

# Influencia de las Condiciones de Almacenamiento en la Presión de Vapor Reid, Formación de Gomas y el Número de Octano Research de la Gasolina

Castillo, Jessica<sup>1</sup> ; Guzmán-Beckmann, Liliana<sup>2,\*</sup> ; Escola, Bryan<sup>2</sup> ; Reyes, Emerson<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Schlumberger del Ecuador S.A., Quito, Ecuador

<sup>2</sup>Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, Quito, Ecuador

**Resumen:** La gasolina está compuesta por hidrocarburos líquidos volátiles e inflamables que se obtienen en el proceso de refinación del petróleo. Cada país determina la calidad apropiada de sus combustibles, lo que depende de las variaciones del clima entre otras consideraciones. El tiempo y la temperatura de almacenamiento afectan negativamente la calidad de la gasolina. Con este estudio se establecieron las condiciones de almacenamiento óptimas para contramuestras y determinar el tiempo máximo que la gasolina puede permanecer en un automotor sin ser utilizada o en un tanque de almacenamiento de una gasolinera con baja rotación del producto, sin que esto genere problemas en el funcionamiento de los motores de encendido por chispa. Se estudió la influencia de las condiciones de almacenamiento en la Presión de Vapor Reid (PVR), formación de gomas y el Número de Octano Research (RON) en la gasolina por un período de 160 días con análisis cada 40 días en muestras de gasolina de 92 y 85 RON. Además, se analizó la concentración de compuestos olefínicos, aromáticos y saturados en todas las condiciones de experimentación. Estas muestras fueron sometidas a cuatro condiciones de almacenamiento: muestras destapadas a 18 y -14 °C y muestras tapadas a 18 y -14 °C. Los parámetros físico-químicos de la gasolina se conservan dentro de los valores establecidos por la norma ecuatoriana, cuando el almacenamiento de las muestras es en recipientes cerrados a -14 °C por un periodo de tiempo menor a 80 días.

**Palabras clave:** Gasolina, Presión de Vapor Reid, Contenido de Gomas, Número de Octano Research

## Influence of Storage Conditions on Reid Vapor Pressure, Gum Formation and Octane Number Research of Gasoline

**Abstract:** Gasoline is composed of volatile and flammable liquid hydrocarbons obtained in oil refining process. Each country determines the appropriate quality of its fuels, which depends on climate variations, among other considerations. Storage time and temperature have a negative effect on the quality of gasoline. This study seeks the best storage conditions for counter samples and to determine the maximum time that gasoline can remain in a car without being used or in a storage tank of a gas station with low turnover of the product, for gasoline quality requirements in the operation of spark ignition engines. The influence of storage conditions on the Reid Vapor Pressure (RVP), formation of gums and the Research Octane Number (RON) in gasoline was studied for a period of 160 days with analysis every 40 day in gasoline samples of 92 and 85 RON. In addition, the concentration of olefinic, aromatic and saturated compounds were analyzed in all the experimental conditions. These samples were treated in four storage conditions: uncapped samples at 18 and -14 °C and capped samples at 18 and -14 °C. When the samples were stored in closed containers at -14 °C for a period of less than 80 days, the physical-chemical parameters of gasoline were within the acceptable ranges by the Ecuadorian standard.

**Keywords:** Gasoline, Reid Vapor Pressure, Gum Content, Research Octane Number

### 1. INTRODUCCIÓN

La gasolina es una mezcla compleja de hidrocarburos líquidos volátiles e inflamables con temperaturas de ebullición menores a 200 °C, que corresponden a las fracciones más volátiles del petróleo después de los compuestos gaseosos, provenientes del

proceso de polimerización, alquilación y reformado de nafta ligera y pesada (Speight, 2014). Está compuesta principalmente por parafinas, cicloparafinas, olefinas y aromáticos, que contienen en su estructura molecular entre 4 a 12 átomos de carbono. La gasolina generalmente contiene alrededor de 150 compuestos, sin embargo, se pueden

\*liliana.guzman@epn.edu.ec  
Recibido: 20/02/2023  
Aceptado: 24/05/2023  
Publicado en línea: 01/08/2023  
10.33333/rp.vol52n1.07  
CC 4.0

identificar hasta 1000 compuestos. La concentración de los compuestos que conforman la gasolina varía de acuerdo con la fuente de petróleo, el proceso de refinación y las especificaciones del producto que se desea obtener, no obstante, la proporción estimada por Speight (2014) es la siguiente: 4% al 8% v/v alcanos, 2% al 5% v/v alquenos, 25% al 40% v/v iso-alcanos, 3% al 7% v/v ciclo-alcanos, 1% al 4% v/v ciclo-alquenos y 20% al 50% v/v aromáticos.

Este tipo de combustible es utilizado en motores de encendido por chispa. Las propiedades fisicoquímicas del combustible deben ofrecer un buen desempeño del motor en diferentes condiciones de operación y generar el menor efecto negativo en el ambiente por la generación de gases producto de la combustión. Entre las principales propiedades que se analizan en la gasolina se encuentran el grado antidetonante, rango de temperaturas de destilación, presión de vapor, contenido de azufre, estabilidad a la oxidación, contenido de aromáticos, olefinas y benceno, trazas de algunos metales como plomo, manganeso y hierro, entre otros (Rand y Verstuyft, 2018). Para mejorar la calidad de la gasolina se pueden añadir aditivos antidetonantes, agentes antideslizantes, inhibidores de la corrosión, antioxidantes, anticongelantes, desactivadores de metales, colorantes, entre otros, en un rango de concentración de varios ppm hasta miles de ppm (Groysman, 2014; Kaltschmitt y Deutschmann, 2012).

Para satisfacer los requisitos de calidad de la gasolina para su uso en motores, el combustible debe cumplir con los requerimientos y regulaciones de cada país. Las propiedades fisicoquímicas de las gasolinas dependen de su composición química, por ejemplo, la alta volatilidad depende de determinados hidrocarburos de cadena corta que son componentes de bajo punto de ebullición (Hancsók, 2016; Speight, 2014). En este estudio, se analizaron las propiedades fisicoquímicas: presión de vapor, contenido de gomas y número de octano Research, debido a su influencia en el rendimiento del motor y la emisión de gases de escape (Curley, 2012; Demirbas et al., 2015; Strevia et al., 2011).

