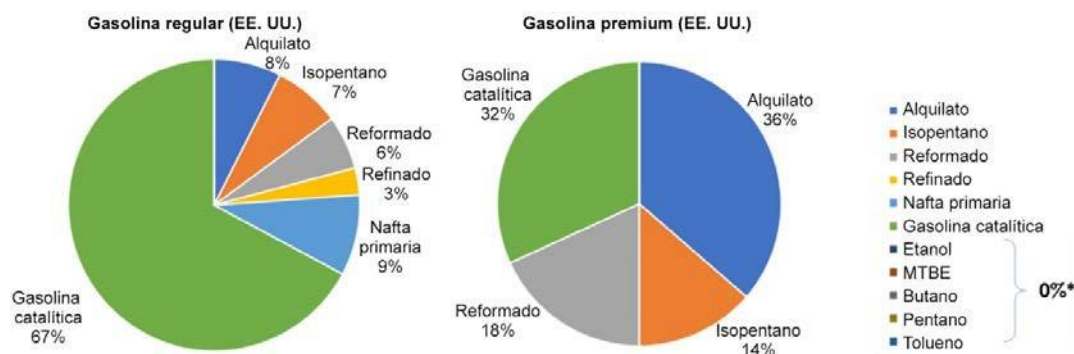
Figura 8: Exportaciones de componentes de mezcla estadounidense a países latinoamericanos



Fuente: U.S. EIA, Compilación de SGS INSPIRE

A efectos de este estudio, consideraremos los componentes de mezcla de gasolina tanto las producidas en las refinерías de Latinoamérica como los que son originarios de EE. UU., así como gasolina terminada exportada a Latinoamérica desde Estados Unidos. En general, los componentes de mezcla de gasolina exportados de EE. UU. tienen una composición y formulación similar a otros en el mercado, pero varían en octanaje.

Figura 9: Componentes de la mezcla de gasolina en Estados Unidos



Gasolinas típicas Regular y Premium de EE. UU. producidas en la refinерía Mery Sweeney de Texas.

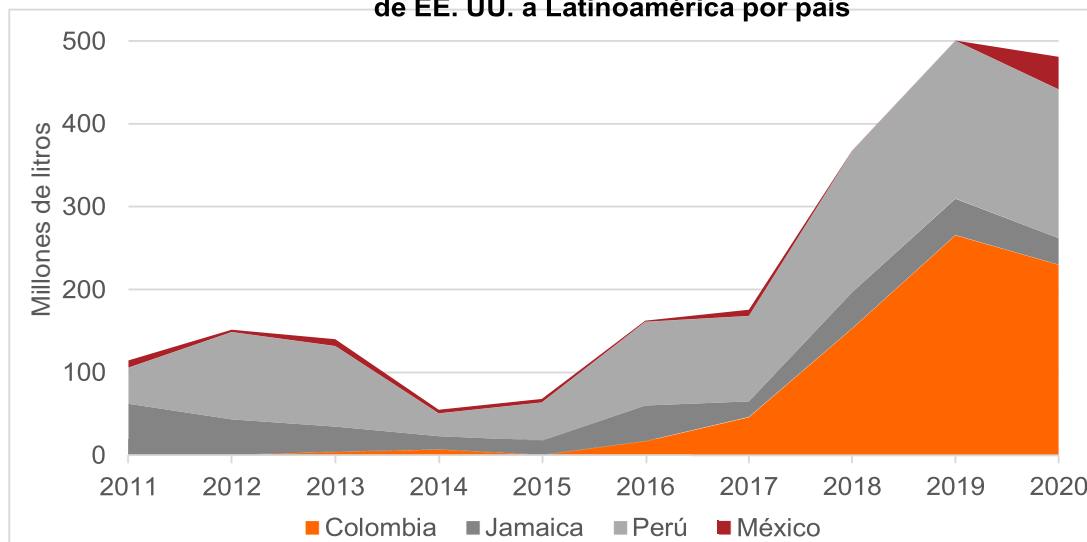
* En el ejemplo no se presentan algunos componentes, pero se puede tratar de componentes de la mezcla en otras gasolinas de otros países y otras refinерías.

Fuente: HCX

En varias partes del mundo se añade etanol a los componentes de mezcla de gasolina por diversas razones. Este combustible renovable, hecho de biomasa, potencia el octanaje, reduce el azufre y los hidrocarburos del componente de mezcla y se usa para cumplir con los objetivos de políticas de biocombustibles. Varios países de Latinoamérica cuentan con industrias de etanol nacional bien establecidas, no obstante, las importaciones de etanol estadounidense son también importantes y van en aumento, como lo muestra la siguiente gráfica.

Los países que más importan desde EE. UU. son por tradición Perú y Jamaica, pero recientemente Colombia sobrepasó a ambos. En 2020 las importaciones de etanol disminuyeron en todos los países, debido a una menor demanda de transporte ocasionada por la pandemia del covid-19, excepto México. A efectos de este estudio, se usó el código HS 220720 (Alcohol etílico y otras bebidas alcohólicas, desnaturizado, de cualquier graduación), ya que el combustible de etanol es desnaturizado. A lo largo de los años Argentina, República Dominicana, México, Costa Rica y Chile han importado pequeñas cantidades de combustible de etanol, siempre menos de 1 millón de litros al año por país.

Figura 10: Importaciones de combustible de etanol desnaturizado de EE. UU. a Latinoamérica por país



Fuente: Worldbank, U.S. Renewable Fuel Association, United Nations Comtrade, U.S. Department of Agriculture

Las fuentes consultadas para este análisis fueron administraciones nacionales o fuentes de la industria, Comtrade de las Naciones Unidas, Banco Mundial, el Departamento de Agricultura, la EIA y la Asociación de Combustibles Renovables de EE. UU.

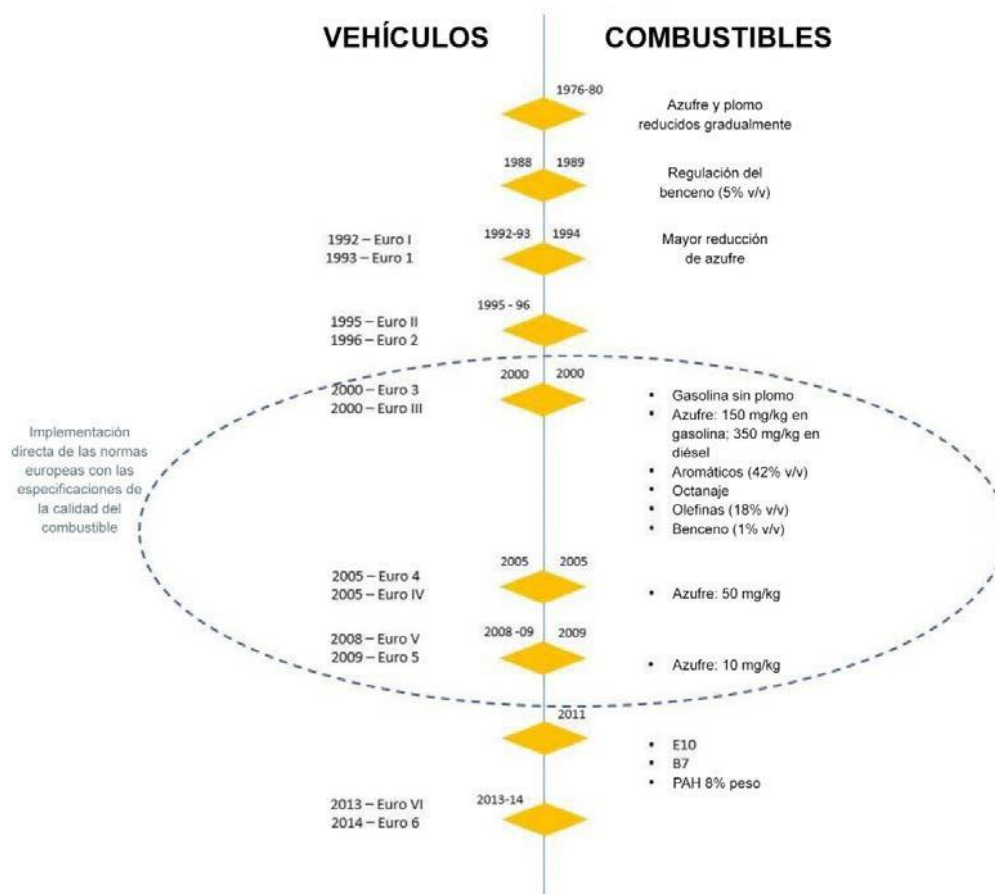
PUNTOS CLAVE

Esta sección analiza los quince países elegidos a partir de cuatro puntos de vista diferentes:

- Regulaciones: que muestran las leyes y especificaciones históricas y actuales de la gasolina y el etanol
- Normas de calidad y objetivos actuales del combustible: esta sección compara las normas nacionales de combustible con las normas de referencia de autorización Euro e indica cuáles de ellas se implementan en cada país. También se especifican normas de emisiones vehiculares. Las especificaciones implementadas por las directivas europeas consecutivas para mejorar la calidad del combustible se alinearon por normas más estrictas de emisiones vehiculares
- Comparación con la norma: se compararon las especificaciones nacionales con las especificaciones de calidad de combustible de autorización Euro 6. Cuando hay datos sobre la calidad real del combustible en el mercado, compilados por SGS con base en las muestras tomadas de gasolineras, también se comparan con las especificaciones para saber si la gasolina cumple con la reglamentación
- Análisis del componente de mezcla: al analizar la producción de gasolina, importaciones e inventarios de refinería, a cada país se le añade un promedio de componentes de la mezcla

Este cuadro señala las directivas europeas, con su correspondiente norma de autorización Euro.

Figura 11: Normas de calidad del combustible de autorización Euro y de emisiones vehiculares



Fuente: SGS

Como se puede ver en esta sección, muchos países latinoamericanos cuentan con industrias de etanol bien establecidas y muchos países, en especial en Suramérica, mezclan con etanol de conformidad con los mandatos reguladores de mezcla. La mayoría de los países cuentan con especificaciones del etanol por lo que la mezcla de etanol en la gasolina debe cumplirlas. Como se describió en la sección anterior, aunque algunos países cuentan con producción nacional de etanol, deben importarlo de terceros; tal es el caso de Colombia, Perú, Jamaica y más recientemente México.

Existen países que no mezclan etanol, pero tienen el potencial de hacerlo, como Chile y algunos centroamericanos.

La figura 12 muestra el uso o ausencia de etanol mezclado en la gasolina por país de la región y la figura 13 compara la calidad del combustible y las normas de emisiones de gases del escape, así como el uso de etanol por país.

Figura 12: Uso del etanol en Latinoamérica por país

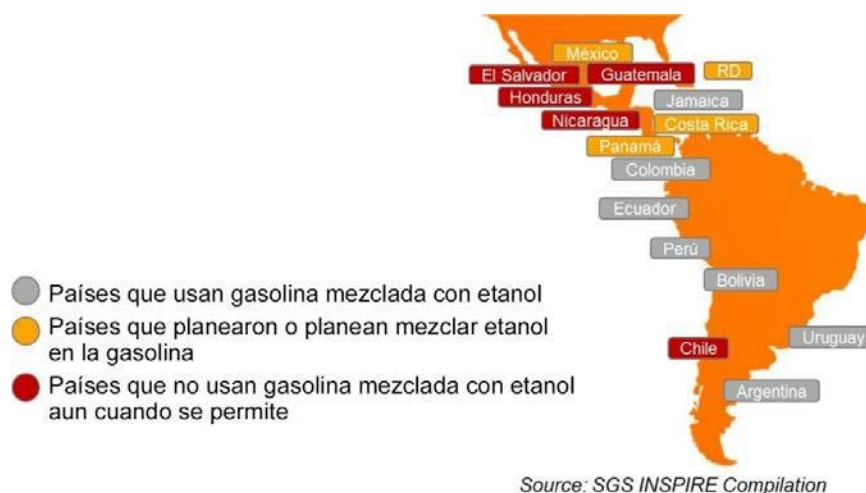


Figura 13: Comparación entre las normas de combustibles y de emisiones vehiculares, y el uso del etanol en Latinoamérica

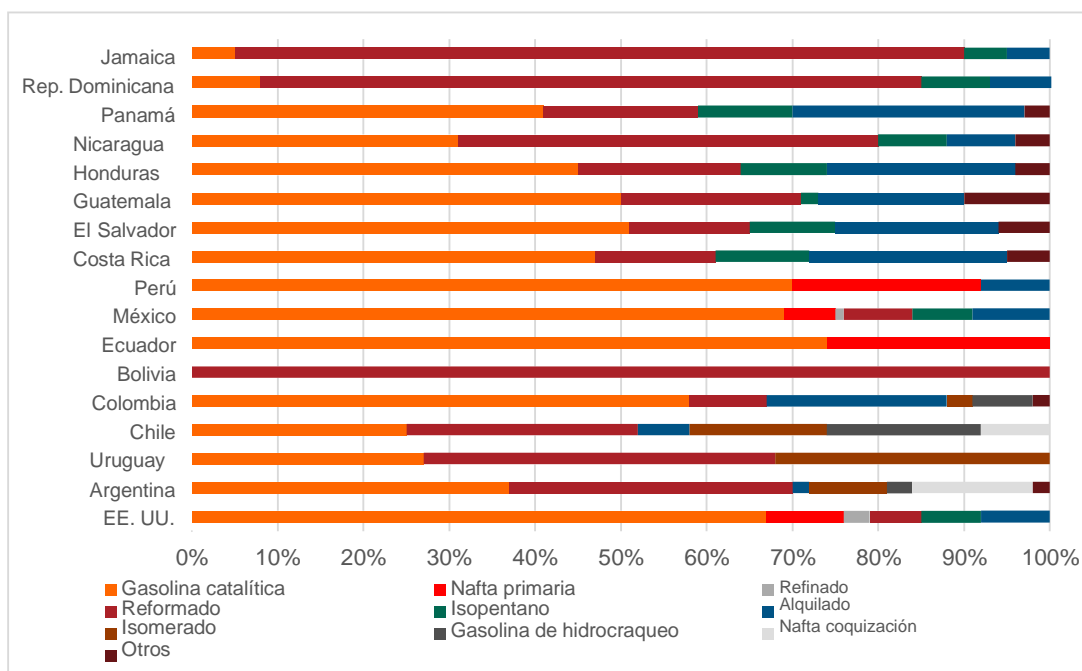
País	Norma Euro de autorización de calidad del combustible	Norma de emisiones de escape vehicular	Mandato de mezcla de etanol o permitido
México	Euro 3-4	Euro IV	E5.8 permitido (no se usa normalmente)
Guatemala	Euro 2	N/D	E10 (no se usa)
El Salvador	Euro 2	N/D	E0
Honduras	Euro 2	N/D	E0
Nicaragua	Euro 2	N/D	E0
Costa Rica	Euro 4	Euro 6	E10 permitido (no se usa)
Panamá	Euro 3	N/D	E10 (no se usa)
Jamaica	Euro 0	N/D	E10
RD	Euro 0	N/D	E10 permitido (no se usa)
Colombia	Euro 2	Euro 2/I-IV	E10/E0
Ecuador	Euro 2	Euro 3/I	E10 permitido (se usan E5 y E0)
Perú	Euro 1-4	Euro 4/IV	E7.8
Bolivia	Euro 2	Euro 2/III	E12 en un grado/E0
Uruguay	Euro 5/6	Euro III	E10
Argentina	Euro 3/Euro 5	Euro 5/V	E12
Chile	Euro 5	Euro 5/V	E5 (no se usa)

Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

Las especificaciones de cada país se comparan con las especificaciones más recientes de la UE y de haberla, la calidad real del combustible en el país. La conclusión de este análisis es que la gasolina en la región cumple con las especificaciones nacionales, excepto en contenido de etanol en los países con un mandato de mezclado. Comparado con las especificaciones de la UE, el octanaje y azufre son los parámetros con un mayor número de incumplimientos.

En lo que respecta a los componentes de la mezcla en la gasolina que se usa en la región, los dos componentes de mezcla que más se utilizan son la gasolina catalítica y reformado. Argentina, Chile, Colombia y México también producen otros componentes de mezcla, porque cuentan con refinerías más complejas. La figura 14 representa la mezcla de los componentes de gasolina utilizados para producir gasolina en los países latinoamericanos (y EE. UU.) y se describen en la siguiente sección. Se toma en cuenta la producción nacional y las importaciones.

