



Análisis comparativo del uso del Búnker y gas GLP como insumo para la industria nacional, en el marco del Decreto 42747-MINAE

**CUADERNOS DE
POLÍTICA ECONÓMICA
002 - 2024**

**Autores:
Donald Miranda Montes
Alexander Sánchez Sánchez**

CINPE



ENTRO INTERNACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA
PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE



Universidad Nacional
Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE)

**Titulo Análisis comparativo del uso del Búnker y gas GLP
como insumo para la industria nacional, en el marco
del Decreto 42747-MINAE**

002 2024 Heredia, Costa Rica

Los Cuadernos de Política Económica son una publicación periódica del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), de la Universidad Nacional. Los contenidos y opiniones reflejados en los Cuadernos son estrictamente de los autores.

Equipo Editorial

Coordinador Editorial

Rafael Díaz Porras, PhD.

Comité Editorial

Suyén Alonso Ubieta, PhD.

Daniela García Sánchez PhD.

Fernando Saénz Segura, PhD

Curadora

Lizzie Solórzano Arias, Mag

Diagramación

Jonnathan Vallejos Cambronero, Bach

665.7
M672a

Miranda Montes, Donald

Análisis comparativo del uso del Búnker y gas GLP como insumo para la industria nacional, en el marco del Decreto 42747-MINAE / Donald Miranda Montes y Alexander Sánchez Sánchez -- Heredia, Costa Rica: CINPE, 2024.

1 recurso en línea (89 páginas) -- (número 002-2024)
Versión digital.

E-ISSN 2215-6186

1. COMBUSTIBLES 2. MERCADO INTERNACIONAL 3. MERCADO INTERNO 4. CONTAMINACIÓN DEL AIRE I. Título II. Sánchez Sánchez, Alexander; aut.



TABLA DE CONTENIDOS

Tabla de contenido

Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción	1
Antecedentes.....	3
Marco metodológico	4
Aspectos generales del GLP y del Fuel oil (Búnker)	4
El Gas licuado de Petróleo	4
El Fuel Oil (Búnker)	6
Características del mercado internacional del GLP	8
Nivel de producción	8
Nivel de consumo	8
Comercio internacional del GLP	9
Precios Internacionales	10
Mercado nacional del GLP y Búnker	10
Comportamiento de las ventas de combustibles	11



Precios del Búnker y el GLP	12
El mercado nacional del gas LP	15
Consumo de GLP.....	16
Mercado nacional del Búnker	19
Subsidio a los combustibles: un breve análisis	21
Análisis comparativo de la sustitución de combustibles	26
Reflexiones finales	54
Referencias Bibliográficas	56
Anexos	59

Tabla 1 RECOPE: Ventas anuales y comparativo por producto	11
Tabla 2. ARESEP: Precios en colones por litro de los	15
Tabla 3: Peso relativo del subsidio en el precio plantel, periodo 2016-2020	23
Tabla 4: Subsidio total entregado por producto (colones), periodo 2016-2020	24
Tabla 5: Impacto en Subsidio de una potencial sustitución de Bunker por GLP para el año 2020	25
Tabla 6 Costos operativos: Costo requerido según actividad y	29
Tabla 7: Costos operativos para una empresa de utilizar Búnker y Gas LP	34
Tabla 8: Contaminación generada por el uso de Búnker y GLP en Kg CO2 por litro de combustible	36
Tabla 9: Valor Total del Subsidio por producto.....	44
Tabla 10: Precio en plantel sin impuesto final con las variables consideradas	45
Tabla 11: Matriz comparativa: Elementos técnicos-económicos y ambientales, según combustible, valores absolutos y relativos.....	48
Tabla 12: Comparación de elementos por considerar en el uso de Búnker vrs GLP ..	51