La presión de vapor Reid (PVR) es la presión de vapor absoluta de una muestra confinada en una cámara a 37,8 °C y representa la volatilidad de los combustibles líquidos e indirectamente el contenido de compuestos de bajo peso molecular en el petróleo crudo y sus productos derivados (Coker, 2018; Kalghatgi y Stone, 2018). La presión de vapor debe ser suficiente para que el motor puede tener un correcto arranque en frío, pero no demasiado alta para provocar que se formen burbujas de vapor de gasolina antes del ingreso a la cámara de combustión. En la cámara de combustión de un motor con ciclo de Otto, una cantidad de combustible debe estar en estado gaseoso para provocar suficiente presión de vapor de tal manera que la mezcla de aire y combustible sea inflamable (Hancsók, 2016; Rand y Verstuyft, 2018).

El contenido de gomas es una característica importante para medir la estabilidad de los combustibles. Las gomas son aglomerados resinosos, poliméricos y no volátiles, cuyos pesos moleculares están entre 200 y 500 Da, su formación resulta de la lenta reacción entre el oxígeno absorbido por la gasolina e hidrocarburos, especialmente olefinas y diolefinas. Los compuestos olefínicos, aportan un elevado número de

octano a la gasolina, por esta razón son indispensables, sin embargo, tienden a oxidarse y producir gomas (Lluch, 2011). El tiempo y la temperatura de almacenamiento, la composición de la gasolina, la absorción de oxígeno del aire, presencia de trazas de metales de transición y la adición de solventes a la gasolina favorecen la formación de gomas, las cuales afectan al motor, al filtro de combustible, la bomba de inyección y los inyectores provocando obstrucciones parciales o totales (Alvarez et al., 2005; Gilbert, 2004; Pradelle et al., 2015).

El número de octano es una propiedad que indica la tendencia que tiene la gasolina a provocar problemas de cascabeleo en el motor (Stradling et al., 2015), esto se debe a la autoignición prematura del gas que produce un rápido aumento de la presión en el cilindro provocando vibraciones estructurales y un sonido de golpe audible (Aboul-Fotouh et al., 2019; Kalghatgi y Stone, 2018). El grado antidetonante de la gasolina se mide en motores estacionarios de laboratorio, mediante dos tipos de análisis: Research Octane Number (RON) y Motor Octane Number (MON). El RON es el indicador de grado antidetonante más utilizado ya que incluye la mayoría de las condiciones de operación de los motores y el MON considera mayores velocidades del motor en desplazamientos más largos (Rand y Verstuyft, 2018). Los compuestos aromáticos como el benceno, tolueno y xileno aportan un alto octanaje a la gasolina (Coker, 2018), al igual que los compuestos de cadena corta como: el isobutano, isopentano y n-butano; sin embargo, estos compuestos son altamente volátiles (Lluch, 2011).

Al no existir un soporte técnico que establezca las condiciones de almacenamiento de la gasolina y explique la disminución del Número de Octano Research en el tiempo, se realizó esta investigación con el objetivo de estudiar la influencia de las condiciones de almacenamiento en la evaporación de volátiles, la formación de gomas y el número de octano de muestras de gasolina de 92 y 85 RON con diferentes periodos de tiempo y diferentes temperaturas.

## 2. METODOLOGÍA

En el estudio, se realiza la caracterización de las muestras iniciales de gasolinas de 92 y 85 RON. Posteriormente, se evalúa el efecto de las condiciones de almacenamiento de muestras de gasolina sobre la Presión de Vapor Reid, la formación de gomas, el Número de Octano Research y el porcentaje en volumen de compuestos olefínicos, aromáticos y saturados en las muestras de gasolina en cada período de tiempo y temperatura establecido. Se utilizan dos tipos de gasolinas que en este estudio se las denomina de 92 y 85 RON, debido al valor mínimo referencial que debe presentar en su valor de Número de Octano Research.

### 2.1 Caracterización de las muestras iniciales de gasolina

Se tomaron 5 galones de muestra de gasolina de 92 RON y 5 galones de gasolina de 85 RON. Para el muestreo, se utilizó el procedimiento que indica la norma ASTM D 4057-19 Standard Practice for Manual Sampling of Petroleum and Petroleum Products (2019), que establece que para muestras de gasolina se deben utilizar botellas ámbar de vidrio selladas herméticamente a una temperatura de 0 °C a 4,5 °C debido a que la gasolina es sensible a la luz y para evitar la absorción

de aire, pérdida de vapores y contaminación de las muestras. Para la caracterización de las muestras iniciales de gasolina de 92 y 85 RON, se realizaron los siguientes análisis:

- Presión de Vapor Reid, ASTM D 323-20a *Standard Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products (Reid Method)* (2020).
- Contenido de gomas, ASTM D381-19 *Standard Test Method for Gum Content in Fuels by Jet Evaporation* (2019).
- Número de Octano Research, ASTM D 2699-19e01 *Standard Test Method for Research Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel* (2019).
- Contenido de compuestos olefínicos, aromáticos y saturados. ASTM D 1319-20a *Standard Test Method for Hydrocarbon Types in Liquid Petroleum Products by Fluorescent Indicator Adsorption* (2020).

### 2.2 Evaluación del efecto del almacenamiento de gasolinas sobre la presión de vapor, formación de gomas, Número de Octano Research y contenido de compuestos olefínicos, aromáticos y saturados

Se planteó un diseño multi-factor categórico para la evaluación del efecto del almacenamiento de gasolina sobre las propiedades fisicoquímicas, detallado en la Tabla 1. Se colocó 900 cm<sup>3</sup> de muestra de gasolina en botellas ámbar de 1 litro. Se establecieron las siguientes condiciones de almacenamiento: muestras tapadas y destapadas almacenadas a -14 °C y 18 °C. Se midió cada 40 días, hasta los 160 días, la PVR, el contenido de gomas, el RON y el porcentaje de compuestos olefínicos, aromáticos y saturados.