Figura 14: Combinación de los componentes de mezcla de gasolinas que se usan en Latinoamérica y EE. UU.



Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

EL CARIBE: JAMAICA

REGULACIONES

Gasolina

Las especificaciones de la gasolina se muestran en la norma JS 341:2017, con 1.500 mg/kg de azufre. Las especificaciones de calidad del combustible fueron implementadas por el Ministerio pero redactadas por la Oficina de Normas de Jamaica. Existen dos normas, una de gasolina y otra de gasolina oxigenada. El octanaje de ambos grados es AKI 87 y AKI 90, respectivamente.

Etanol

Jamaica cuenta con la norma JS 341:2017 que permite el grado E10 con AKI 87 y AKI 90, con un contenido de etanol de entre 9 y 10% v/v.

NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES

Las especificaciones de la gasolina nacional de Jamaica son normas de autorización Euro 1. La UE no cuenta con especificaciones con 1.500 mg/kg; las especificaciones Euro iniciaron con un límite más estricto de azufre. Dado que en Jamaica se limita el benceno y en la UE se regula como Euro 1, se puede concluir que las especificaciones de Jamaica son Euro 1.

Además, no existen normas en vigor para las emisiones vehiculares.

COMPARACIÓN CON LAS NORMAS

El cuadro siguiente presenta un panorama de la comparación entre las propiedades principales en Jamaica y en la UE.

En Jamaica el octanaje se regula como AKI, no como RON y MON como en la UE. Jamaica permite un contenido de MTBE de 15% v/v, siendo este el único éter permitido. Esto también difiere con respecto a las especificaciones de la UE, de un contenido máximo de éter de 22% v/v. En la siguiente figura se observa que la calidad real cumple con todos los parámetros de las especificaciones de Jamaica excepto la PVR del grado regular y el mandato de etanol, que es 0.57% v/v, más bajo que la de mezcla de 10% v/v. El octanaje cumple con las especificaciones de Jamaica, pero los valores son menores que los límites mínimos de la UE.

La calidad real de la figura 35 se basa en 6 muestras (3 regular y 3 premium) tomadas en Kingston y Ocho Ríos en 2020. Presenta un panorama de esta comparación sobre las principales propiedades en Jamaica.

Figura 35: Comparación entre las especificaciones de Jamaica y la UE

	Especificaciones de Jamaica		Calidad real de la gasolina, promedio del verano 2020		UE			
Fecha de implementación	2017		Estudio llevado a cabo por SGS en un número limitado de gasolineras en el país		2017			
Grado seleccionado	Gasolina sin plomo AKI 87 E10	Gasolina sin plomo AKI 90 E10	Regular E10	Premium E10	RON 95 E5	RON 95 E10	RON 98 E5	RON 98 E10
Nombre	JS 341:2017		Valores promedio		EN 228:2012 + A1:2017 (de autorización Euro 6)			
Contenido de benceno	< 5 %v/v		1,07% v/v		< 1 %v/v			
Compuestos aromáticos	< 45 %v/v		27,9% v/v		< 35 %v/v			
Olefinas	-		6,8% v/v		< 18 %v/v			
Contenido de plomo	< 0,013 g/l		< 0,0025 g/l		< 5 mg/l			

Manganeso	< 18 mg/l		0 mg/l		< 2,0 mg/l			
RON			93,6	96,6	> 95	> 95	> 98	> 98
MON			84,3	85,2	> 85	> 88	> 85	> 88
AKI	90	87	90,9	89				
Contenido de azufre	< 1.500 mg/kg		18,5 mg/kg		< 10 mg/kg			
Contenido de oxígeno	< 4 %m/m (gasolina con etanol)		3,5% m/m		<2,7 % m/m	<3,7 %m/m	<2,7 %m/m	<3,7 %m/m
Etanol (EtOH)	< 10 %v/v		9,43% v/v		<5 %v/v	<10 %v/v	< 5 %v/v	<10 %v/v
PVR 37,8°C (Verano)	< 61 kPa	< 69 kPa	65,6 kPa	65,6 kPa	<> 60 - 70 kPa *Depende del país, la PVR está regulada en la calidad del combustible de la UE Directiva			
MTBE	< 15% v/v para gasolina sin etanol		0% v/v		-			
Éteres 5 o más Átomos de C	15% v/v (otros oxigenantes)		0% v/v		Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v	Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v

* Los valores que no cumplen con las especificaciones de la UE se presentan en naranja y en azul los que no cumplen con las especificaciones de Jamaica.

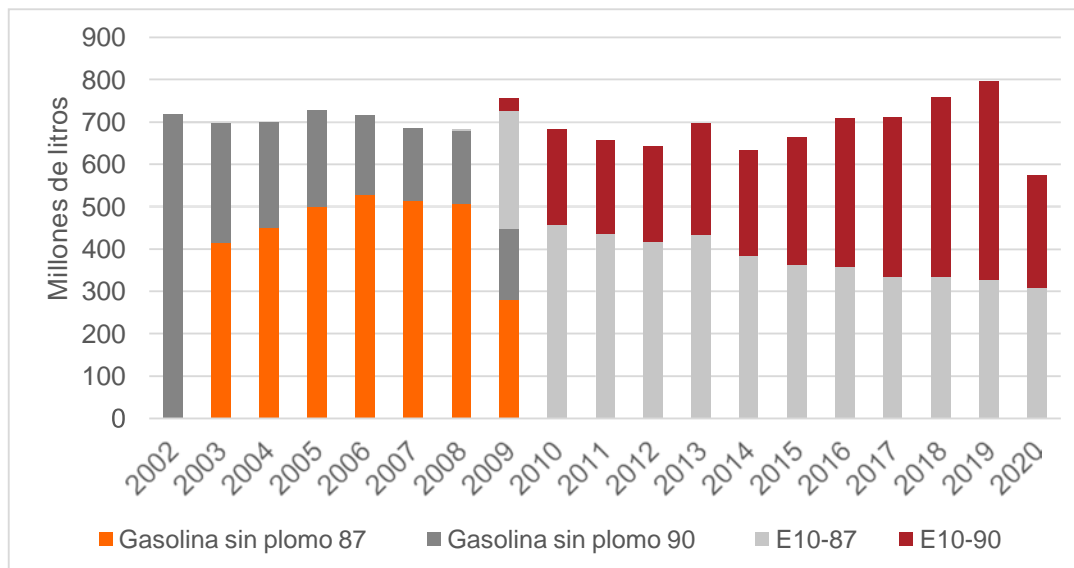
Fuente: Especificaciones de Jamaica y la UE, SGS Worldwide Fuel Survey, 2021

ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA

Desde 2010 Jamaica solo consume gasolina E10. La participación de AKI 87 y AKI 90 es similar, con un incremento en AKI 90 en los últimos años. Debido a la pandemia del covid-19, en 2020 las ventas de AKI 90 disminuyeron significativamente. De acuerdo con Petrojam, Jamaica produjo 377 millones de litros de gasolina AKI 90 en 2020.

En 2010 Jamaica implementó un mandato de gasolina E10. Por lo tanto, se ha implementado por completo, ya que a partir de 2010 toda la gasolina que hay en el mercado contiene etanol. Además, en 2018 el gobierno inició un plan para aumentar el mandato de etanol a 15% v/v, pero todavía no hay nada confirmado.

Figura 36: Consumo de la mezcla de etanol en Jamaica de 2002 a 2020

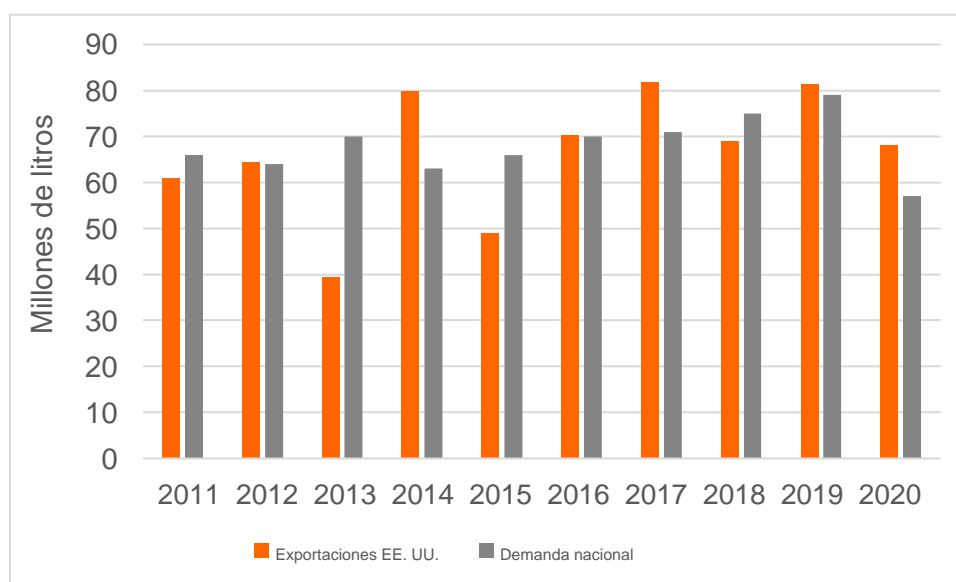


Fuente: Ministry of Energy of Jamaica

En Jamaica hay varias empresas que producen etanol, siendo la más importante Petrojam Ethanol Company Limited (PEL), propiedad de Petrojam. Sin embargo, en los últimos años esta empresa no ha producido etanol.

Si tomamos en cuenta la demanda nacional de gasolina en Jamaica, es posible calcular la demanda total de etanol, ya que se cumple el mandato de mezcla de 10% v/v de etanol en gasolina, como lo muestran los datos del Estudio Mundial de Combustibles del SGS. La figura 37 muestra cómo Jamaica importa de EE. UU. casi todas sus necesidades de etanol.

Figura 37: Oferta y demanda de etanol en Jamaica



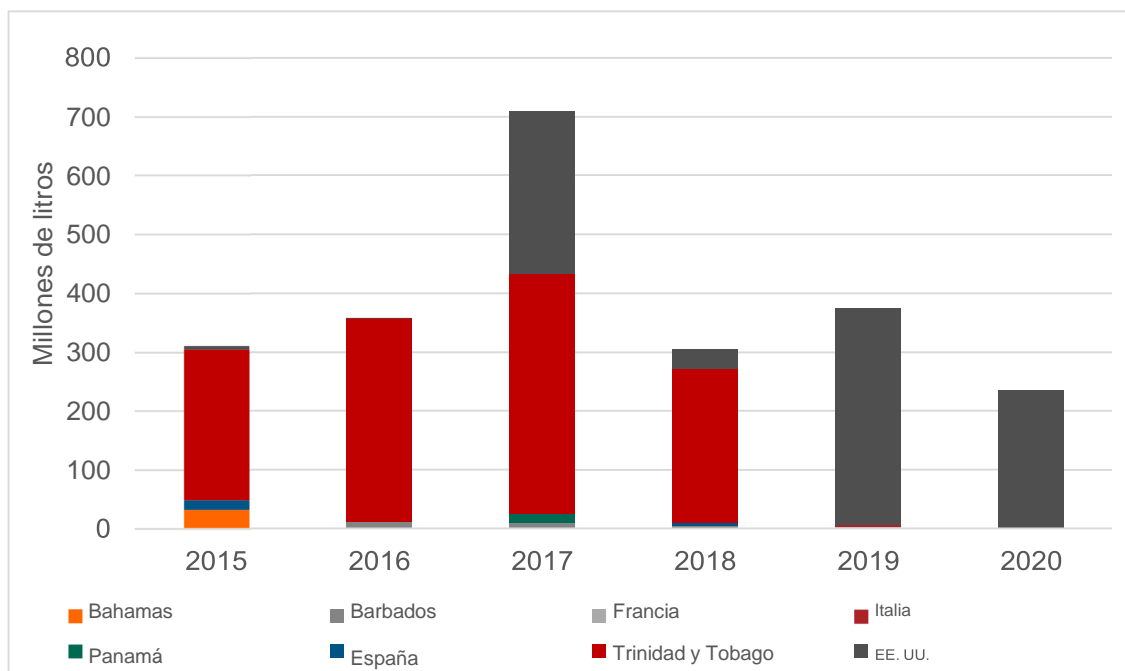
Fuente: EIA, Ministry of Petroleum of Jamaica

En 2019 Jamaica empezó a tener grandes importaciones de gasolina de EE. UU.

De acuerdo con la base de datos Comtrade de Naciones Unidas, en 2019 las importaciones de Jamaica del código de *commodity* HS 271012 alcohol de petróleo para vehículos de motor fueron de casi 400 millones de litros y la mayoría provino de EE. UU. De acuerdo con la EIA, Jamaica importó 234 millones de litros de gasolina.

El origen de las importaciones de gasolina ha cambiado de manera importante desde que Trinidad y Tobago dejó de exportar a Jamaica en 2019. Esto se debe a su capacidad reducida para producir combustibles en los últimos años.

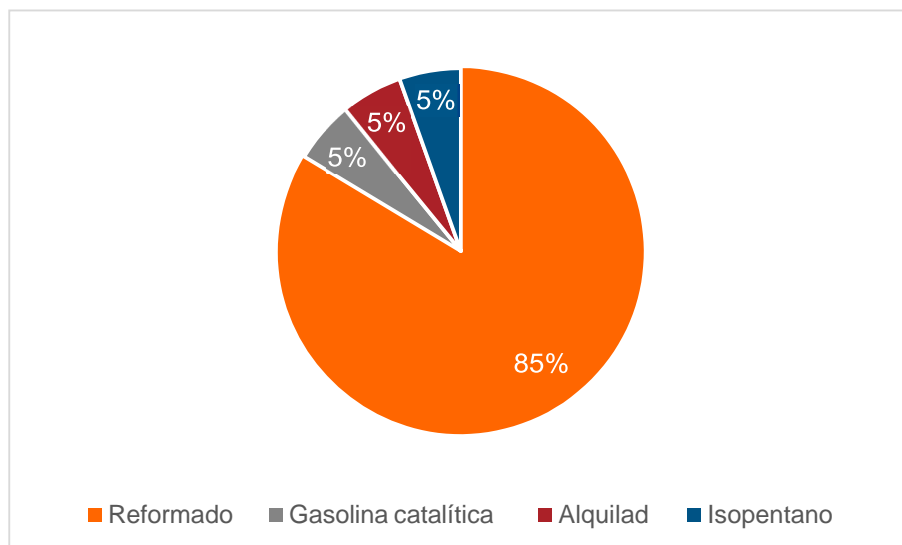
Figura 38: Importaciones de gasolina de Jamaica por año y país



Fuente: UN Comtrade, 2021

Por lo tanto, se puede concluir que Jamaica tiene una producción nacional de 281 millones de litros e importa 234 millones de litros de gasolina. El componente de gasolina que se produce principalmente en Jamaica es reformado, ya que la capacidad de refinación es muy sencilla, pero la combinación de los componentes de la mezcla es más rica debido a los que se utilizan en la gasolina estadounidense. En la siguiente figura se muestra el promedio de los componentes de la mezcla en Jamaica.

Figura 39: Componentes de la mezcla de gasolina producidos en Jamaica



Fuente: Ministry of Energy, UN Comtrade, EIA, Compilación SGS INSPIRE

EL CARIBE: REPÚBLICA DOMINICANA

REGULACIONES

Gasolina

Las especificaciones de la gasolina se encuentran en NORDOM 476 y NORDOM 653, ambas con 1.500 mg/kg de azufre. Las especificaciones de calidad del combustible las implementa el Ministerio. Existen dos estándares, uno de gasolina y otro de gasolina oxigenada. El octanaje de ambos grados es RON 89 y RON 96, respectivamente.

Etanol

La República Dominicana cuenta con la norma NORDOM 653, del Instituto Dominicano de Calidad, emitida en septiembre de 2010 para la mezcla de oxigenantes con gasolina. Además, el decreto número 566-05 estableció los requisitos técnicos para la importación, producción, almacenamiento y distribución de etanol mezclado con gasolina. Este decreto dio una exención de 1 psi (6.9 kPa) PVR a la gasolina oxigenada. El decreto estipula el monitoreo y las medidas de control necesarias contra la corrosión de los tanques. La norma NORDOM 653 permite un máximo de 10% v/v de etanol mezclado en la gasolina, pero hasta el momento no se mezcla etanol con gasolina.