Figura 1. Combustibles derivados de la destilación del petróleo	6
Figura 2. RECOPE: Evolución de los precios en Plantel del Búnker y del GLP, sin impuesto.....	13
Figura 3. RECOPE: Diferencia mensual entre el precio en colones del Búnker y del GLP	14
Figura 4. RECOPE: Estructura de ventas anuales de GLP según tipo de cliente, 2020	16
Figura 5. ARESEP: Consumo nacional de GLP, 2014-2019 en millones de litros	17
Figura 6. GLP: Consumo según sector en Tera julios y porcentajes, 2013 - 2019	18
Figura 7. Costa Rica: Actores de la cadena del gas LP.....	19
Figura 8. RECOPE: Estructura de ventas anuales de bunker, según tipo de cliente ..	20
Figura 9. Subsidio por producto (colones/litro) según fecha publicación en la Gaceta	22
Figura 10. Subsidio total entregado por producto en colones, periodo febrero 2016-abril 2021	23
Figura 11. Variable temporal: Tiempo requerido en semanas para la sustitución de 4 calderas por fuente y actividad	28
Figura 12. RECOPE: Poder calórico según hidrocarburo, en MJ/Kg	30



Figura 13. Venta totales de Búnker y Búnker bajo en azufre al ICE, en metros cúbicos, 2010-2019	38
Figura 14. RECOPE: Evolución de los precios en plantel del Búnker C y Búnker bajo en azufre, sin impuestos	39
Figura 15. RECOPE: Diferencia entre el precio mensual del Búnker bajo en azufre y Búnker, en colones.....	40
Figura 16. RECOPE: Evolución mensual de los precios en plantel según tipo de combustible, sin impuestos, 2016-2020.	41
Figura 17. Política sectorial mediante decreto 39437-MINAE y su reforma mediante decreto 42352-MINAE	42
Figura 18. Costa Rica, composición de precios Gasolinas y Diésel.....	43



Resumen

El Decreto Ejecutivo N° 42747-MINAE de enero 2021 plantea la sustitución del Búnker como fuente de energía utilizado en la industria por otra fuente menos contaminante, como el gas LP.

Esta sustitución de una fuente de energía contaminante por una fuente de energía menos contaminantes implica un incremento en los costos de producción principalmente, costos que no fueron considerandos a la hora de promulgar este decreto.

Por tal razon, este documento desarrolla un análisis comparativo entre ambos hidrocarburos con el propósito de generar insumos que permitan evaluar los efectos que esto tiene sobre la competitividad del sector industrial del país, Se utiliza una metodología que combina el análisis culitativo con elementos descriptivo del enfoque cuantitativo.

Dentro de los principales resultados del análisis se destaca el hecho que la poítica pública tiene efectos en los costos de producción del sector industrial y en el la competitividad del sector. Los efectos de la sustitución podrían implicar un aumento en los costos operativos de



las empresas de aproximadamente un 20%. El incremento podría variar según la naturaleza de la industria y la escala de planta.

Palabras clave: Política Pública, Gas Licuado de Petróleo, Búnker, costos operativos

Abstract

The Executive Decree No. 42747-MINAE from January 2021, as a public policy, proposes the replacement of Bunker fuel as an energy source used in the industry with another less polluting source, such as LP gas. However, the substitution of a polluting energy with another less polluting source will likely increase production cost, mainly those costs that were not considered when this decree was enacted. For this reason, this document develops a comparative analysis between both hydrocarbons to evaluate the effects this shift has on the competitiveness of the country's industrial sector. A methodology is used that combines qualitative analysis with descriptive elements of the quantitative approach.

Among the main results of the analysis, it stands out that the public policy has effects on production costs and competitiveness of the industrial sector. The effects of the aforementioned substitution may imply an increase in the operating costs of enterprises by approximately 20%. The increase could vary depending on the nature of the industry and the scale of the plant.