**Tabla 1.** Parámetros del diseño experimental

Variable/Parámetro	Niveles	Variable de salida	Método de evaluación
Tipo de gasolina	92 y 85 RON		PVR
Condiciones de almacenamiento	Muestras tapadas y destapadas	Mejor condición de almacenamiento de la gasolina	Contenido de gomas
Temperatura (°C)	-14 ± 1 y 18 ± 1		RON
Tiempo (días)	0, 40, 80, 120 y 160		Compuestos olefínicos, aromáticos y saturados

Las muestras de los tratamientos a 18 ± 1 °C, se colocaron en cámaras cerradas con control de temperatura y las muestras a -14 ± 1 °C se colocaron en un congelador. Se almacenaron en total 64 botellas de muestras para los análisis y 32 botellas para medir el porcentaje de volumen evaporado en todas las condiciones de almacenamiento para cada período de tiempo. Las mediciones experimentales se realizaron por duplicado. Con los resultados obtenidos se determinaron los valores promedio y las desviaciones estándar, por lo que los resultados mostrados corresponden al valor promedio.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan los resultados y discusión del análisis de la influencia de las condiciones de almacenamiento en la Presión

de Vapor Reid (PVR), contenido de gomas, Número de Octano Research (RON) y el porcentaje volumétrico de compuestos olefínicos, aromáticos y saturados en gasolinas denominadas 92 y 85 RON

### 3.1 Caracterización inicial de las muestras de gasolina

La Tabla 2 contiene los resultados de PVR, contenido de gomas y RON de las muestras iniciales de gasolina. Los valores reportados para los tres parámetros de estudio se encuentran dentro de los límites establecidos en la norma NTE INEN 935 Productos Derivados de Petróleo. Gasolina. Requisitos (2021).

**Tabla 2.** Caracterización inicial de muestras de gasolina de 92 y 85 RON

Parámetro	Tipo de gasolina			
	92 RON		85 RON	
	Resultado análisis	INEN 935 Mín. Máx.	Resultado análisis	INEN 935 Mín. Máx.
PVR (kPa)	48,30	-- 60,00	48,30	-- 60,00
Contenido de gomas (mg/100 cm <sup>3</sup> )	0,20	-- 4,00	0,40	-- 3,00
RON	92,40	92,00 --	86,80	85,00 --

En la Tabla 3, se observan los porcentajes de olefinas, aromáticos y compuestos saturados determinados mediante FTIR. La gasolina de 92 RON presenta mayor concentración de compuestos aromáticos y olefínicos respecto a la gasolina de 85 RON, los cuales aportan mayor octanaje a este tipo de gasolina (Coker, 2018; Lluch, 2011).

**Tabla 3.** Composición inicial de la gasolina de 92 y 85 RON mediante análisis FTIR

Compuestos	Unidades	Tipo de gasolina	
		92 RON	85 RON
Olefinas		16,3	12,9
Aromáticos	% v/v	23,4	20,0
Saturados		60,3	67,1

### 3.2 Evaluación de la Presión de Vapor Reid (PVR)

En la Figura 1, se presentan los resultados obtenidos de la presión de vapor Reid (PVR) de las muestras de gasolina de 92 y 85 RON expuestas a diferentes condiciones de almacenamiento. En las muestras de gasolina expuestas al ambiente, la temperatura de almacenamiento influye en la tasa de disminución de la PVR y la velocidad de evaporación, que inician con un rápido descenso, pero decrecen con el paso de los días, mientras que, la PVR de las muestras de gasolina tapadas decrece ligeramente debido a la temperatura de almacenamiento.

Okamoto et al. (2009) en su investigación establece que la tasa de evaporación de la gasolina presenta una relación proporcional con la presión de vapor debido a que los componentes con bajo punto de ebullición se evaporan sin restricciones, lo que sucede en las muestras destapadas a las dos temperaturas experimentales. Sin embargo, en las muestras almacenadas en botellas cerradas, se llega al equilibrio en el espacio de cabeza lleno de aire en cada botella y cuando se abre la botella para realizar los análisis solo se

liberan los compuestos del espacio libre superior de cada muestra. Una baja PVR genera problemas en el funcionamiento del motor porque el diseño del motor comprende un rango de presiones de vapor para que se pueda maniobrar correctamente. De acuerdo con Álvarez et al. (2005) para que se produzca el arranque en frío se necesita que el combustible tenga suficientes compuestos volátiles, al menos 10%, con puntos de ebullición menores a 70 °C.

En la Figura 2, se incluyen las variaciones del volumen de gasolina de 92 y 85 RON, en los recipientes donde fueron almacenadas, su comportamiento se asemeja al observado en la PVR. El porcentaje de volumen perdido corresponde a la evaporación de los compuestos más volátiles y se relaciona con los compuestos saturados presentes en las gasolinas; esto se verifica con las tendencias observadas en la concentración de saturados de la Figura 7.

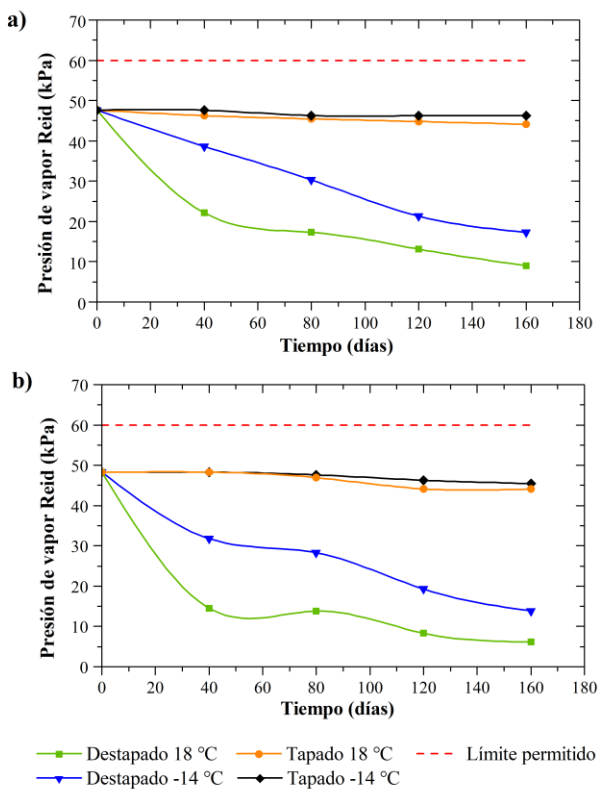


Figura 1. PVR de la gasolina respecto al tiempo a diferentes condiciones de almacenamiento: a) 92 RON y b) 85 RON