NORMAS DE CALIDAD DE COMBUSTIBLES Y OBJETIVOS ACTUALES

Las especificaciones de la gasolina nacional de República Dominicana son normas de autorización Euro 0. La UE no cuenta con especificaciones con 1.500 mg/kg; las especificaciones Euro iniciaron con un límite más estricto de azufre. Ya que en República Dominicana no hay límite del benceno y en la UE se regula como Euro 1, se puede concluir que las especificaciones de la República Dominicana son Euro 0.

Además, no existen normas en vigor para las emisiones vehiculares.

COMPARACIÓN CON LAS NORMAS

El cuadro siguiente presenta un panorama de la comparación entre las propiedades principales en la República Dominicana y la UE. De los países estudiados, es probable que la República Dominicana sea el país que tenga menos especificaciones similares con relación a la UE.

República Dominicana no regula los hidrocarburos e implementa un límite de contenido de plomo más bajo que en la UE. El límite de contenido de manganeso es también más alto que en la UE. Los límites de octanaje, azufre y oxígeno también son menos estrictos que en la UE.

La calidad real de la gasolina en el verano de 2020 de República Dominicana cumplió con las especificaciones nacionales, pero el contenido de benceno, azufre y el octanaje no cumplieron con las especificaciones de la UE.

La calidad real en el siguiente cuadro se basa en 8 muestras (4 regular y 4 premium) tomadas en Santo Domingo en 2020.

Figura 31: Comparación entre las especificaciones de República Dominicana y la UE

	República Dominicana				Promedio de la calidad real de la gasolina de verano de la RD en 2020		UE			
Fecha de implementación	2010				N/D		2017			
Grado seleccionado	Gasolina regular para oxigenar Mezcla	Gasolina premium para oxigenar Mezcla	Gasolina regular oxigenada	Gasolina premium oxigenada	Regular sin plomo 89	Premium sin plomo 95	RON 95 E5	RON 95 E10	RON 98 E5	RON 98 E10
Nombre	NORDOM 653				Valores promedio		EN 228:2012 + A1:2017 (de autorización Euro 6)			
Contenido de benceno	-				1,34% v/v		< 1 %v/v			
Compuestos aromáticos	-				34,2% v/v		< 35 %v/v			
Olefinas	-				15,2% v/v		< 18 %v/v			
Contenido de plomo	< 0,013 g/l				< 0,0025 g/l		< 5 mg/l			
Manganeso	< 8,3 mg/l (gasolina sin etanol)				< 0,1 mg/l		< 2,0 mg/l			
RON	> 86	> 91	> 90	> 96	92,7	95,3	- 95	> 95	> 98	> 98
MON	> 73	> 78	> 77	> 83	82,9	84,1	- 85	> 88	> 85	> 88
Contenido de azufre	< 1.500 mg/kg				39,5 mg/kg		< 10 mg/kg			
Contenido de oxígeno	< 3.5 %m/m (gasolina con etanol)				-		<2,7 %m/m	<3,7 %m/m	<2,7 %m/m	<3,7 %m/m
Etanol (EtOH)	< 10 %v/v				0% v/v		< 5 %v/v	<10 %v/v	<5 %v/v	<10 %v/v
PVR 37,8°C (Verano)	< 61 kPa		< 69 kPa		52,7 kPa	52,1 kPa	<> 60 - 70 kPa *Depende del país, la PVR está regulada en la Directiva de Calidad de Combustibles de la UE			
Éteres con 5 átomos de C o más	-				0% v/v		Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v	Con base en el contenido de oxígeno	<22 %v/v

* Los valores que no cumplen con las especificaciones de la UE se presentan en naranja y en azul los que no cumplen con las especificaciones de República Dominicana.

Fuente: Especificaciones dominicanas y de la UE, SGS Worldwide Fuel Survey, 2021

ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE MEZCLA

La República Dominicana cuenta con producción nacional de gasolina, que complementa con importaciones. REFIDOMSA es la compañía petrolera nacional. De acuerdo con la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en 2019, la refinería cubrió el 20% de la demanda nacional de gasolina.

La figura 32 muestra las empresas de distribución de combustible que abastecen al país y los países desde los que se importa.

Figura 32: Empresas de combustible y participación de las importaciones de gasolina por origen, 2019



Grandes empresas nacionales: Coastal, Costasur, Gulfstream, V Energy y Refidomsa. Pequeñas empresas nacionales: Interquímica, Laesa, Lear, Transcontinental.

Refidomsa y Coastal son las únicas dos empresas nacionales. Refidomsa es la única empresa que refina productos del petróleo.

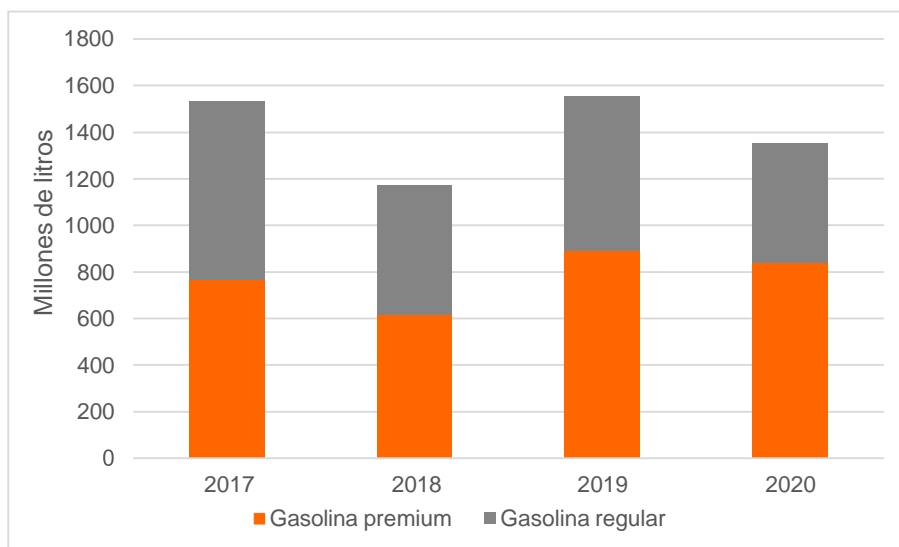
Fuente: CEPAL, basado en datos oficiales de la Dirección de Combustibles del Ministerio de Industria, Comercio y mipymes de la Rep. Dominicana, 2021

El componente de la gasolina que se produce principalmente en la República Dominicana es el reformado, ya que la capacidad de refinación es muy sencilla. La combinación de los componentes de la mezcla de gasolina de República Dominicana también incluiría a la gasolina catalítica, por las importaciones de EE. UU.

La República Dominicana no cuenta con un mandato de etanol.

Como lo muestra la siguiente figura, en 2019, República Dominicana consumió 892 millones de litros de gasolina premium y 663 millones de litros de regular.

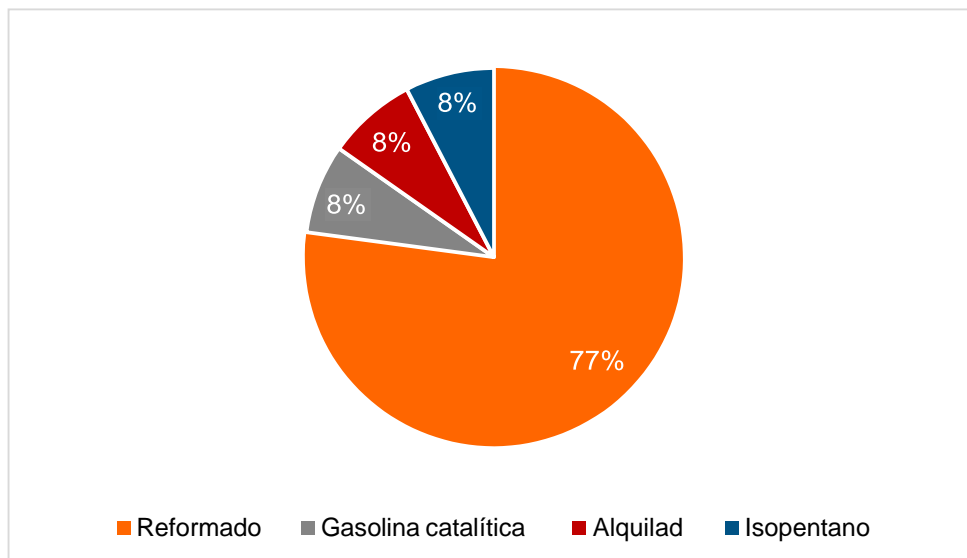
Figura 33: Consumo de gasolina en la República Dominicana



Fuente: Ministerio de Comercio, 2021

La República Dominicana produce el 20% de la gasolina que consume. Si se toma esto en cuenta, junto con el origen de las importaciones, llevó a que SGS INSPIRE calculara la combinación de los componentes de la mezcla de la demanda total de gasolina.

Figura 34: Componentes de la mezcla de gasolina producida en la República Dominicana



Fuente: Ministerio de Comercio, CEPAL, EIA, Compilación de SGS INSPIRE

SECCIÓN 2. OPTIMIZACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA GASOLINA PARA LA MEZCLA CON ETANOL

Esta sección analiza los resultados del modelo de optimización de la mezcla y muestra cómo el incremento en la mezcla de etanol podría optimizar la combinación de los componentes de la mezcla en cada país.

El modelo de mezcla pretende minimizar el precio de una gasolina terminada generada con el modelo, basándose en los precios de sus componentes. Además, busca el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos, con el uso de los componentes de la mezcla de gasolina disponibles en el país seleccionado. El modelo además optimiza el precio del componente de la mezcla mediante restricciones de calidad. Estas restricciones permiten que la mezcla cumpla con las propiedades establecidas en la gasolina terminada. El modelo trabaja con composición volumétrica (% v/v) de los componentes. Los componentes de la mezcla y su cantidad máxima se restringen de acuerdo con la disponibilidad en el país seleccionado.

La figura 132 muestra los precios que se tomaron en cuenta para los componentes de la mezcla de gasolina en el modelo.

Figura 132: Precios de los componentes de la mezcla de gasolina utilizados en el modelo de optimización de 2019

	Precio (USD/gal)
MTBE FOB USG	1,9
Alquilado FOB USGC barcaza	1,8
Reformado FOB USGC barcaza	1,8
Butano normal	0,7
Gasolina catalítica C5-400	1,6
Nafta de coquización	1,1
Isobutano	0,8
Isomerado C5	1,6
Pentano normal	0,7
Gasolina RBOB 83.7 USGC Houston prompt pipeline	1,6
Gasolina RBOB 91.3 USGC Houston prompt pipeline	1,7

Fuente: HCX

Con la herramienta de optimización de Excel, Solver, se evalúan múltiples combinaciones de componentes y se comparan los resultados de las ecuaciones con las propiedades de la gasolina terminada.

Después de múltiples iteraciones, el modelo obtuvo el % v/v de los componentes a ser mezclados con etanol, que cumplieran todas las restricciones de calidad y de precio.

Los componentes de la mezcla utilizados en el modelo son principalmente reformado, gasolina catalítica, isobutano, Isomerado, Alquilado y etanol. No obstante, como se muestra en la [Sección 1](#), hay algunos países (es decir, Argentina, Ecuador, México, Perú) que producen otros componentes de la mezcla. En la figura 133 se definen los componentes de la mezcla incluidos en el modelo y otros componentes menores producidos en las refinerías de Latinoamérica, de acuerdo con los puntos de destilación. Es posible sustituir componentes con características similares en el proceso de mezclado de componentes para la producción de gasolina.

Figura 133: Comparación de los componentes de la mezcla de gasolina según los puntos de destilación

Componentes de la mezcla de gasolina	Definición
Reformado	La combinación compleja de hidrocarburos que se obtienen en un proceso hidrorrefinador-powerformer y con un rango de ebullición aproximado de 27°C a 210°C (de 80°F a 410°F)
Componentes de la mezcla de alto octanaje	Combinación compleja de alto octanaje de los hidrocarburos que se obtienen por la deshidrogenación catalítica de una nafta nafténica. Consiste predominantemente de aromáticos y no aromáticos que tienen números de carbono en su mayoría en el rango de C5 a C11 y con un rango de ebullición aproximado de 45°C a 185°C (113°F a 365°F)
Gasolina de hidrocrackeo	Combinación compleja de hidrocarburos a partir de la destilación de productos de un proceso de hidrocrackeo. Consiste predominantemente de hidrocarburos saturados que tienen números de carbono en su mayoría en el rango de C4 a C10 y con un rango de ebullición aproximado de -20°C a 180°C (-4°F a 356°F)
Gasolina catalítica	Combinación compleja de hidrocarburos producidos a partir de la destilación de productos de un proceso de reformado catalítico. Consiste primordialmente de hidrocarburos aromáticos que tienen números de carbono en su mayoría en el rango de C7 a C12 y con un rango de ebullición aproximado de 90°C a 230°C (194°F a 446°F)
Alquilado (ligero)	Combinación compleja de hidrocarburos producidos a partir de la destilación de los productos de la reacción de isobutano con hidrocarburos monoolefínicos que por lo general van en números de carbono de C3 a C5. Consiste predominantemente de hidrocarburos saturados de cadena ramificada con números de carbono en el rango de C7 a C10 y con un rango de ebullición aproximado de 90°C a 160°C (194°F a 320°F)
Isomerado	Combinación compleja de hidrocarburos obtenidos a partir de la isomerización catalítica de hidrocarburos parafínicos de C4 a C6 de cadena lineal. Consiste predominantemente de hidrocarburos saturados como isobutano, isopentano, 2,2 dimetilbutano, 2-metilpentano y 3-metilpentano. El rango de ebullición es de aproximadamente de 40°C a 140°C (104°F a 284°F)
Isobutano	Compuesto incluido en el Isomerado
Nafta primaria nacional	Oleoproductos refinados, parcialmente refinados o sin refinar producidos por la destilación de gas natural. Consiste en hidrocarburos que tienen números de carbono predominantemente en el rango de C5 a C6 y con un rango de ebullición aproximado de 100°C a 200°C (212°F a 392°F)
Nafta de coquización	Combinación compleja de hidrocarburos que se obtienen mediante el fraccionamiento de destilado de coque hidrodesulfurado. Consiste predominantemente de hidrocarburos que tienen números de carbono en su mayoría en el rango de C5 a C11 y con un rango de ebullición aproximado de 23°C a 196°C (73°F a 385°F)

Fuente: CONCAWE, Petroleum Substances Inventory

En países que importan bastante gasolina, la combinación de los componentes de la mezcla es un promedio de productos fabricados nacionalmente y componentes que por lo general se importan.

En países netamente importadores, la combinación de los componentes de la mezcla es similar a la composición de las gasolinas convencionales producidas en EE. UU., dado que es el principal exportador de gasolina de la región.

Aspectos económicos de la optimización de componentes de la mezcla

De acuerdo con el estudio [The Impact of Ethanol Blending on U.S. Gasoline Prices](#) llevado a cabo por el National Renewable Energy Laboratory de EE. UU. en 2008, la mezcla de etanol en EE. UU. mantenía los precios de la gasolina al menudeo unos 17 centavos por galón menos que lo que serían sin etanol.

Otro [estudio](#) de la Universidad de California, 'Cost Benefit Analysis of MTBE and Alternative Gasoline Formulations', concluye que el costo de usar MTBE compensa los beneficios, si se toman en cuenta las políticas de calidad del aire y del agua. Hay alternativas de formulaciones de la gasolina que logran los beneficios de la calidad del aire de CaRFG2 sin los riesgos adicionales a los recursos hídricos de California ni los costos del tratamiento del agua. La política californiana de gasolina, CaRFG2, mezclada con etanol tiene un costo neto para lograr los beneficios en la calidad del aire. CaRFG2 con MTBE tiene el costo neto más alto de lograr los beneficios en la calidad del aire. Los factores de costo más importantes del MTBE son el costo del tratamiento del agua a fin de evitar daños a la salud humana, el aumento del costo directo y la posible pérdida de valor de la navegación recreativa.

Puntos clave

La mezcla de componentes optimizados de los países con refinerías sencillas se compone principalmente de gasolina reformada, catalítica e Isomerado. En el caso de los países con refinerías más complejas o con grandes importaciones, la combinación de los componentes de la mezcla es reformado, gasolina catalítica, Isomerado, isobutano y Alquilado, en distintas proporciones.

Por lo general, la adición de etanol reduce la gasolina catalítica antes del reformado. Esto se debe a que sus precios son similares (el reformado es un poco más caro que la gasolina catalítica), pero el reformado tiene mayor octanaje, lo que representa una ventaja en la combinación de los componentes de la mezcla.