Key words: Public Policy, Liquefied petroleum gas, Búnker, operating cost



Biografía de los autores

Donald Miranda Montes. Economista. Maestría en Economía y Desarrollo Económico. Académico del Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible de la Universidad Nacional. Correo electrónico donald.miranda.montes@una.ac.cr

Alexander Sánchez Sánchez. Economista y Administrador de Empresas, Maestría en Economía del Desarrollo y en Gerencia de Proyectos de Desarrollo. Actualmente Analista Económico del Ministerio de Economía, Industria y Comercio (MEIC)



Cuadernos de Política Económica por [Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible](#) se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](#).



Cuadernos de Política Económica por [Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible](#) se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](#).

Introducción

Para el desarrollo de sus procesos productivos, muchas empresas costarricenses de diversas industrias requieren energía calórica, para lo cual el Búnker ha sido por muchos años, la principal, materias primas utilizadas.

Como es sabido este hidrocarburo contiene Azufre (S) que al ser utilizado en la industria nacional como fuente energética, genera emisiones de dióxido de Azufre (SO₂), dióxido de carbono (CO₂) y particulados como el hollín. El CO₂ es un gas de efecto invernadero (GEI), que contribuyen con el calentamiento global mientras que el segundo, afectan la salud.

Con el propósito de reducir las emisiones de GEI a las atmósferas, generadas por el uso de esta fuente de energía, el ejecutivo planteó mediante Decreto Ejecutivo #42747-MINAE la sustitución de la fuente de energía actual (Búnker), por otras fuentes menos contaminantes como el Gas Natural Licuado (GNL).

Para efectos del análisis comparativo se tomó como unidad de análisis el Gas Licuado de Petróleo (GLP), en lugar del GNL que menciona el decreto ejecutivo. Esto motivado por las siguientes razones:

1. El país no registra actividades de importación de GNL y por lo tanto el uso en las actividades económicas no está presente en el periodo de la investigación.
2. El VII Plan Nacional de Energía 2015--2030 reitera además el objetivo de “impulsar la diversificación de la matriz energética por medio de la incorporación paulatina de energías alternativas o bajas en emisiones” y en dicho objetivo incorpora como una de sus metas “ampliar la participación del gas licuado de petróleo (GLP) en la matriz energética” tomando en cuenta que el gas licuado de petróleo ha mantenido un



crecimiento sostenido desde su incorporación en la matriz energética teniendo una relevante diferencia en el precio con respecto a los otros combustibles y acarreado beneficios en la reducción de emisiones contaminantes (MINAE, 2016, p. 5). De esta manera, este estudio realiza la comparación del gas GLP y el Búnker, disponibles actualmente para consumo personal e industrial.

Esta sustitución a pesar de tener impactos ambientales positivos, y colaborar con la estrategia de des carbonización que el país ha asumido, podría traer implicaciones negativas en la competitividad del parque empresarial, ya que incrementaría los costos operativos de muchas empresas.

Esto dado que el bajo nivel de densidad del gas LP, haga que se requiera de mayor volumen para igualar el poder calórico del Búnker. Es decir, dada la densidad del gas LP (0,535 L/Kg) y la del Búnker (0,987 L/Kg), por cada litro de Búnker se requiere 1,63 litros de gas LP para obtener la misma capacidad calórica, o sea es de esperar un aumento en la demanda de gas LP. Por otra parte y extrapolando esta relación al subsidio que se otorga a estos combustibles, se esperaría que este se incremente aproximadamente un 50% el nivel de ventas proyectado por RECOPE, como se presenta más adelante.

En cuanto al consumo de los hogares de gas LP, la afectación en los precios dependerá de eliminar el efecto subsidio que actualmente tienen los combustibles; a nivel nacional esta sustitución implica un cambio en la matriz energética del país, por lo cual se requiere de un análisis más detallado y sistemático.

De esta manera, el objetivo del presente documento es realizar un análisis comparativo del uso de ambos combustibles como materia prima para la producción energética industrial, y así identificar insumos y externalidades del cambio en la matriz energética que contribuyan a la toma de decisión.