### 3.3 Evaluación del contenido de gomas

Las tendencias a la formación de gomas en el tiempo, para las muestras de gasolina de 92 y 85 RON, se muestran en la Figura 3. Se observa que en la gasolina expuesta al ambiente a 18 °C existe mayor contenido de gomas, indistintamente del tipo de gasolina. La tendencia de oxidación de la gasolina es mayor cuando se eleva la temperatura lo que se traduce en un incremento del contenido de gomas durante largos períodos de tiempo de almacenamiento (Pradelle et al., 2017).

La gasolina expuesta al ambiente presentó un mayor incremento en el contenido de gomas respecto a la gasolina almacenada en recipientes cerrados en los dos tipos de gasolina. Este fenómeno responde a que estas muestras tienen

mayor contacto con el oxígeno, por lo tanto, mayor oxidación (Pradelle et al., 2017). Por otra parte, la gasolina almacenada en recipientes cerrados a las dos temperaturas experimentales presentó un leve incremento, debido a la presencia de oxígeno en el espacio de cabeza de los recipientes (De La Puente y Sedran, 2004).

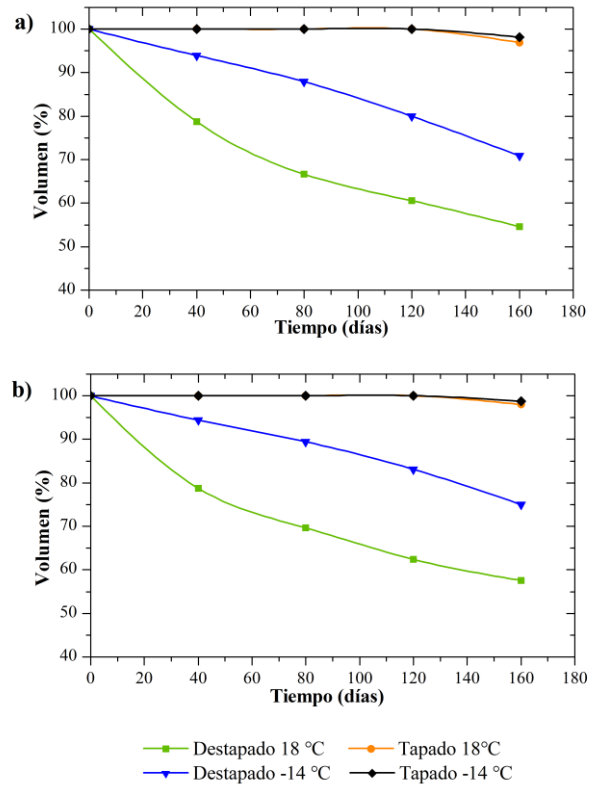
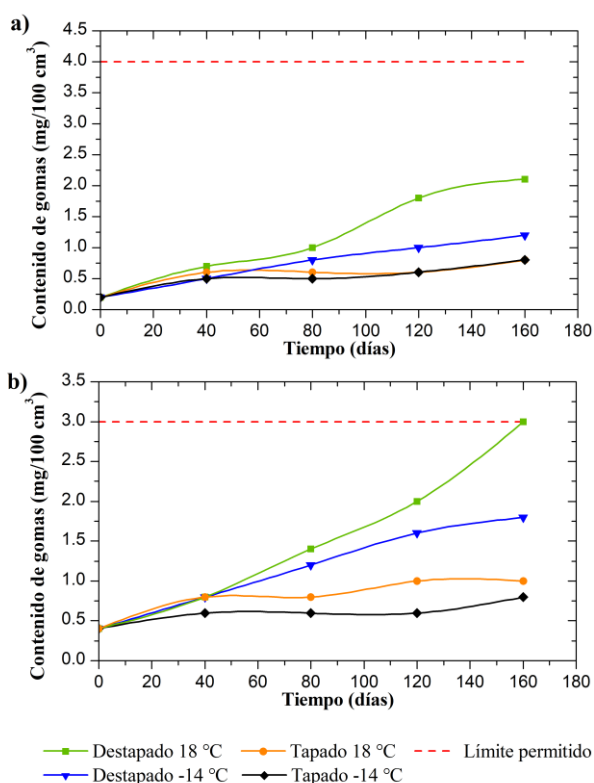


Figura 2. Volumen de la gasolina respecto al tiempo a diferentes condiciones de almacenamiento: a) 92 RON y b) 85 RON

El contenido de gomas se mantuvo dentro del límite permitido en la norma NTE INEN 935 Productos derivados de petróleo. Gasolina. Requisitos (2021) durante el período de estudio, sin embargo, la gasolina de 85 RON expuesta al ambiente a 18 °C tuvo un valor igual al límite permitido a 160 días de almacenamiento, el cual, de acuerdo con la tendencia que se presenta en la Figura 3, este valor podría continuar su crecimiento en un mayor período de tiempo.

### 3.4 Evaluación de Número de Octano Research (RON)

La Figura 4 muestra las tendencias de variación del octanaje en las gasolinas denominadas 92 y 85 RON. Se observa que la gasolina expuesta al ambiente a 18 °C presenta mayor disminución en el octanaje en los dos tipos de gasolina durante el período de 160 días. La gasolina de 92 RON expuesta al ambiente luego de 20 días de almacenamiento no cumple con el límite mínimo de 92 octanos establecido en la norma NTE INEN 935, mientras que cuando la gasolina se almacena en un recipiente cerrado, esta no cumple con el límite permitido luego de 80 días de almacenamiento.