La adición de etanol en la combinación optimizada de los componentes de la mezcla provoca que se usen cortes más baratos, ya que el etanol aumenta el octanaje y no contiene azufre ni hidrocarburos. Además, hay una menor necesidad de añadir Alquilado, que es uno de los componentes de la mezcla más caros, y su proceso de producción (la unidad de alquilación) se encuentra con menor frecuencia en las refinerías que el reformado o las unidades FCC. Como se constata en varios países, el Alquilado es el componente de la mezcla que sale de la mezcla al añadir etanol.

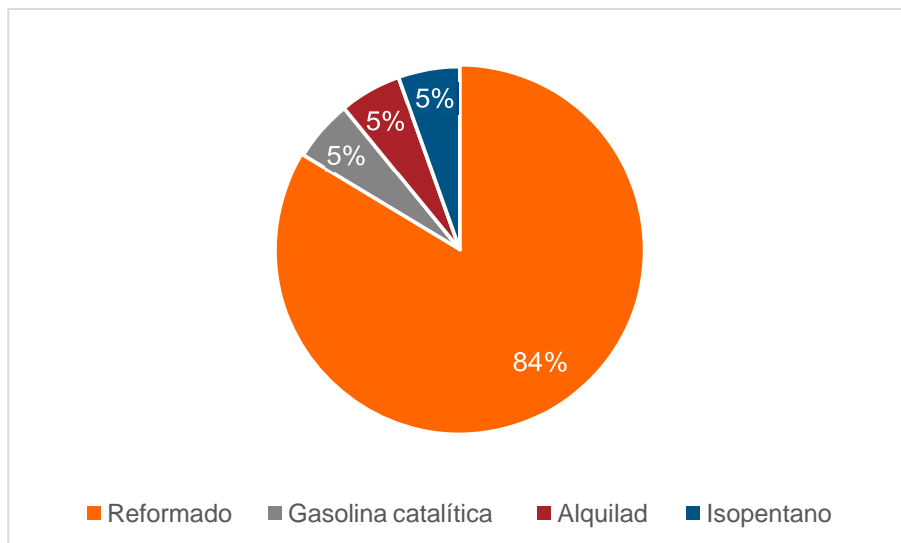
En los países en los que no se utiliza etanol y el principal componente de la mezcla para aumentar octanaje es el MTBE, éste último puede sustituirse por etanol si se controla la PVR más allá de las especificaciones. Si los datos de la calidad real de la PVR están muy por debajo de los límites reglamentarios, es factible dicha sustitución.

Jamaica

En la figura 155 se muestra la combinación optimizada de los componentes de la mezcla para la producción de gasolina, así como la combinación optimizada si se añade etanol a los grados E10, E15, E20, E25 y E30.

Esto se compara con la combinación de los componentes de la mezcla de gasolina, que se muestra a continuación.

Figura 154: Componentes de la mezcla de gasolina producidos en Jamaica



Fuente: Ministry of Energy, UN Comtrade, EIA, Compilación de SGS INSPIRE

La diferencia de la combinación de los componentes de la mezcla actuales para la producción de gasolina con la combinación optimizada que se muestra a continuación es significativa. En la actualidad, en Jamaica se usa mayormente el reformado como componente de la mezcla, debido a la sencillez de sus refinerías, pero para mejorar la calidad del combustible sin incrementar el precio total de la gasolina, se deben añadir pequeñas cantidades de isobutano e Isomerado.

En 2018 el gobierno inició un plan para aumentar el mandato de etanol a 15 % v/v, pero todavía no hay nada confirmado. El aumento del contenido de etanol en la combinación de los componentes de la mezcla ayuda a reducir el azufre y a aumentar el octanaje. Esto implicaría la reducción de reformado y gasolina catalítica, los subproductos de mayor uso en los países con refinerías más sencillas. Esto significaría que Jamaica necesita incluir compuestos de alto octanaje, que se producen en refinerías más complejas, que por lo regular son más caros.

Figura 155: Combinación de los componentes de la mezcla de mezclas de etanol y composición final de los grados de etanol



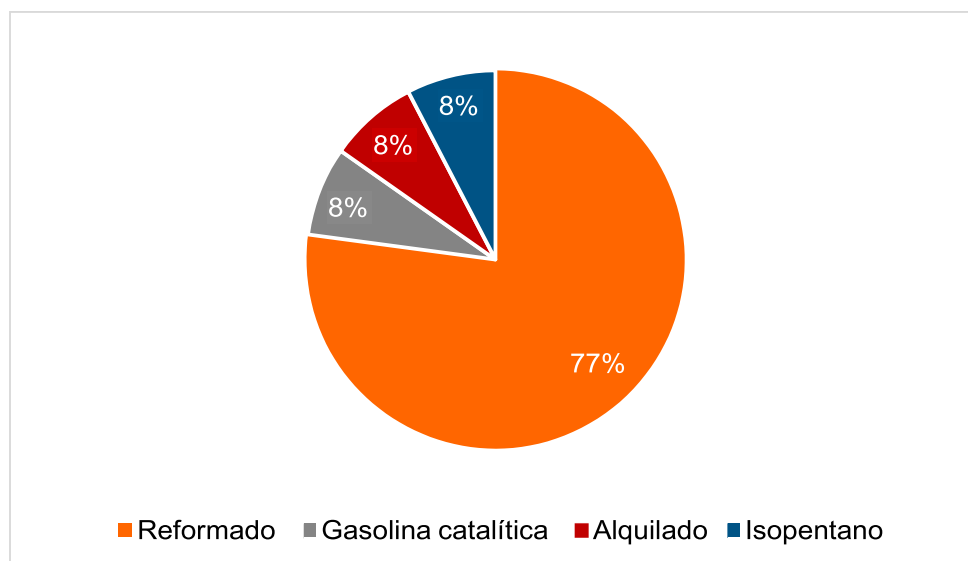
Fuente: HCX

República Dominicana

En la figura 141 se muestra la combinación optimizada de los componentes de la mezcla para la producción de gasolina, así como la combinación optimizada si se añade etanol a los grados E10, E15, E20, E25 y E30.

Se compara con la combinación de los componentes de la mezcla de gasolina, que se muestra a continuación.

Figura 144: Componentes de la mezcla de gasolina producida en la República Dominicana

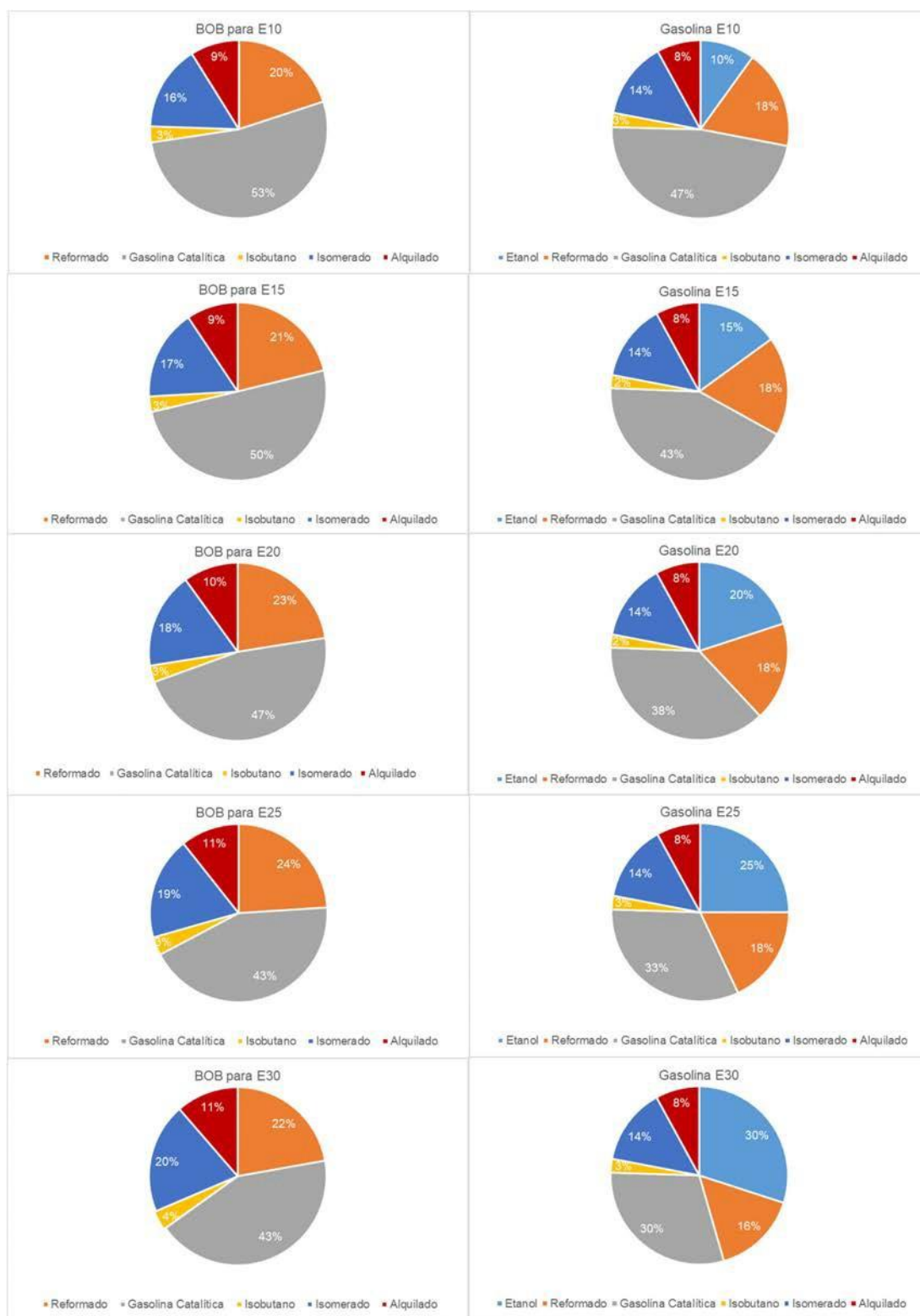


Fuente: Ministerio de Comercio, CEPAL, EIA, Compilación de SGS INSPIRE

La diferencia de la combinación actual de los componentes de la mezcla para la producción de gasolina (que [aquí](#) se muestra) y la combinación optimizada que se muestra a continuación es significativa. En la actualidad, en la República Dominicana se usa mayormente el reformado, debido a la sencillez de sus refinerías. En la mezcla optimizada de componentes también están presentes la gasolina catalítica, Alquilado e isobutano.

El aumento del contenido de etanol en la combinación de los componentes de la mezcla ayuda a reducir el azufre y a aumentar el octanaje. También reduciría la necesidad de incluir productos de refinación más costosos, de los cuales carece el país. Sigue siendo significativo el contenido de reformado incluso cuando se añade una cantidad considerable de etanol en la gasolina, lo cual es positivo debido a que es el componente de la mezcla de gasolina que se produce en mayor proporción en el país. Es proporcional la reducción de gasolina catalítica, reformado e Isomerado al añadir etanol.

Figura 145: Combinación de los componentes de la mezcla de mezclas de etanol y composición final de los grados de etanol



Fuente: HCX

SECCIÓN 3: ANÁLISIS DEL IMPACTO POTENCIAL DE LA MEZCLA DE ETANOL EN LAS EMISIONES

SGS INSPIRE analizó el impacto potencial de mezclar etanol en la gasolina a distintos niveles (10%, 15%, 20%, 25% y 30%) en los parámetros de emisiones no reguladas: monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), compuestos orgánicos volátiles evaporativos (COV evap), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), amoníaco (NH₃), plomo, butadieno, acetaldehídos, formaldehídos, benceno, dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), materia en partículas con diámetro menor a 10 micrómetros (PM10) y con diámetro menor a 2,5 micrómetros (PM2.5).

La contaminación del aire es la presencia de una o más sustancias en una concentración o duración por arriba de los niveles naturales, con el potencial de producir efectos adversos (Seinfeld y Pandis, 2006). La figura 166 resume los contaminantes del aire y las clases de contaminantes de interés, sus principales fuentes y su evaluación de acuerdo con el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer.

Figura 166: Contaminantes del aire, clases de contaminantes de interés y sus fuentes

Principales contaminantes del aire					
Contaminante / clase de contaminante	Ejemplos	Fuentes principales de la industria del petróleo	IARC cancerígenos*	Potencia relativa de riesgo de cáncer	Precursor de ozono
Oxidantes fotoquímicos	Ozono	A partir de NO _x , COV y CO	N/D		N/D
Dióxido de azufre (SO ₂)	SO ₂	Combustión de combustible fósil	N/D		
Monóxido de carbono (CO)	CO	Combustión de combustible fósil, oxidación de COV biogénicos emisiones	N/D		Sí
Óxidos de nitrógeno (NO _x)	NO _x	Procesos de combustión	N/D		Sí
Contaminantes peligrosos del aire (CPA)	Benceno, 1,3-butadieno, formaldehído, ácidos	Combustión incompleta, procesamiento químico, uso de solvente	Grupo 1	Benceno: 0,026 1,3-butadieno: 0,155 Formaldehído: 0,005	
Plomo (Pb)	Pb	Combustión de combustible con plomo, procesamiento del plomo	Grupo 2A		
PM, incluye PM2.5, PM10	Iones inorgánicos (es decir, sulfato); óxidos metálicos; material carbonoso	Combustión de combustibles fósiles y biomasa, emisiones biogénicas, conversión de gas a partícula	N/D		

Carbono orgánico (CO)	Hopanos, esteranos, hidrocarburos aromáticos policíclicos, levoglucosano	Combustión de combustibles fósiles y de biomasa, oxidación de compuestos orgánicos gaseosos	N/D		
Contaminantes secundarios del aire					
Amoniaco (NH ₃)	NH ₃	Descomposición de materia orgánica de desperdicio, escape de gas	N/D		
Emisiones de gases de efecto invernadero	Monóxido de carbono (CO ₂), metano (CH ₄), óxido nitroso (N ₂ O) y gases fluorinados	Quema de combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural	N/D		Sí
Acetaldehídos	CH ₃ CHO	Puede estar formado por la descomposición del etanol	Grupo B2	0,002	

* Grupo 1: cancerígeno en humanos
 Grupo 2A: posible cancerígeno en humanos
 Grupo 2B: posible cancerígeno en humanos
 Grupo 3: no clasificable como cancerígeno en humanos

Fuente: International Agency for Research on Cancer (IARC), U.S. Environmental Protection Agency (EPA), European Commission, The University of Illinois at Chicago, California Environmental Protection Agency

El modelo usado para este análisis es el [Modelo internacional de emisiones vehiculares \(IVE\)](#). El modelo es un modelo computarizado (JAVA) diseñado para calcular las emisiones de vehículos de motor (motocicletas, autos, camiones, autobuses) con distintas tecnologías y condiciones de manejo. Calcula las emisiones de contaminantes del criterio, contaminantes tóxicos y gases de efecto invernadero (GEI) tomando en cuenta las emisiones de escape y evaporativas.

El concepto de este modelo fue el de brindar a los países en desarrollo una herramienta rápida de cálculo de inventarios de emisiones de los vehículos en circulación. Debe desarrollar cálculos de las emisiones enfocado en el control de emisiones, predecir cómo las diferentes estrategias afectarán las emisiones locales y con el tiempo, medir el avance en la reducción de emisiones. Se ha usado para generar inventarios de emisiones vehiculares en Buenos Aires, Bogotá, Sao Paulo, Lima, Santiago de Chile, México, entre otras.

Fue desarrollado por la Universidad de California en Riverside, el Colegio de Ingeniería del Environmental Research and Technology Center, el International Center for Research on Sustainable Systems y la Research in Sustainable Global Systems Company, con financiamiento de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).

El modelo IVE permite crear, agregar y manipular archivos nuevos de datos en su interior o importarlos desde otro software. Es posible cambiar directamente la ubicación y características del combustible para ajustar las tasas de emisión de la región analizada. También incorpora los patrones de conducción, lo cual permite corregir emisiones de acuerdo con los hábitos de manejo locales.

SGS INSPIRE recolectó información de la flota por tipo de vehículo y combustible de cada país. El modelo utiliza tasas de emisión con base en la tecnología vehicular (autos, camionetas, camiones, autobuses, motocicletas), antigüedad promedio de la flota vehicular, distancia promedio manejada por tipo de vehículo por país, así como condiciones geográficas y climáticas (altitud, humedad, temperatura).