El documento se compone de seis secciones a saber. En el primer apartado se presenta a modo general, la introducción y los elementos metodológicos utilizados en el análisis; en la sección segunda, se muestran los aspectos generales de ambos combustibles; las características del mercado internacional de ambos combustibles se indican en el apartado tres; mientras que, en la sección cuarta, se muestran las características del mercado nacional; en la sección quinta se desarrolla el análisis comparativo a partir de las entrevistas realizadas. Finalmente, la sección sexta expone las reflexiones del análisis.

Antecedentes

El Poder ejecutivo en la búsqueda de la diversificación de la matriz energética y su sostenibilidad emitió el decreto ejecutivo #42747-MINAE, de enero de 2021 en el cual se establecen las condiciones técnicas para la importación, transportes, distribución y comercialización de Gas Natural Licuado (GNL), para sustituir el Búnker en uso industrial y comercial.

Previo a este decreto ya existía una declaratoria de interés público para las actividades de importación, uso y distribución del GNL. Esta misma declaratoria realizada mediante decreto ejecutivo # 37413-MINAET, consideraba además, al GNL como combustible de transición hacia combustibles más limpios que los derivados del petróleo que se utilizan actualmente en las diferentes actividades económicas.

Por otra parte, en el VII Plan Nacional de Energía 2015 - 2030 se reitera el objetivo de *“impulsar la diversificación de la matriz energética por medio de la incorporación paulatina de energías alternativas o bajas en emisiones”* y para esto se incorpora como una de sus metas “ampliar la participación del gas licuado de petróleo (GLP) en la matriz energética”.(MINAE, 2015, p. 52)



Estos esfuerzos se enmarcan dentro de los compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero que el país ha asumido en el protocolo de Kioto, así como los objetivos de desarrollo sostenible, y particularmente los relacionados con el objetivo N° 7; sobre energías no contaminantes y el objetivo #11 ciudades sostenibles.

Marco metodológico

La revisión documental, realizada en el marco de este análisis sobre el impacto que la aplicación del decreto ejecutivo representa para el sector industrial, motivó a los investigadores, desarrollar esta investigación de carácter exploratorio, con la finalidad de generar información y así mejorar los criterios para la toma de decisiones de Política Pública.

Para esto los autores primeramente, realizaron una revisión documental que le ayudara a entender mejor las características de ambos productos, así como también obtuvo datos estadísticos de variables relacionadas con éstos.

Una vez con la información recopilada y revisada, se llevaron a cabo una serie de reuniones en las que se conversó con diversos actores tanto institucionales como privados que participan en la cadena de valor de los insumos energéticos en Costa Rica, en el anexo 1 se presentan los principales resultados de las reuniones.

Entre los actores institucionales se tuvo conversaciones con colaboradores de la Refinadora Costarricense de Petróleo (RECOPE), de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP) y del Ministerio de Salud (MINSAL), mientras que, en el caso de actores privados con expertos en el tema de calderas, así como empresarios privados.

Aspectos generales del GLP y del Fuel oil (Búnker)

El Gas licuado de Petróleo



El Gas Licuado de Petróleo (GLP) y el Búnker son hidrocarburos que resultan del proceso de refinamiento del petróleo, y entre sus usos destaca la generación de energía calórica utilizada en sistema de producción de muchos sectores económicos.

El GLP o LPG (por sus siglas en inglés), es una mezcla de hidrocarburos gaseosos provenientes de la refinación del petróleo o extraído del Gas Natural (GN), a pesar de que éste cuenta con una menor capacidad para generar energía calórica que otros productos, su uso ofrece grandes ventajas desde el punto de vista ambiental, ya que produce menos emisiones de gases contaminantes que los combustibles líquidos.