**Figura 3.** Contenido de gomas en la gasolina respecto al tiempo a diferentes condiciones de almacenamiento: a) 92 RON y b) 85 RON

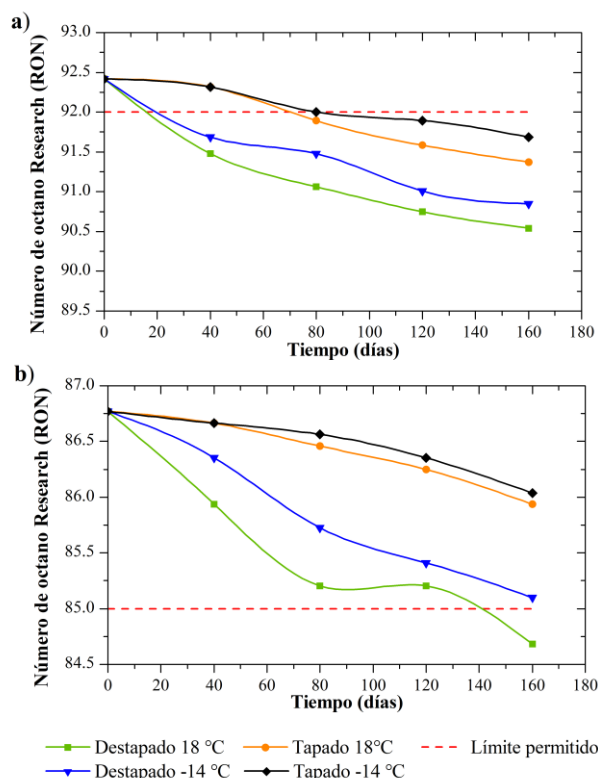
Por otra parte, los valores de octanaje en la gasolina de 85 RON se encontraron dentro del límite permitido por la norma NTE INEN 935, sin embargo, la muestra destapada a 18 °C a 160 días de almacenamiento es inferior al valor establecido en la norma. La disminución del octanaje es generado por el cambio gradual de la composición química de la gasolina, pues Okamoto et al. (2009) plantearon que la variación en la composición química de una gasolina influye en sus propiedades fisicoquímicas de la gasolina, principalmente por la evaporación de compuestos. En los análisis de las muestras iniciales de gasolina se evidencia que la de 92 RON presenta mayor concentración de compuestos olefínicos respecto a la de 85 RON, los cuales aportan con un mayor octanaje a la gasolina. En la Figura 5, se observa la disminución de los compuestos olefínicos, por lo que se puede atribuir la reducción notable del octanaje a la evaporación de las olefinas.

### 3.5 Evaluación del contenido de compuestos olefínicos, aromáticos y saturados

Las concentraciones de compuestos olefínicos, aromáticos y saturados, para los diferentes tratamientos, se obtuvieron mediante análisis FTIR, Figuras 5, 6 y 7. La variación porcentual del volumen de compuestos olefínicos y saturados en la gasolina influyen de forma directa en el octanaje y presión de vapor Reid, mientras que se relaciona inversamente con el contenido de gomas.

Los compuestos olefínicos presentan un comportamiento similar en los dos tipos de gasolina, Figura 5, aunque difieren en el porcentaje de volumen inicial 16,3% en la gasolina de 92 RON y 12,9% en la gasolina de 85 RON. Además, se observa que en los dos tipos de gasolina se conserva un mayor volumen

de compuestos olefínicos cuando la gasolina es almacenada en un recipiente cerrado y se presenta una mayor pérdida en muestras destapadas. Por otra parte, la temperatura de almacenamiento de la gasolina influye en la pérdida de compuestos olefínicos. La gasolina almacenada en un recipiente abierto al ambiente a 18 °C presenta la mayor pérdida de volumen de compuestos olefínicos 62,5% en la gasolina de 92 RON y 60,4% en la gasolina de 85 RON en 160 días de almacenamiento; mientras que, en la gasolina almacenada en un recipiente cerrado, el porcentaje de compuestos olefínicos se conserva durante el período de estudio independientemente de la temperatura de almacenamiento.



**Figura 4.** RON de la gasolina respecto al tiempo a diferentes condiciones de almacenamiento: a) 92 RON y b) 85 RON

En la Figura 6, se muestra la variación de los porcentajes de los compuestos aromáticos en la gasolina de 92 y 85 RON, respecto al tiempo a diferentes condiciones almacenamiento. Debido a que los compuestos aromáticos son menos susceptibles a evaporarse en la gasolina, se observa que su porcentaje en volumen aumenta respecto al tiempo, esto en términos relativos al decrecimiento de compuestos olefínicos y saturados.

Los compuestos aromáticos presentan un comportamiento similar en los dos tipos de gasolina, aunque difieren en el porcentaje de volumen inicial, 23,4% en la gasolina de 92 RON y 20,0% en la gasolina de 85 RON. La gasolina que se almacena en recipientes cerrados conserva su composición independientemente de la temperatura de almacenamiento, mientras que, en la gasolina que se almacena en recipientes abiertos, la composición de los aromáticos incrementa con el tiempo y la temperatura de almacenamiento. Este comportamiento se debe a que a medida que se volatilizan los compuestos diferentes a los aromáticos, el volumen



disminuye, por lo tanto, al mantenerse constante el número de moles de los aromáticos, su concentración aumenta.