Metodología del modelo de emisiones

La base del proceso de predicción de emisiones del modelo IVE es aplicar una tasa de emisión base con una serie de factor de corrección para calcular la cantidad de contaminantes de una gran variedad de tipos de vehículos. La bases de datos de factores de emisiones base, así como la de los ajustes de factores están a disposición para descargar. Estos factores se pueden ajustar para la región analizada y se pueden generar y manipular nuevos archivos de datos en el modelo IVE.

A continuación se muestran los resultados de cada país del estudio. Los resultados se representan por grado, a menos que los grados usen el mismo componente de la mezcla de gasolina (BOB), que muestre las mismas emisiones.

El modelado se hizo con los datos del SGS Worldwide Fuel Survey de la calidad real de la gasolina de los países en los que hay esta información, los mismos datos que se muestran en la [Sección 1](#). Para Nicaragua, República Dominicana y Jamaica, el modelo se realizó con las especificaciones actuales de gasolina, ya que no había datos de la calidad real.

Puntos clave

En la mayoría de los países, la adición de etanol disminuye las emisiones de CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, butadieno, formaldehídos, benceno, CO₂, N₂O, PM2.5 y PM10. En algunos países como Bolivia o Chile, no disminuyó la emisión de butadieno, pero es demasiado baja con respecto a otros países.

Las emisiones de los COV evaporativos y CH₄ siguen siendo constantes con la adición de etanol en todos los países del informe, porque no se encontró un factor de corrección que redujera las emisiones que pudiera funcionar.

Las emisiones de acetaldehídos aumentó solo a partir de E20, es decir, cuando se añade a la gasolina 20% v/v de etanol. Con 30% v/v de etanol mezclado en la gasolina, las emisiones de acetaldehído aumentan 10% a partir de la línea base o E0 (adición de 0% v/v de etanol). Este aumento es bajo comparado con la disminución del 62% de emisiones de benceno observada de E30 a E0 en todos los países. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE. UU., los acetaldehídos tienen baja toxicidad aguda por inhalación y moderada por exposición oral o dérmica.

Las emisiones más altas de todas fueron de CO₂. Las emisiones de N₂O no disminuyen significativamente. Las emisiones de CO difieren en la región. Fueron altas en los países con flotas de vehículos viejos que no implementan emisiones vehiculares estrictas. En Ecuador, las emisiones de benceno fueron las únicas diferentes entre los dos grados de octanaje evaluados.

Al analizar la comparación de las emisiones de distintos grados de gasolina por octanaje se muestra que algunos países usan el mismo componente de mezcla para BOB y presentan las mismas emisiones, como Chile, Colombia o República Dominicana, otros usan un BOB muy similar, como Costa Rica y otros usan un BOB diferente, como es el caso de Argentina. En Argentina, las emisiones de COV evap, plomo, benceno, CO₂, N₂O, CH₄, PM2.5, PM10 son las mismas para ambos grados, mientras que las emisiones de CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, butadieno, acetaldehídos y formaldehídos disminuyen al aumentar el octanaje.

Jamaica

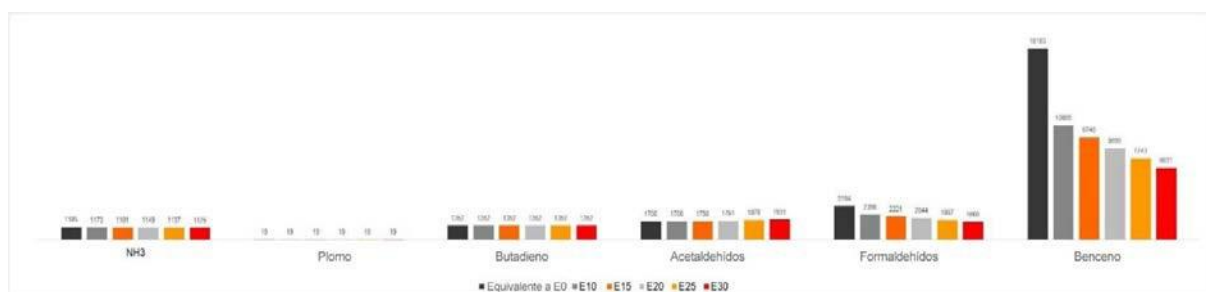
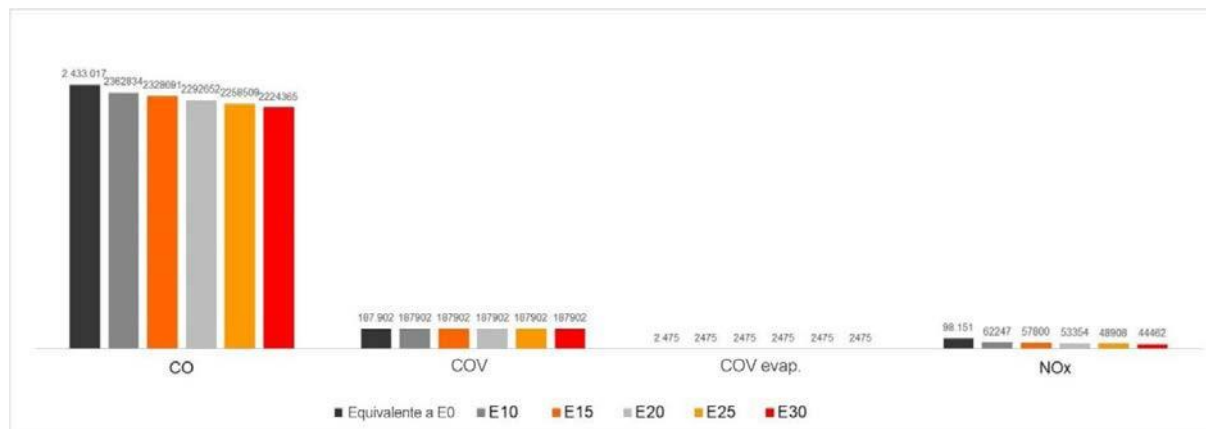
A continuación se describen las emisiones de los parámetros no regulados en kg por día.

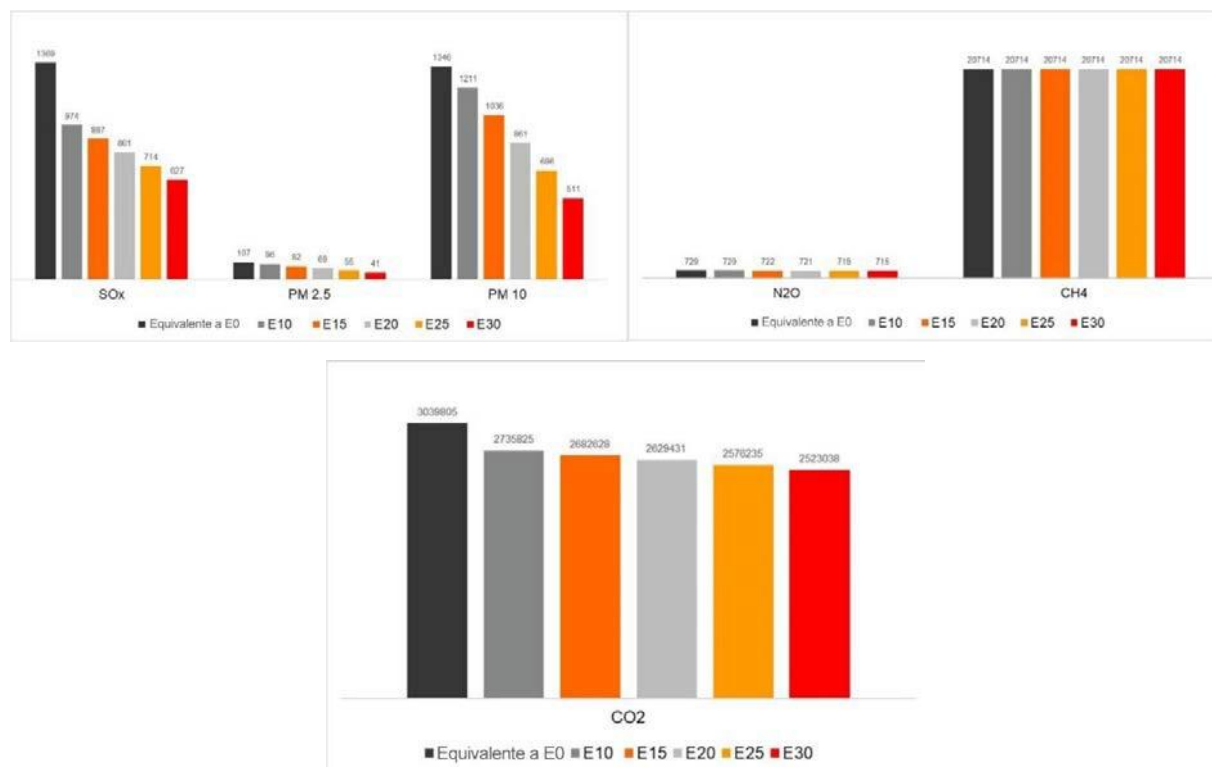
Como se observó, las emisiones que disminuyeron con la adición de etanol en los grados regular AKI 87 EX y premium AKI 90 EX son CO, NO_x, SO_x, NH₃, formaldehídos, benceno, CO₂, N₂O, PM2.5 y PM10. Las emisiones de acetaldehídos aumentaron a partir de E20.

Al analizar la comparación de las emisiones de los grados regular y gasolina se muestra que todas las emisiones son iguales, lo cual indica que usan el mismo BOB.

Figura 184: Grados regular y premium AKI 87 EX y AKI 90 EX de Jamaica: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	2433017	2362834	2328691	2292652	2258509	2224365
COV	187902	187902	187902	187902	187902	187902
COV evap.	2475	2475	2475	2475	2475	2475
NO _x	98151	62247	57800	53354	48908	44462
SO _x	1369	974	887	801	714	627
NH ₃	1185	1173	1161	1149	1137	1125
Plomo	19	19	19	19	19	19
Butadieno	1352	1352	1352	1352	1352	1352
Acetaldehídos	1756	1756	1756	1791	1878	1931
Formaldehído	3194	2398	2221	2044	1867	1689
Benceno	18183	10869	9740	8699	7743	6831
CO ₂	3039805	2735825	2682628	2629431	2576235	2523038
N ₂ O	729	729	722	721	719	715
CH ₄	20714	20714	20714	20714	20714	20714
PM 2.5	107	96	82	69	55	41
PM 10	1346	1211	1036	861	686	511





Fuente: HCX

República Dominicana

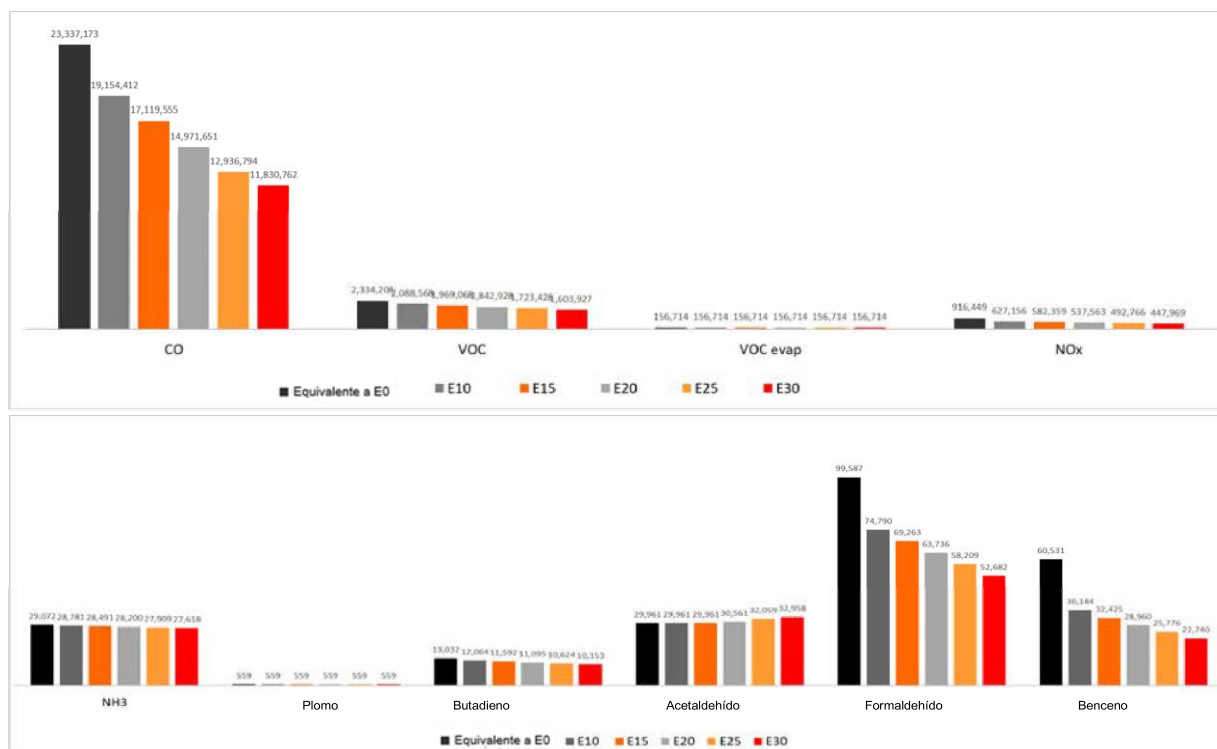
A continuación se describen las emisiones de los parámetros no regulados en kg por día.

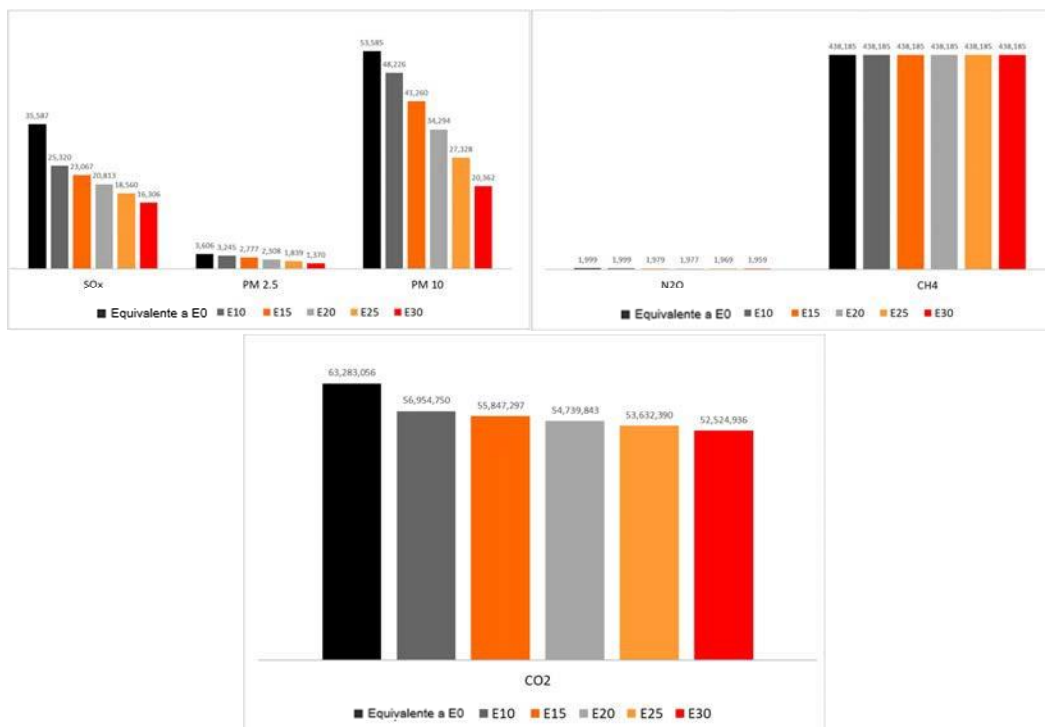
Como se observó, las emisiones que disminuyeron con la adición de etanol en los grados regular RON 89 y premium RON 96 son CO, COV, NO_x, SO_x, NH₃, butadieno, formaldehídos, benceno, CO₂, N₂O, PM2.5 y PM10. Las emisiones de acetaldehídos aumentaron a partir de E20. Las emisiones de CO₂ y CO son muy altas, pero también las de COV.