Sus principales usos se dan en:

- Hogares, restaurantes y hotelería: se usa directamente en la cocción de alimentos, calentamiento de agua y secado de ropa.
- Producción industrial y energética: se utiliza en hornos de alta temperatura que requieren combustibles que dejen poco residuo. Asimismo, se puede generar energía eléctrica mediante la utilización de un alternador en los sectores doméstico y agrícola.
- Transporte: carretillas elevadoras, vehículos de turismo, autobuses urbanos, camiones de basura, vehículos livianos convertidos a GLP, etc.



Figura 1

Combustibles derivados de la destilación del petróleo



Fuente: <http://www.gascoeduca.cl/Contenido/Contenido.aspx?Cod=24>

El Fuel Oil (Búnker)

El Búnker también conocido como *fueloil* es un subproducto de la refinación del petróleo en sus primeras etapas de refinamiento. Es un material viscoso y con alto contenido energético, siendo el combustible más pesado de los obtenidos del petróleo. Esto le ha permitido ser utilizado en hornos, calderas y plantas eléctricas.

De acuerdo con RECOPE (2020 p. 26), el Búnker se clasifica en clases que van de la clase 1 a la clase 6. Esta clasificación se realiza tomando en cuenta el grado de viscosidad, composición y grado de ebullición. El Búnker, entre más avance en la clasificación tiene mayor grado de viscosidad y su precio es menor.

En Costa Rica, la refinadora de petróleo distribuye dos tipos de Búnker: El Búnker de tipo C y el Búnker bajo en azufre, este último utilizado únicamente por el ICE para el proceso de generación eléctrica (ver apartado de mercado nacional).



Cuadernos de Política Económica por [Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible](#) se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](#).

La transformación de estos hidrocarburos a energía se lleva a cabo mayormente mediante calderas, en las cuales se queman las materias primas y mediante éste proceso se genera energía calórica con la cual se produce principalmente vapor. El anexo 2 presenta una pequeña característización del parque de calderas con que cuenta Costa Rica según información de MINSA.

En cuanto a la capacidad calórica de ambos hidrocarburos, según datos de RECOPE:

- El gas LP cuenta con un poder calórico de 48 MJ/Kg, el más alto de todos los hidrocarburos que comercializa, mientras que el Búnker contiene un poder calórico de 42,46 MJ/Kg.
- Sin embargo, el bajo nivel de densidad del gas LP (0.56 Kg/L) hace que, al momento de transformarlo a litros, este reduzca significativamente su volumen y con ello su poder calórico con relación al Búnker. Este último tiene un poder energético de 41,90 KJ/L, mientras que en el caso del GLP su poder calórico es de 25,68Kj/L.

Esta diferencia de densidad entre ambos combustibles, hace que al momento de cuantificar los costos por MJ entre ambos hidrocarburos, el costo por utilizar gas LP supere al de un MJ producido empleando Búnker.

Finalmente, en lo que respecta a las emisiones de CO₂ generadas por el uso de éstos hidrocarburos para la producción de energía, de acuerdo con el Instituto Meteorológico Nacional en el documento Factores de emisiones de gases de efecto invernadero (2019):

- El Búnker es el que mayor cantidad de CO₂ emite, ya que cuenta con un factor de emisiones de 3,101 KgCO₂/L,



- En el caso del gas LP, el factor de emisiones es de 1,611 KgCO₂/L.

Características del mercado internacional del GLP

Esta sección tiene como objetivo presentar la situación internacional del gas LP y para esto se identificó como variables claves, la producción, el consumo y los precios internacionales.

Nivel de producción

De acuerdo con Argus Media Inc. Citado por Gasnova¹ (2019) la producción mundial de gas LP creció un 3,4% en el 2019 con respecto al 2018 ya que pasó de una producción en el 2018 de 315 millones a producir 326 millones en el 2019.

Para el 2018 la producción mundial de gas LP se concentró en América del Norte, esta región mostró un incremento en su producción del 10,4% siendo Estados Unidos el país que aportó más a la producción de la región con 76 millones de toneladas de las cuales el 53% aproximadamente se exportaron.