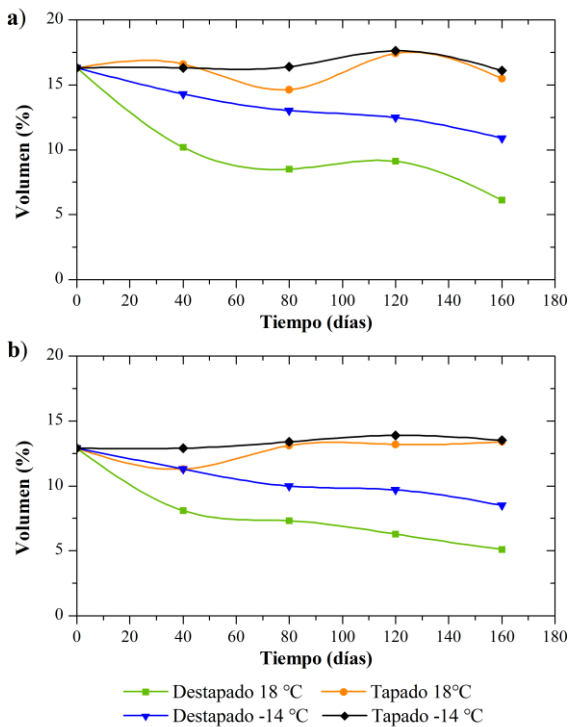


Figura 5. Volumen de compuestos olefinicos en la gasolina respecto al tiempo: a) 92 RON y b) 85 RON

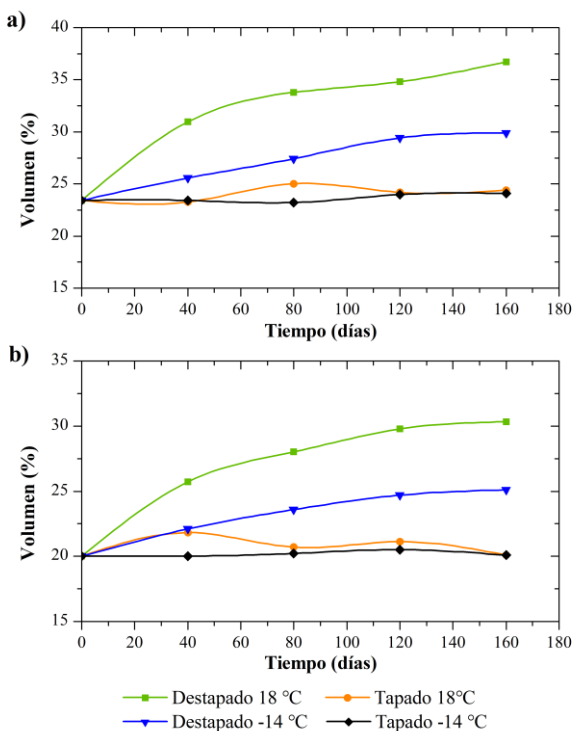


Figura 6. Volumen de compuestos aromáticos en la gasolina respecto al tiempo: a) 92 RON y b) 85 RON

Por otra parte, los compuestos saturados presentan un comportamiento similar en los dos tipos de gasolina, aunque difieren en el porcentaje de volumen inicial 60,3% en la gasolina de 92 RON y 67,1% en la gasolina de 85 RON (Figura

7). Se observa que en los dos tipos de gasolina se conserva un mayor volumen de compuestos saturados cuando la gasolina es almacenada en recipientes cerrados a -14 °C y se presenta una mayor pérdida cuando la gasolina es almacenada en recipientes expuestos al ambiente a 18 °C. Además, en los dos tipos de gasolina se observa un comportamiento inusual en el período después de los 120 días de almacenamiento, en el cual la concentración de compuestos saturados aumenta como consecuencia de la evaporación de otros compuestos diferentes a los saturados.

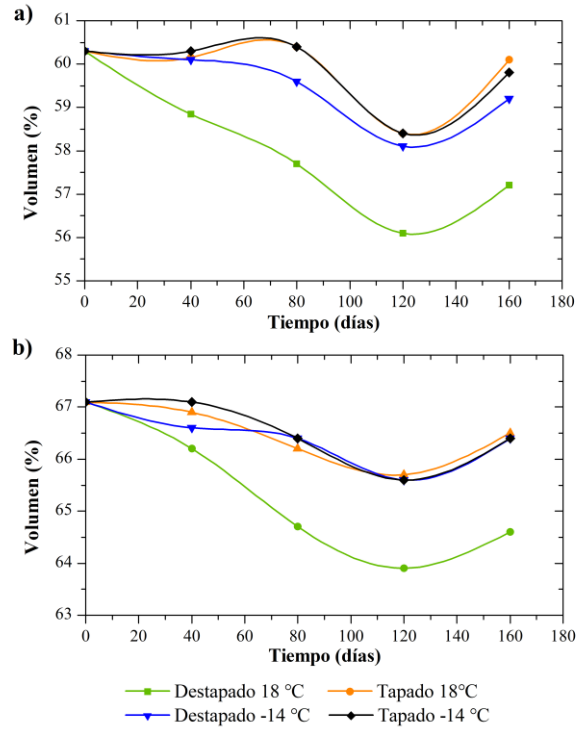


Figura 7. Volumen de compuestos saturados en la gasolina respecto al tiempo: a) 92 RON y b) 85 RON

La gasolina almacenada en un recipiente expuesto al ambiente a 18 °C presenta la mayor pérdida de volumen de compuestos saturados 5,14% en la gasolina de 92 RON y 3,72% en la gasolina de 85 RON en 160 días de almacenamiento, mientras que, en la gasolina almacenada en un recipiente cerrado, el porcentaje de compuestos saturados se conserva durante el periodo de estudio independiente de la temperatura de almacenamiento.

### 3.6 Análisis estadístico

Se prepararon los modelos lineales generalizados que permiten ajustar el RON con las condiciones de almacenamiento, PVR y contenido de gomas de las gasolinas de 92 y 85 RON.