Al analizar la comparación de las emisiones de los grados regular y premium se muestra que todas las emisiones son las mismas, lo cual indica que usan el mismo BOB.

Figura 175: Regular y premium de República Dominicana: emisiones de los parámetros no regulados por mezcla de etanol

kg por día	Equivalente a E0	E10	E15	E20	E25	E30
CO	23,337,173	19,154,412	17,119,555	14,971,651	12,936,794	11,830,762
COV	2,334,208	2,088,568	1,969,068	1,842,928	1,723,428	1,603,927
COV evap.	156,714	156,714	156,714	156,714	156,714	156,714
NO _x	916,449	627,156	582,359	537,563	492,766	447,969
SO _x	35,587	25,320	23,067	20,813	18,560	16,306
NH ₃	29,072	28,781	28,491	28,200	27,909	27,618
Plomo	559	559	559	559	559	559
Butadieno	13,032	12,064	11,592	11,095	10,624	10,153
Acetaldehídos	29,961	29,961	29,961	30,561	32,059	32,958
Formaldehído	99,587	74,790	69,263	63,736	58,209	52,682
Benceno	60,531	36,184	32,425	28,960	25,776	22,740
CO ₂	63,283,056	56,954,750	55,847,297	54,739,843	53,632,390	52,524,936
N ₂ O	1,999	1,999	1,979	1,977	1,969	1,959
CH ₄	438,185	438,185	438,185	438,185	438,185	438,185
PM 2.5	3,606	3,245	2,777	2,308	1,839	1,370
PM 10	53,585	48,226	41,260	34,294	27,328	20,362





Fuente: HCX

SECCIÓN 4. ESTUDIOS DE CASO DEL IMPACTO POTENCIAL DEL ETANOL EN PARÁMETROS REGULADOS: CHILE, REPÚBLICA DOMINICANA, GUATEMALA, PERÚ

El SGS llevó a cabo los análisis de gasolina y mezcla de etanol de cuatro países de Latinoamérica con diferentes calidades de gasolina. El U.S. Grains Council eligió analizar muestras de Chile, República Dominicana, Guatemala y Perú. Los motivos por los que se eligieron estos países son:

- Ausencia de etanol: con excepción del Perú, actualmente estos países no mezclan etanol
- Representación regional: estos países tienen distintas cualidades y pueden ser representativos de otras subregiones del continente
- Potencial de mezclas más altas: estos países podrían mezclar altos niveles de etanol, ya sea porque cuentan con una producción nacional o porque su gasolina base puede absorber grandes cantidades de etanol y seguir cumpliendo con las especificaciones actuales

SGS INSPIRE, con la ayuda de las oficinas de SGS en los países ya mencionados, recolectó muestras de gasolina terminada de gasolineras de Santiago, Santo Domingo, Ciudad de Guatemala y Lima. Las muestras de gasolina se transportaron al laboratorio de SGS en Speyer, Alemania y se mezclaron (*splash blending*) con etanol cumpliendo con la norma de la UE EN 15376 en volúmenes cada vez mayores (10%, 15%, 20%, 25% y 30%).

Las muestras de etanol con gasolina se analizaron en el laboratorio de SGS. Los resultados mostrados en esta sección se obtienen con el propósito de ilustrar el impacto potencial de la mezcla de etanol en la gasolina en niveles crecientes de parámetros regulados: octanaje (RON y MON), azufre, plomo y otros cationes y aniones, benceno, aromáticos, olefinas, parafinas, naftenos, PVR, puntos de destilación (T10, T50, T90, FBP, Residuo), contenido de oxígeno, contenido de etanol, volumen de agua, valor calorífico, proporción aire:combustible y éter metil terbutilo (MTBE).

Los resultados mostrarán cómo el etanol mezclado con gasolina terminada modifica los valores de los parámetros elegidos. Sin embargo, en la práctica, si el etanol se mezcla con la gasolina base (en lugar de con la terminada), se mostrarían mayores beneficios, ya que se optimizarían las características de la gasolina base. El producto terminado, una mezcla formada por gasolina base optimizada y etanol, sería más apto para adoptar todos los beneficios de la mezcla de etanol y minimizar los problemas que afronta el proceso. Las diferencias entre la combinación optimizada de los componentes de la mezcla de gasolina y la gasolina terminada se describen ampliamente en la [Sección 2](#).

Los países y las mezclas gasolina-etanol son las siguientes:

Figura 197: Grados de mezcla de etanol seleccionados por país

País	Mezclas de etanol seleccionadas por el U.S. Grains Council para análisis					
Chile (Santiago)	RON 95 E0	RON 95 E10	RON 95 E15	RON 95 E20	RON 95 E25	RON 95 E30
República Dominicana (Santo Domingo)	RON 95 E0	RON 95 E10	RON 95 E15	RON 95 E20	RON 95 E25	RON 95 E30
Guatemala (Ciudad de Guatemala)	RON 95 E0	RON 95 E10	RON 95 E15	RON 95 E20	RON 95 E25	RON 95 E30
Perú (Lima)	RON 90 E7.8	RON 90 E10	RON 90 E15	RON 90 E20	RON 90 E25	RON 90 E30

Fuente: Compilación de SGS INSPIRE

Puntos clave

Como oxigenante, el etanol tiene un octanaje mayor que la gasolina, lo que significa que mezclarlo con gasolina aumentará el octanaje de la mezcla y elimina la necesidad de usar otros potenciadores como el MTBE. La adición de oxigenantes aumenta el contenido de oxígeno total de la mezcla, el cual debe estar por debajo de los límites reglamentarios, dependiendo del contenido de etanol.

La adición de etanol a la gasolina diluye la mezcla, disminuye el contenido de azufre e hidrocarburos (aromáticos, parafinas, naftas, olefinas, benceno), ya que no contiene ni azufre ni hidrocarburos.

Los valores de destilación no se ven afectados por la adición de etanol, como lo demuestra el análisis llevado a cabo. El valor calorífico y la proporción aire:combustible de la mezcla de etanol con gasolina disminuye, pero dicha disminución es mucho menor que el contenido de etanol añadido (es decir, de 8 a 9% del valor calorífico y de 11 a 12% de disminución de la proporción aire:combustible con la adición de 30% v/v de etanol).

El agua es una característica importante de las mezclas de etanol con gasolina. De acuerdo con la norma D 4814 de la ASTM de 'Combustible para motores de automóviles de encendido por chispa', un combustible solo de hidrocarburos puede disolver hasta 0.03% de masa de agua, pero las mezclas de hidrocarburo-alcohol disuelven más agua que la existente al momento de la mezcla lo que brindará protección contra la separación de fase en caso de que pequeñas cantidades extras de agua contaminen la mezcla de combustible, siempre y cuando su temperatura no aumente. El nivel de mejora en la tolerancia al agua (la cantidad de agua que se puede disolver antes de que se dé la separación de fase) aumentará con la concentración de alcohol en el combustible. Por ejemplo, una mezcla de 10% v/v de etanol con una mezcla típica de hidrocarburo a temperatura ambiente puede disolver hasta 0,5% v/v de agua, como lo establece la norma D 4814 de la ASTM.

Esta información también la confirma el National Renewable Energy Laboratory (NREL) de EE. UU., que estipula que una mezcla E10 tolera (existe como una fase única) más de 0.4% v/v de agua a 15°C (60°F). Los resultados del análisis llevado a cabo por SGS indican un contenido de agua mucho menor al tolerado por las mezclas de etanol estudiadas hasta la E30.

República Dominicana

Puntos clave

Las muestras para el análisis de parámetros se basa en la gasolina RON 95 y 0% v/v de contenido de etanol. Este es el grado premium y su participación en el mercado es del 62%. El otro grado en el mercado, el grado regular, tiene un RON de 89. En República Dominicana aún no se usa etanol.

El grado premium ya tiene un RON de 95 sin etanol ni ningún otro oxigenante. Si se añadiera etanol, se requerirían menos componentes de la mezcla que se añaden para aumentar el octanaje. Además, el límite de oxígeno de E10 también cumpliría con las especificaciones europeas. Como era de esperarse, con la adición de etanol se reducen el azufre e hidrocarburos. En particular con los aromáticos, la adición de etanol ayudaría a que el país se acercara a los límites reglamentarios europeos.

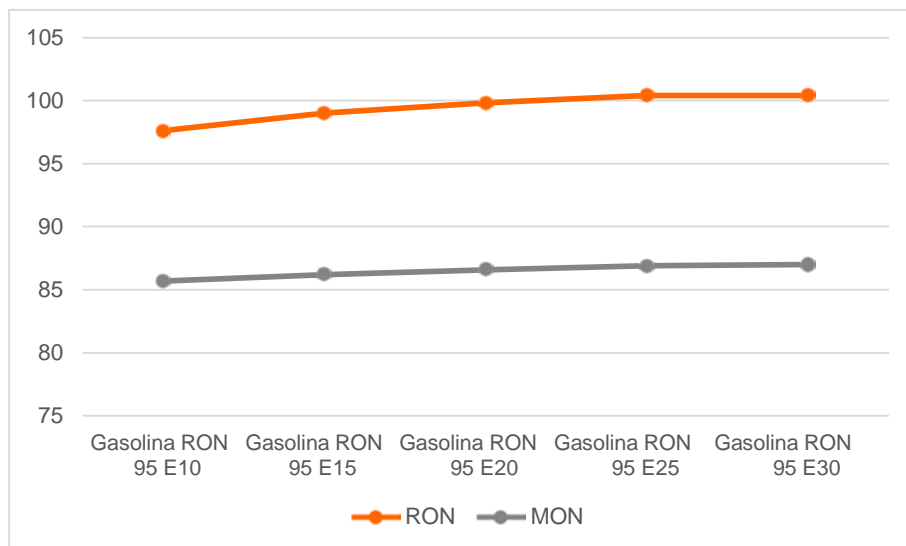
La PVR aumenta significativamente con la adición de 10% v/v de etanol y después empieza a disminuir. No obstante, la PVR del BOB base es bastante baja, lo que al añadir etanol ayudaría a cumplir con las especificaciones. El contenido de agua aumenta con el etanol, pero no significativamente.

La adición de etanol en la gasolina no afecta sus valores de destilación. El valor calorífico y la proporción aire:combustible disminuye, como era de esperarse, pero no afecta la estabilidad de la mezcla de etanol.

Octanaje

Como se puede ver a continuación, el Número de Octano de Investigación (RON) aumenta proporcionalmente con la adición de etanol. Al igual que el Número de Octano del Motor (MON), pero permanece más estable. Dado que el componente de la mezcla *previo a la mezcla de oxigenantes* (BOB) ya tiene un alto RON 95, la adición de etanol lleva al aumento de RON hasta 100. Es interesante hacer notar que de la E25 a E30 no aumenta RON.

Figura 211: Valores RON y MON en las muestras de gasolina + etanol

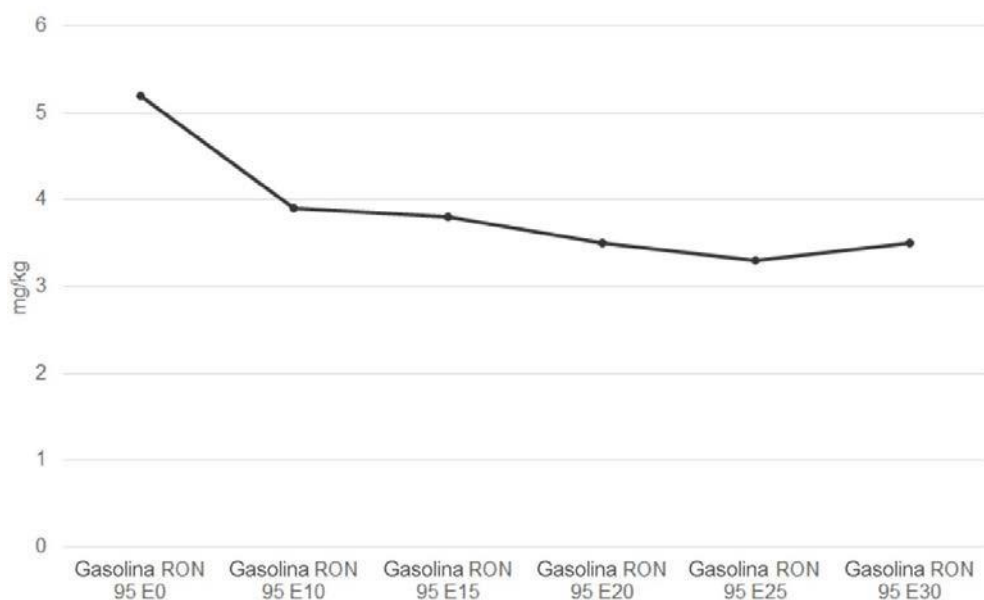


Fuente: SGS

Azufre

Debido a que el etanol no contiene nada de azufre, la mezcla de etanol en la gasolina disminuye el contenido de azufre en el combustible, como lo muestra la siguiente gráfica.

Figura 212: Azufre (mg/kg) en las muestras de gasolina + etanol

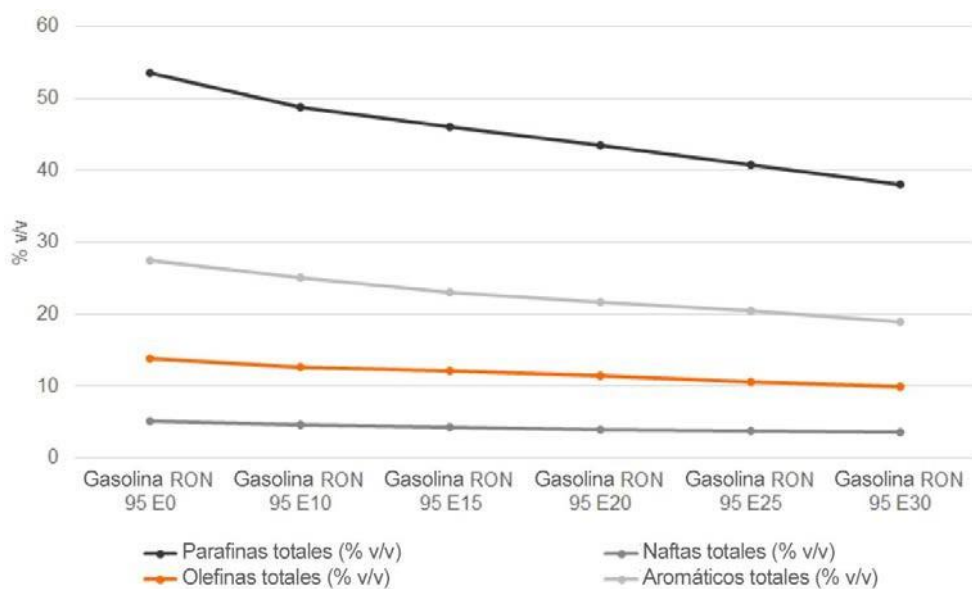


Fuente: SGS

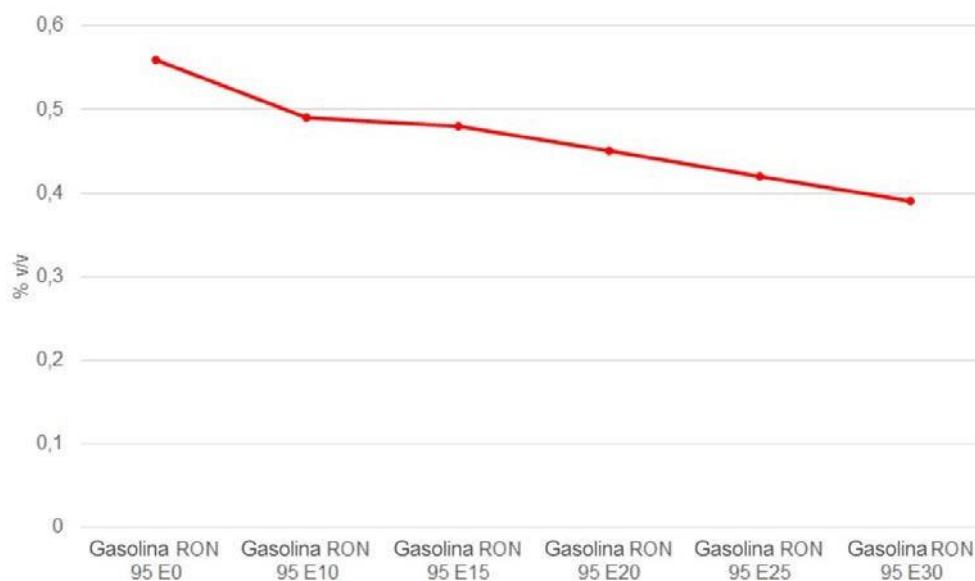
Hidrocarburos

Dado que el etanol no contiene hidrocarburos, la mezcla de etanol en la gasolina disminuye el contenido de los hidrocarburos en el combustible, en especial parafinas y aromáticos.