El modelo lineal generalizado para el Número de Octano Research de la gasolina de 92 RON está dado por la Ecuación 1:

$$\begin{aligned}
 RON = & 90,8859 - 0,02988743 * I_{11} - 0,0670435 \quad (1) \\
 & * I_{21} + 0,420376 * I_{31} \\
 & + 0,206728 * I_{32} - 0,0206726 \\
 & * I_{33} - 0,243611 * I_{34} \\
 & + 0,0232664 * PVR \\
 & - 0,0688427 * CG
 \end{aligned}$$

Donde:

PVR = presión de vapor Reid en kPa

CG = contenido de gomas en mg/100 cm<sup>3</sup>

I<sub>11</sub> = 1 si T es -14 °C, -1 si T es 18 °C y 0 de lo contrario.

I<sub>21</sub> = 1 si almacenamiento es Destapado, -1 si almacenamiento es Tapado y 0 de lo contrario.

I<sub>31</sub> = 1 si tiempo es 0 días, -1 si tiempo es 160 días y 0 de lo contrario.

I<sub>32</sub> = 1 si tiempo es 40 días, -1 si tiempo es 160 días y 0 de lo contrario.

I<sub>33</sub> = 1 si tiempo es 80 días, -1 si tiempo es 160 días y 0 de lo contrario.

I<sub>34</sub> = 1 si tiempo es 120 días, -1 si tiempo es 160 días y 0 de lo contrario.

Este modelo presenta un valor estadístico R-cuadrado de 97,94%, desviación estándar de 0,1141 y un valor-P menor a 0,05 que significa que existe una relación estadísticamente significativa entre el RON y las variables independientes con 95,0% de nivel de confianza.

El modelo lineal generalizado para el Número de Octano Research de la gasolina de 85 RON está dado por la Ecuación 2:

$$\begin{aligned} RON = & 85,1844 - 0,0102069 * I_{11} - 0,0133367 \quad (2) \\ & * I_{21} + 0,281102 * I_{31} \\ & + 0,285844 * I_{32} - 0,0728823 \\ & * I_{33} - 0,104576 * I_{34} \\ & + 0,0283682 * PVR \\ & - 0,0892131 * CG \end{aligned}$$

El modelo lineal generalizado entrega un valor del estadístico R-cuadrado de 98,19%, error estándar de 0,1189 y valor-P menor a 0,05, por lo que se establece que existe una relación estadísticamente significativa entre el RON y las variables independientes con un porcentaje de confianza de 95,0%.

## CONCLUSIONES

Las mejores condiciones de almacenamiento de la gasolina, correspondiente a los tratamientos propuestos para minimizar la formación de gomas y mantener el Número de Octano y la Presión de Vapor Reid respecto a su valor inicial fueron para la muestra de gasolina almacenada en recipientes cerrados herméticamente a una temperatura de -14 °C en un período de tiempo menor a 80 días. De acuerdo con estas condiciones, la Presión de Vapor Reid permaneció constante, el contenido de gomas se incrementó en 0,3 mg/100 cm<sup>3</sup> en la gasolina de 92 RON y 0,2 mg/100 cm<sup>3</sup> en la gasolina de 85 RON y el Número de Octano disminuyó en 0,4 unidades en la gasolina de 92 RON y 0,2 unidades en la gasolina de 85 RON, parámetros que cumplen con los valores de calidad requeridos para gasolinas por la norma NTE INEN 935.

Las condiciones menos favorables para el almacenamiento de la gasolina fueron muestras de gasolina almacenadas en recipientes abiertos a 18 °C en un período de tiempo superior a 80 días, en el cual, las gasolinas de 92 y 85 RON no cumplen con los límites mínimos de RON establecidos en la norma NTE INEN 935 para cada gasolina. De acuerdo con el valor inicial de cada parámetro y 160 días de almacenamiento, la

presión de vapor Reid disminuyó en 38,6 kPa en la gasolina de 92 RON y 42,1 kPa en la gasolina de 85 RON, el contenido de gomas se incrementó en 1,9 mg/100 cm<sup>3</sup> en la gasolina de 92 RON y 2,6 mg/100 cm<sup>3</sup> en la gasolina de 85 RON y el número de octano Research disminuyó en 1,9 unidades en la gasolina de 92 RON y 2,1 unidades en la gasolina de 85 RON.

La gasolina de mayor octanaje es más susceptible a las reducciones en el RON, por el tiempo y la temperatura de almacenamiento, debido a la evaporación de los compuestos que aportan mayor octanaje como las isoparafinas de cadena corta y las olefinas. La variación porcentual del volumen de compuestos olefínicos y saturados en la gasolina influyen de forma directa en el octanaje y presión de vapor Reid, mientras que se relaciona inversamente con el contenido de gomas.

El número de octano Research presentó una relación lineal directa con las condiciones de almacenamiento, presión de vapor Reid y contenido de gomas independientemente del tipo de gasolina, cuyos modelos matemáticos presentaron coeficientes de correlación de 97,94% y 98,19% para la gasolina de 92 y 85 RON respectivamente.

## REFERENCIAS

- Aboul-Fotouh, T. M., Ibrahim, S. K., Sadek, M. A., & Elazab, H. A. (2019). High octane number gasoline-ether blend. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(9), 732–739. <https://doi.org/10.35940/ijitee.f3610.078919>
- Álvarez, J., Callejón, I., Forn, S., Balsells, D., Casanova, J., Bonet, O., Carrera, X., Carreras, R., Villa, J., Sánchez, D., Mirret, S., Liesa, F., Molina, L., Espada, I., Costa, R., Forcadell, C., Serrano, A., & Soldevila, X. (2005). *Motores alternativos de combustión interna* (1era ed.). Universidad Politécnica de Cataluña.
- ASTM Internacional (2020). D 323-20a Standard Test Method for Vapor Pressure of Petroleum Products (Reid Method).
- ASTM Internacional (2019). D381-19 Standard Test Method for Gum Content in Fuels by Jet Evaporation.
- ASTM International (2019a). D2699-19e01 Standard Test Method for Research Octane Number of Spark-Ignition Engine Fuel.
- ASTM International (2020a). D 1319-20a Standard Test Method for Hydrocarbon Types in Liquid Petroleum Products by Fluorescent Indicator Adsorption.
- Coker, A. (2018). *Petroleum Refining Design and Applications Handbook*. John Wiley & Sons.
- Curley, R. (2012). *Fossil Fuels - Energy: Past, Present, and Future* (1era ed.). Britannica Educational Publishing.
- De La Puente, G., & Sedran, U. (2004). Formation of gum precursors in FCC naphthas. *Energy and Fuels*, 18(2), 460–464. <https://doi.org/10.1021/ef0340312>
- Demirbas, A., Balubaid, M. A., Basahel, A. M., Ahmad, W., & Sheikh, M. H. (2015). Octane Rating of Gasoline and Octane Booster Additives. *Petroleum Science and Technology*, 33(11), 1190–1197. <https://doi.org/10.1080/10916466.2015.1050506>
- Gilbert, W. R. (2004). Effect of FCC variables on the formation of gasoline gum precursors. *Studies in Surface Science and Catalysis*, 149, 247–256.