Figura 213: Aromáticos, olefinas, parafinas y naftenos (% v/v) en las muestras de gasolina + etanol



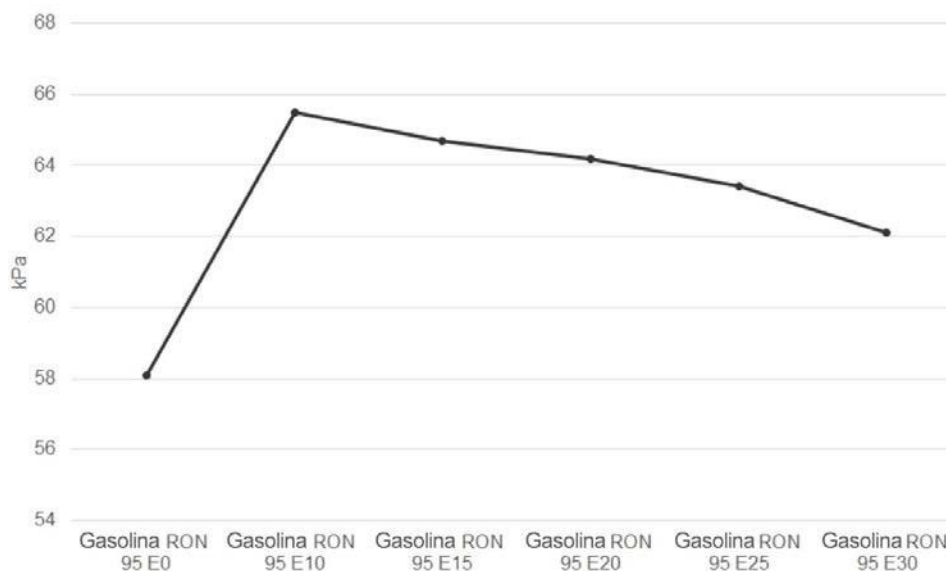
Fuente: SGS

Figura 214: Benceno (% v/v) en las muestras de gasolina + etanol

Fuente: SGS

Presión de vapor (PVR)

De acuerdo con los resultados de laboratorio, la presión de vapor de la gasolina empieza a aumentar con la adición de etanol en pequeñas cantidades; se mantiene alta hasta que el etanol llega a un 10% v/v, momento en el que la PVR empieza a disminuir. De E0 a E10, la PVR aumenta casi 8 kPa. Después de añadir 25% v/v de etanol, la disminución de PVR es más pronunciada.

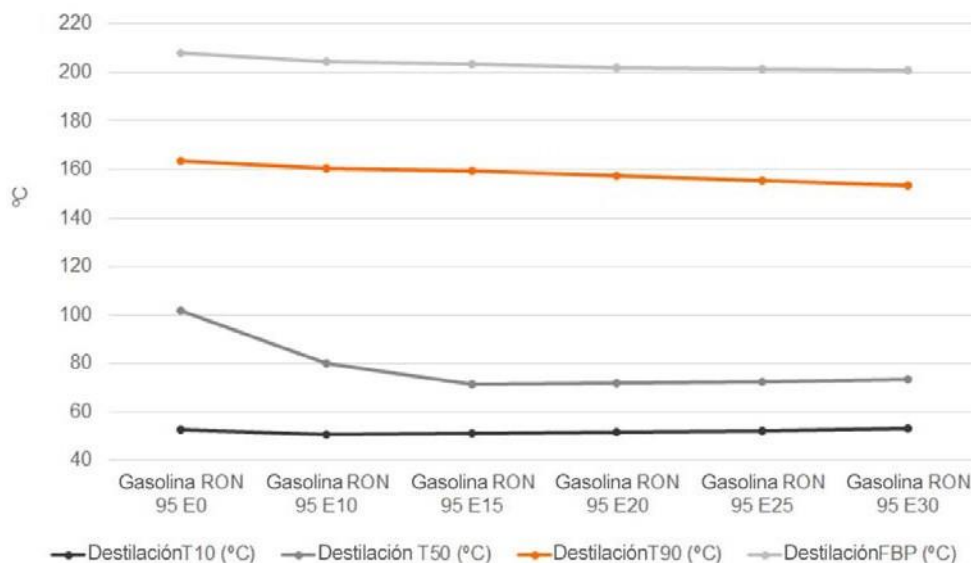
Figura 215: Valores de PVR de la gasolina + muestras de EtOH (37,8°C)

Fuente: SGS

Destilación

La adición de etanol conlleva pequeños cambios en las curvas de destilación. El cambio más importante se observa en la temperatura en la destilación evaporada de 50% v/v. De E0 a E15, los valores de temperatura disminuyen significativamente para volver a aumentar después de que se añaden más de 15% v/v a la gasolina. En conclusión, la adición de etanol a la gasolina no impacta significativamente en los valores de destilación.

Figura 216: Valores de evaporación en la destilación (% v/v) en las muestras de gasolina + etanol

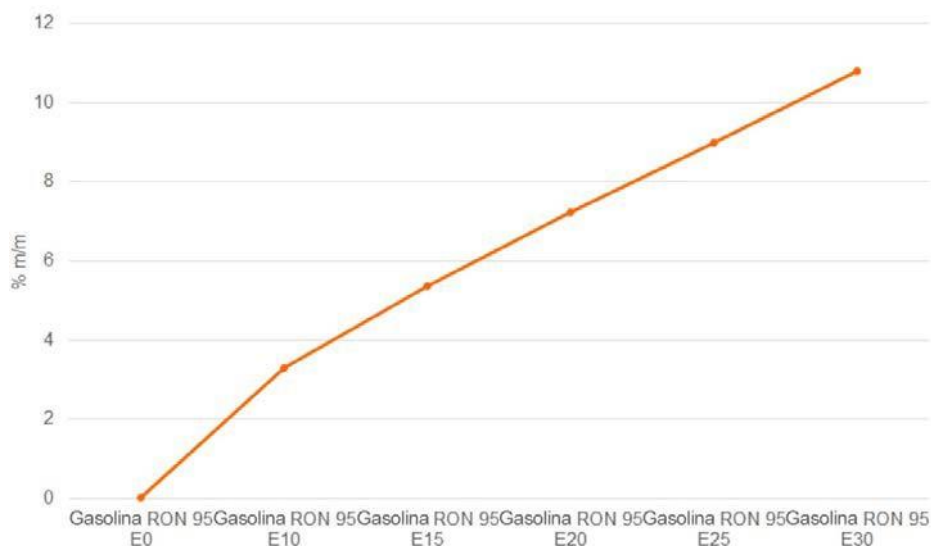


Fuente: SGS

Etanol y contenido de oxígeno

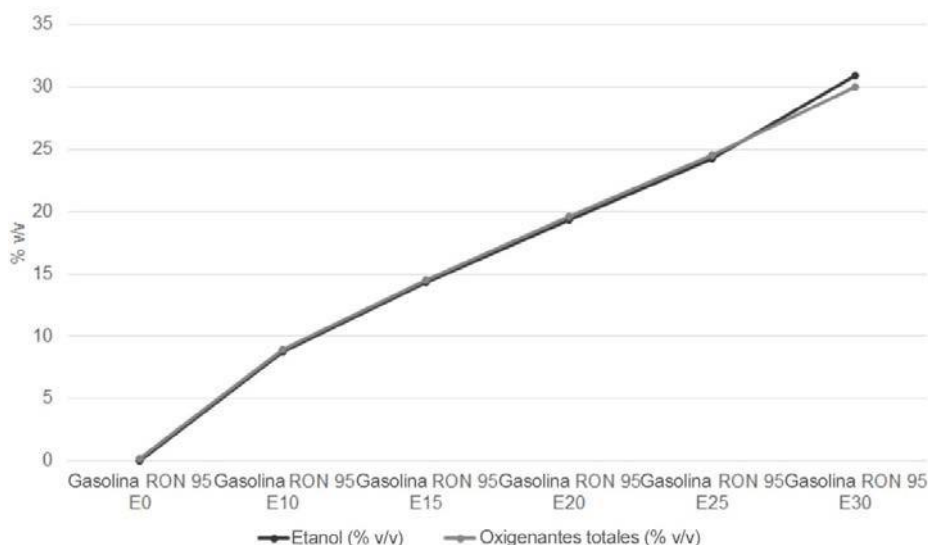
Como se observa a continuación, el contenido de oxígeno aumenta proporcionalmente con la adición de etanol.

Figura 217: Contenido de oxígeno (% m/m) en las muestras de gasolina + etanol



Fuente: SGS

Figura 218: Contenido de etanol y oxigenante total (% v/v) en las muestras de gasolina + etanol

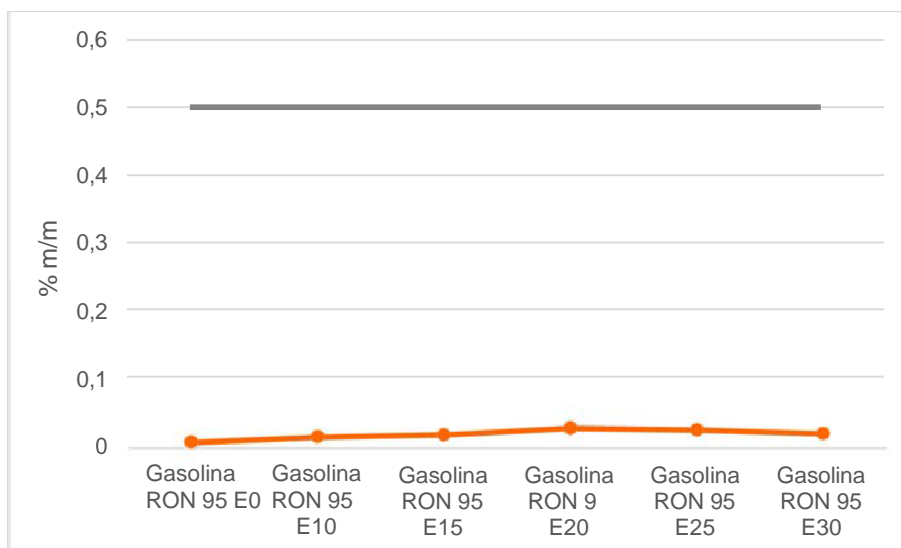


Fuente: SGS

Contenido de agua

Los resultados muestran que la adición de etanol a la gasolina tiene poco impacto en el contenido de agua. De acuerdo con la norma D 4814 de la ASTM, el etanol mezclado hasta E30 tiene un contenido de agua significativamente por debajo de 0.5% v/v que el que se puede disolver en una mezcla de etanol 10% v/v con una mezcla típica de hidrocarburos a temperatura ambiente.

Figura 219: Contenido de agua en las muestras de gasolina + etanol

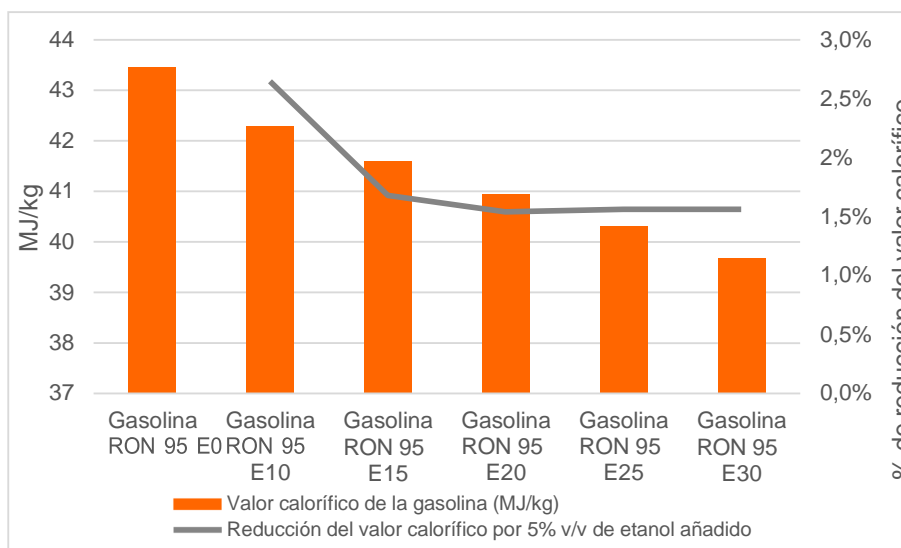


Fuente: SGS

Valor calorífico

En la siguiente gráfica se puede observar que el valor calorífico y el etanol tienen una relación lineal. Cada 5% v/v de etanol añadido disminuye el valor calorífico en aproximadamente 1,5 a 2,6%.

Figura 220: Valor calorífico de las muestras de gasolina + etanol

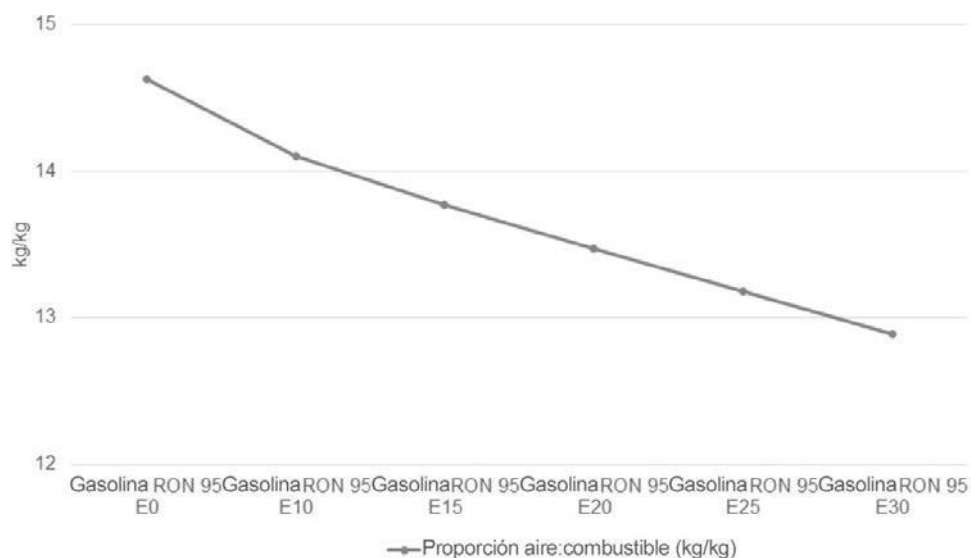


Fuente: SGS

Proporción aire:combustible

En la siguiente gráfica se puede observar que la proporción aire:combustible y el etanol tienen una relación lineal, con respecto al valor calorífico. Cada 5% v/v de etanol añadido disminuye la proporción aire:combustible en aproximadamente 0.3 kg/kg.

Figura 221: Proporción aire:combustible de las muestras de gasolina + etanol



Fuente: SGS

Otros

El análisis de las muestras no indica contenido de MTBE ni aniones y cationes: silicio, hierro, aluminio, cobre, plomo, estaño, cromo, níquel, zinc, fósforo, magnesio, calcio, sodio, molibdeno, bario, potasio, titanio, vanadio, boro, manganeso, plata, cobalto y litio.

La siguiente figura resume los valores de todos los parámetros estudiados en el grado de gasolina y los grados de mezclas de etanol.