[https://doi.org/10.1016/s0167-2991\(04\)80767-5](https://doi.org/10.1016/s0167-2991(04)80767-5)

Groysman, A. (2014). *Corrosion in Systems for Storage and Transportation of Petroleum Products and Biofuels: Identification, monitoring and solutions*. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7884-9>

Hancsók, J. (Ed.). (2016). *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology: Gasoline Fuels for Spark-Ignition Internal Combustion Engines*. John Wiley & Sons.

<https://doi.org/10.1002/0471238961.0701191508150308.a01.pub3>

INEN (2021). NTE INEN 935 Productos Derivados de Petróleo. Gasolina. Requisitos

Kalghatgi, G., & Stone, R. (2018). Fuel requirements of spark ignition engines. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 232(1), 22–35.

<https://doi.org/10.1177/0954407016684741>

Kaltschmitt, T., & Deutschmann, O. (Eds.). (2012). *Advances in Chemical Engineering: Fuel Processing for Fuel Cells*. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386874-9.00001-4>

Lluch, J. (2011). *Tecnología y Margen de Refino del Petróleo*. Díaz de Dantos, S.A.

Okamoto, K., Watanabe, N., Hagimoto, Y., Miwa, K., & Ohtani, H. (2009). Changes in evaporation rate and vapor pressure of gasoline with progress of evaporation. *Fire Safety Journal*, 44(5), 756–763.

<https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.03.004>

Pradelle, F., Braga, S. L., Martins, A. R. F. A., Turkovics, F., & Pradelle, R. N. C. (2015). Gum Formation in Gasoline and Its Blends: A Review. *Energy and Fuels*, 29(12), 7753–7770.

<https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.5b01894>

Pradelle, F., Leal Braga, S., Fonseca de Aguiar Martins, A. R., Turkovics, F., & Nohra Chaar Pradelle, R. (2017). Certainties and challenges in modeling unwashed and washed gums formation in Brazilian gasoline–ethanol blends. *Chemical Engineering Research and Design*, 122, 77–96. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2017.03.037>

Rand, S., & Verstuyft, A. (2018). *Significance of tests for petroleum products* (9na ed.). ASTM International.

Speight, J. G. (2014). *The Chemistry and Technology of Petroleum* (5ta ed.). Taylor & Francis Group.

Stradling, R., Rickeard, D., Hamje, H., Williams, J., & Zemroch, P. (2015). Effect of Octane on the Performance of Two Gasoline Direct Injection Passenger Cars. *SAE Technical Papers*, 767(01), 01–13.

<https://doi.org/10.4271/2015-01-0767>

Streva, E. R., Pasa, V. M. D., & Sodr , J. R. (2011). Aging effects on gasoline-ethanol blend properties and composition. *Fuel*, 90(1), 215–219.

<https://doi.org/10.1016/j.fuel.2010.07.056>

## BIOGRAFÍAS



**Jessica, Castillo**, Ingeniera Química en la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador (EPN) en el 2017. Estudió su Maestría en Gestión Ambiental y Energética de las Organizaciones en la Universidad Internacional de La Rioja (UNIR) en el 2022. Trabajó en la EPN como Analista en Proyectos de Investigación y Técnico Docente del

Departamento de Ingeniería Química. Posteriormente trabajó en la empresa Schlumberger Norge en Noruega, como ingeniera de fluidos de perforación offshore. Actualmente, trabaja en la empresa Schlumberger del Ecuador S.A. como ingeniera de fluidos. Sus intereses de investigación incluyen ingeniería energética, ingeniería y tecnología del medio ambiente, y tecnología del carbón y petróleo.



**Liliana, Guzmán-Beckmann**, Ingeniera Química de la Escuela Politécnica Nacional (EPN) en el 2003. Máster en Diseño de Procesos, Universidad Central del Ecuador. Ingeniera de campo de registros eléctricos en pozos en perforación y en producción de petróleo, Baker Hughes. Gerente de Logística y Procesos para trazar el combustible ecuatoriano para

prevenir y controlar el contrabando y desvío de derivados del petróleo, Decipher C.A. Actualmente, profesora del Departamento de Ingeniería Química de la EPN, investiga temas relacionados con petróleo, derivados del petróleo y biocombustibles.



**Bryan, Escola**, Ingeniero Químico en la Escuela Politécnica Nacional (EPN) en el 2022. Realizó su proyecto final titulado “Tratamiento de etanol artesanal por oxidación con permanganato de potasio y destilación en columna de relleno” en el Laboratorio de Combustibles, Biocombustibles

y Aceites Lubricantes (LACBAL).





**Emerson Reyes**, Ingeniero Químico, en la Escuela Politécnica Nacional en 2020. Magister en Diseño Industrial y de Procesos en la Universidad Internacional SEK (UISEK) en 2022 y maestrante en Administración de Empresas en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE).

Sus áreas de conocimiento: sistema triple de Gestión de Calidad, la mejora continua de procesos y el diseño de proyectos de ingeniería para inversión. Actualmente, se desempeña como analista de laboratorio de ensayos en Laboratorio de Combustibles, Biocombustibles y Aceites Lubricantes (LACBAL), vinculado a los proyectos de investigación y de transferencia de tecnología del LACBAL.