Figura 222: Valores de los parámetros de grados de gasolina y etanol en República Dominicana

	Gasolina RON 95 E0	Gasolina RON 95 E10	Gasolina RON 95 E15	Gasolina RON 95 E20	Gasolina RON 95 E25	Gasolina RON 95 E30
RON		97,6	99	99,8	100,4	100,4
MON		85,7	86,2	86,6	86,9	87
Contenido de agua (% m/m)	0,008	0,016	0,019	0,029	0,026	0,021
PVR (kPa)	58,1	65,5	64,7	64,2	63,4	62,1
Azufre (mg/kg)	5,2	3,9	3,8	3,5	3,3	3,5
Cont. de oxígeno (% m/m)	0,03	3,31	5,38	7,23	9	10,81
Etanol (% v/v)	0	8,81	14,36	19,37	24,24	30,88
Oxigenantes totales (% v/v)	0,2	8,93	14,55	19,62	24,52	30

Parafinas totales (% v/v)	53,6	48,7	46,1	43,4	40,7	38
Naftenos totales (% v/v)	5,1	4,6	4,3	4	3,8	3,6
Olefinas totales (% v/v)	13,8	12,7	12,1	11,4	10,6	9,9
Aromáticos totales (% v/v)	27,4	25,1	23	21,6	20,4	19
MTBE (% v/v)	0	0	0	0	0	0
Benceno (% v/v)	0,56	0,49	0,48	0,45	0,42	0,39
Cationes y aniones (mg/kg)	0	0	0	0	0	0
Destilación T10 (°C)	52,8	50,5	51,3	51,7	52,3	53,4
Destilación T50 (°C)	101,7	80,2	71,3	71,8	72,6	73,6
Destilación T90 (°C)	163,7	160,6	159,7	157,2	155,6	153,5
Destilación FBP (°C)	208,1	204,7	203,4	202	201,4	201,2
Residuo de destilación (% v/v)	1,1	1,1	1	1,1	1,1	1
Valor calorífico de la gasolina (MJ/kg)	43,45	42,3	41,59	40,95	40,31	39,68
Proporción aire:combustible (kg/kg)	14,63	14,1	13,77	13,47	13,18	12,89

Fuente: SGS

GLOSARIO

Alquilados

Los Alquilados son una combinación de hidrocarburos parafínicos de cadena ramificada de alto octanaje y baja presión de vapor que se forman a partir del petróleo crudo mediante procesos de refinación bien establecidos, que son muy favorecidos como flujos para mezclar con gasolina.

Azufre

El petróleo crudo se compone principalmente de componentes de hidrocarburos y otros compuestos como los que contienen azufre orgánico e inorgánico. El azufre es el tercer elemento que más se encuentra en el petróleo crudo después del carbono e hidrógeno. El alto contenido de azufre en el petróleo crudo es más complicado y caro de refinar. Por lo tanto, es por eso por lo que todavía hay azufre en los oleoproductos refinados como la gasolina.

El azufre en el combustible mejora la corrosión del metal en el motor, el sistema de combustibles y el sistema postratamiento. Además, aumenta las emisiones de óxido de azufre en los vehículos. Por esas razones, debe limitarse el contenido de azufre en el combustible, como la gasolina.

Butanos

El butano es una de las corrientes de líquidos más livianos que normalmente se producen en una refinación. La molécula de butano tiene cuatro átomos de carbono y 10 de hidrógeno. Al mezclarse con gasolina, el butano se favorece por su alto octanaje, pero está limitado por su alta presión de vapor. Además, con frecuencia el butano se convierte en isobutano para usar como materia prima de alquilación.

Contenido de oxígeno y oxigenantes

A menudo los compuestos orgánicos oxigenados, como el MTBE y etanol se añaden a la gasolina para aumentar el octanaje o ampliar las existencias de gasolina. La oxigenación del combustible puede afectar las emisiones vehiculares (del tubo de escape, evaporativas, o ambas), el desempeño y/o la durabilidad⁴, es por eso por lo que se controla el contenido de oxígeno en la gasolina.

Craqueo catalítico fluidizado (FCC) y unidades de hidrocrqueo

Unidades de refinación usadas para descomponer productos más pesados en productos que se puedan mezclar para la obtención de gasolinas.

Destilación

La destilación se define por la temperatura a la que se evapora cierto porcentaje de volumen de un líquido y se recupera al enfriarse.

Las características de la destilación de hidrocarburos tienen un efecto importante en la seguridad y el desempeño, en especial en el caso de los combustibles y solventes. El rango de ebullición brinda información de la composición, propiedades y el comportamiento de los combustibles durante el almacenamiento y uso. La volatilidad es el principal determinante de la tendencia de una mezcla de hidrocarburos para producir vapores potencialmente explosivos. Las características de la destilación son muy importantes para las gasolinas tanto de aviación como automotriz, pues afecta el arranque, calentamiento y tendencia al cierre por vapor en altas temperaturas de funcionamiento o gran altitud, o ambas.

La presencia de componentes con alto punto de ebullición en estos y otros combustibles afectan de forma significativa el grado de formación de depósitos de combustión sólidos.

Etanol desnaturalizado

Etanol no apto para el consumo humano.

⁴ https://www.acea.auto/files/WWFC_19_gasoline_diesel.pdf

Gasolina catalítica

Gasolina obtenida a partir de unidades de craqueo catalítico de fluido.

Gasolina de pirólisis

La gasolina de pirólisis es un intermediario de rango de nafta altamente aromática producida como subproducto de la fabricación del etileno en un craqueador a vapor.

La gasolina de pirólisis se puede usar como un componente de mezcla de gasolina de alto octanaje o como fuente de aromáticos por extracción de BTX.

Hidrocarburos

La gasolina contiene mayormente componentes hidrocarburos como aromáticos, olefinas y benceno que se encuentran presentes de forma natural en el petróleo crudo.

El contenido de aromáticos en la gasolina está directamente vinculado con la contaminación del sistema de escape de un motor de gasolina. Por lo tanto, al reducir el contenido de aromáticos se pueden reducir las emisiones totales de hidrocarburos del motor. También es posible reducir las emisiones de benceno y tolueno, pero eso podría aumentar las de aldehído. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de EE. UU., las emisiones de 1,3-butadieno son significativamente más altas en mayores niveles de olefinas. Además, el benceno es un cancerígeno humano.

Hidrodesulfuración

La hidrodesulfuración (HDS) es un proceso químico catalítico ampliamente usado para eliminar el azufre del gas natural y de los oleoproductos refinados, como la gasolina, gasavión, queroseno, diésel y combustóleo.

Hidrotratamiento

El hidrotratamiento es la reacción de compuestos orgánicos en presencia de hidrógeno a alta presión para eliminar el oxígeno (desoxigenación) junto con otros heteroátomos (nitrógeno, azufre y cloro).

Isomerados

El Isomerado es un componente de la mezcla de gasolina producido por la unidad de isomerización mediante el aumento del octanaje de la nafta ligera.

Ligera de primera destilación

La nafta ligera de primera destilación es un corte de destilación creado a partir de pentano y material de la gama de nafta ligeramente más pesado. Puede provenir de la destilación del petróleo crudo o del fraccionado de los líquidos de gas natural (gasolina natural).

El corte de destilación de nafta ligera tiene tres usos típicos:

- Mezcla directa en un producto terminado de nafta ligera
- Alimentación a la unidad de isomerización para crear Isomerado para mezclar con gasolina
- Mezclado directo en la gasolina

Como materia prima para fabricar gasolina, la nafta ligera es de una calidad bastante baja. Tiende a tener un octanaje bajo y altas presiones de vapor. Por lo tanto, normalmente solo forma parte de una porción muy pequeña del conjunto de gasolina.

Líquidos de gas natural

Los líquidos de gas natural (condensado de concesión, gasolina natural, NGL) son componentes del gas natural que en la superficie son líquidos en las instalaciones de campos de gas o petróleo o en plantas de procesamiento de gas. La composición de los líquidos de gas natural depende del tipo de gas natural y su composición.

Los líquidos de gas natural se clasifican de acuerdo con su presión de vapor como baja (condensados), intermedia (gasolina natural) y alta (gas licuado de petróleo). Los líquidos de gas natural incluyen al propano, butano, pentano, hexano y heptano, pero no al metano y no siempre al etano, ya que los hidrocarburos necesitan refrigeración para ser licuados.

MTBE (éter metil terbutílico)

El MTBE es un oxigenante utilizado como aditivo de gasolina para potenciar el octanaje.

Naftas

Nafta es un término amplio que se refiere a las fracciones de la destilación y otros intermediarios en el punto de ebullición de la gasolina. Por lo general, la nafta se categoriza con base en su punto de ebullición ya sea: nafta ligera o pesada. La nafta ligera está compuesta de pentano y un material ligeramente más pesado.

Las moléculas de nafta pesada normalmente tienen de 7 a 9 átomos de carbono. Su punto de ebullición puede ir de 82°C a 166°C (180°F a 330°F).

Nafta de craqueo catalítico fluidizado (FCC)

Este es un material de la gama de naftas con octanaje y presión de vapor cercanos a las especificaciones de calidad de la gasolina terminada. Normalmente es el mayor producto con alrededor de 50% de la producción FCC.

Octanaje

El octanaje representa la resistencia al golpeteo o cascabeleo de un motor de encendido por chispa (detonación no deseada que daña al motor). Es bien sabido el alto octanaje intrínseco al etanol. No obstante, se puede conseguir una mayor efectividad del octanaje mediante la resistencia al cascabeleo que brinda el alto nivel de enfriamiento por vaporización que sucede al inyectar etanol directamente en los cilindros del motor. Por lo tanto, a mayor octanaje, se esperan menos emisiones debido al buen desempeño del motor.

Presión de vapor (PVR)

Se requiere un mínimo de presión de vapor para garantizar un buen arranque en frío y capacidad de conducción. Se necesita un máximo de presión de vapor para controlar las emisiones evaporativas del vehículo. Por lo tanto, los requisitos contienen un umbral tanto alto, como bajo.

El etanol puro tiene una presión de vapor más baja comparado con la gasolina y las mezclas de alcohol y gasolina tienen un fuerte impacto en las propiedades de volatilidad. La PVR aumenta con la adición de metanol y disminuye con la adición de isopropanol, terbutanol e isobutanol comparado con la gasolina base. Al añadir hasta 10% v/v de etanol en la gasolina, aumenta la presión de vapor de la mezcla, comparado con la de la gasolina base. Una mezcla por arriba de E10 disminuye.⁵

En conclusión, la presión de vapor es un problema menor en las mezclas altas en etanol (por arriba de 10% v/v); para las mezclas bajas, se puede manejar ajustando el previo a la mezcla de oxigenantes (BOB) en la refinería.

⁵ [The Volatility of Reformulated Gasolines with Alcohols](#)

Proporción aire:combustible

La proporción aire:combustible es la relación de masa de aire a combustible sólido, líquido o gaseoso presente en un proceso de combustión. La proporción de aire:combustible determina si una mezcla es combustible, cuánta energía se libera y cuántos contaminantes no deseados se producen en la reacción. Si se proporciona exactamente el aire suficiente para quemar todo el combustible por completo, se dice que la proporción es una mezcla estequiométrica. Las proporciones menores a la estequiométrica se consideran “ricas”. Las mezclas ricas son menos eficientes, pero pueden producir más energía y se queman a menor temperatura. Las proporciones mayores a la estequiométrica se consideran con “alta proporción de aire”. Las mezclas con alta proporción de aire son más eficientes, pero ocasionarían temperaturas más altas, lo cual conlleva a la formación de NO_x . Algunos motores están diseñados para permitir un quemado con alta proporción de aire.

La proporción aire:combustible es el elemento más crítico para regular en lo que respecta a las emisiones del escape y economía del combustible. Es posible calcular una proporción aire:combustible técnicamente correcta mediante la fórmula molecular y peso del combustible, y escribiendo una ecuación que suponga que todo el carbón se oxida en dióxido de carbono (CO_2) y todo el hidrógeno en agua (H_2O).

Refinados

El término también se usa de forma generalizada en referencia a cualquier residuo de producto de bajo octanaje después del proceso de refinación secundaria.

Reformados

El reformado es un componente de la mezcla de gasolina que se produce en el reformado catalítico, un proceso de refinación en el que catalizadores mezclados e hidrógeno fomentan la reorganización de naftenos de bajo octanaje en compuestos de mayor octanaje, sin una reducción significativa de números de carbono.

Reformado catalítico

El reformado catalítico es un proceso químico usado para convertir naftas de refinería de petróleo destiladas del petróleo crudo (que por lo general tiene calificaciones bajas de octanaje) en productos líquidos de alto octanaje llamados reformados, que son componentes de mezcla premium para gasolina de alto octanaje.

Shipping On-line (SOL) de SGS

El sistema de datos interno de SGS que monitorea el flujo comercial de los *commodities* en el sector de recursos naturales (petróleo y gas, *commodities* agrícolas y minerales). Rastrea viajes de buques con detalles en el volumen y tipo de cargamento, así como tipos de operaciones en los puertos.

Valor calorífico

El valor calorífico se define como la cantidad de calor que se produce en la combustión de un volumen de unidad de combustible, que se expresa en kcal/m^3 , kJ/m^3 o BTU/ft^3 .

LISTA DE FUENTES

- Secretaría de Energía de Argentina
- Asociación Argentina de Biocombustibles e Hidrógeno
- U.S. Energy Information Administration (EIA)
- Transport Energy Strategies
- Especificaciones europeas (CEN)
- Comisión Europea
- HCX
- Wood Mackenzie PennEnergy Research
- Worldwide Fuel Charter
- Oil and Gas Journal Data
- Ministerio de Energía y Minería de Argentina
- Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland de Uruguay (ANCAP)
- Ministerio de Industria Energía y Minería de Uruguay
- Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA)
- Instituto Uruguayo de Normas Técnicas (UNIT)
- Alcoholes del Uruguay (ALUR)
- Comisión Nacional de Energía de Chile
- Ministerio de Energía de Chile
- Superintendencia de Electricidad y Combustibles de Chile (SEC)
- Empresa Nacional del Petróleo de Chile (ENAP)
- Ministerio de Minas y Energía en Colombia
- Consejo Nacional de Política Económica y Social de Colombia
- Fedebiocombustibles
- Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia
- ECOPETROL, Refinería de Cartagena, Colombia, 2019
- Agencia Nacional de Hidrocarburos de Colombia, ANH
- Asociación Colombiana del Petróleo, ACP
- Ministerio de Hidrocarburos y Energías de Bolivia
- Empresa petrolera boliviana, YPFB
- Agencia Nacional de Hidrocarburos de Bolivia, ANH
- Servicio Ecuatoriano de Normalización (NTE INEN)
- Ministerio de Industria del Ecuador
- Petroecuador
- Asociación de Biocombustibles del Ecuador, APALE
- Comisión Reguladora de Energía, México
- Secretaría de Energía de México
- PEMEX
- Ministerio de Energía y Minas del Perú
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual del Perú
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería de Perú (OSINERGMIN)
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos
- Secretaria de Integración Económica Centroamericana (SIECA)
- Consejo de Ministros de Integración Económica de Centroamérica (COMIECO)
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica

- Ministerio de Comercio e Industrias de Panamá
- Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Hidrocarburos de Nicaragua
- RECOPE
- Ministerio de Economía, Dirección de Hidrocarburos y Minas de El Salvador
- Ministerio de Energía y Minas de Guatemala
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
- Secretaría de Energía de Honduras
- Secretaría Nacional de Energía de Panamá
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo de Panamá
- Comtrade de Naciones Unidas
- Bureau of Standards of Jamaica
- Ministry of Energy of Jamaica
- Instituto Dominicano para la Calidad (INDOCAL)
- Revista “Ciencia, Economía y Negocios” de República Dominicana
- Science Direct
- McKinsey Energy Insights
- IHS Markit
- Organización Mundial de la Salud
- Agencia de Protección Ambiental de EE. UU.
- Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
- Laboratorio Nacional de Energía Renovable de Estados Unidos
- Universidad de Illinois en Chicago
- Agencia de Protección Ambiental de California

© 2021 SGS Germany GmbH. Todos los derechos reservados. Este estudio de mercado es una publicación de SGS Germany GmbH. Está dirigido a brindar información sobre un tema o temas concretos y de ninguna manera es un tratamiento exhaustivo de estos. Este estudio de mercado se proporciona en el estado en que se encuentra y según su disponibilidad, por lo que SGS Germany GmbH no garantiza que la información aquí contenida no tenga errores ni cumpla algún criterio en particular de desempeño o de calidad. Este estudio únicamente refleja los hallazgos de SGS al momento de su elaboración. SGS Germany GmbH rechaza expresamente todas las garantías implícitas que incluyen, entre otras, las de comercialización, título, idoneidad para un fin específico, no violación, seguridad y precisión. No debe citarse o referirse el estudio de mercado en ninguna otra publicación o actas, ni reproducirse sin el consentimiento previo por escrito de SGS Germany GmbH.

Además, aplican nuestras Condiciones Generales de los Servicios de Inspección y Pruebas, que si las solicita, con gusto se las enviaremos. Estado actual: Septiembre de 2021

SGS GERMANY GMBH

T +32 474492679

INSPIRE@SGS.COM

HTTP://INSPIRE.SGS.COM