El segundo productor de gas LP a nivel mundial, es China con 38,7 millones de toneladas, seguido por Arabia Saudita con 29 millones de toneladas para este mismo año (Gasnova, 2019, p. 22).

Nivel de consumo

El consumo mundial de gas LP en el 2019, fue de 326 toneladas, es decir, aumentó un 1,6% con respecto al 2018. Este aumento en el consumo internacional estuvo impulsado por los sectores residencial y petroquímico.

¹ Gasnova es la Asociación Colombiana del GLP. <http://www.gasnova.co>



En cuanto al crecimiento del consumo internacional, tenemos que, en el 2018, la región de Norteamérica fue la que mostró un mayor crecimiento. En esta región el consumo creció en un 7,3% y mientras que regiones como el Medio Oriente y África, mostraron tasa de crecimiento de 4,6% cada región (WLPGA², 2018, citado por Gasnova, 2019, p. 23).

Se destaca que, en el 2018, China fue el principal consumidor de gas LP, con 55 millones de toneladas lo que corresponde a un 18% de la producción mundial, seguido por Estados Unidos con 46,2 millones de toneladas y por India con 24,6 millones de toneladas.

A nivel de la región de América del Norte, el país que presentó el mayor crecimiento en su consumo en el 2018 fue México con 9,7%, seguido por Estados Unidos con un crecimiento de 6,9%, este país ha venido creciendo sistemáticamente desde el 2014. (Gasnova, 2019, p. 24).

Comercio internacional del GLP

De acuerdo con WLPGA citado por Gasnova (2019), las exportaciones totales de gas LP fueron de 120 millones de toneladas en el 2018, mientras que las importaciones ascendieron a 118 millones de toneladas para ese mismo año, reflejándose en una balanza comercial superavitaria.

La región de América del Norte se destaca entre los principales exportadores de GLP, en el 2018 exportó 40,6 millones de toneladas mientras que el Medio Oriente exportó 39,5 millones de toneladas. En este mismo año a África exportó 10 millones de toneladas e importó 7,3 millones de toneladas de gas LP en ese mismo año.

² Asociación Mundial de Gas de GLP (WLPGA por sus siglas en inglés) <https://www.wlpga.org>



Precios Internacionales

El mercado internacional del gas LP no es un mercado único sino más bien tiene características de mercados regionales. Osinergmin (2012), identifica tres grandes mercados regionales: El mercado regional de América del Norte, Europa y Asia-Pacífico. (p. 4)

En el mercado de América del Norte los precios se fijan a partir del sistema *gas to gas competition*, es decir de acuerdo al comportamiento del mercado. En cambio, los precios del gas natural en Europa y en Japón y Corea están indexados al precio del petróleo. Para el caso de Australia y Nueva Zelandia los precios se fijan mediante el sistema *gas to gas competition*.

Esto complica el contar con un precio internacional ya que dependiendo del comportamiento del mercado regional, de los costos de transporte entre otros así será el precio resultante.

Para el mercado de América del Norte, se espera un incremento en los precios del gas LP. Esto por la variación en los precios del gas propano y el gas butano Mont Belvieu en Estados Unidos. Esta variación está relacionado con el aumento de las exportaciones de gas LP de Estados Unidos hacia el país asiático de China. La industria petroquímica ha mostrado una creciente y constante demanda por gas LP como materia prima (World Energy Trade, 15 07 2021).

Mercado nacional del GLP y Búnker

Costa Rica es importador neto de Búnker y gas LP. En el caso del gas LP, este contiene entre otros elementos gas Propano y gas Butano los cuales no solo ayudan a incrementar su densidad, sino que también su capacidad para generar energía calórica.

RECOPE tiene el monopolio de la importación y venta a granel de los hidrocarburos y en el caso del gas LP, lo vende con una proporción de 60% gas propano y un 40% de gas butano,



por tarifa asignada por el ente regulador, se vende una proporción 70% gas propano y 30% gas butano.

Con respecto a las importaciones durante el año 2020 su volumen fue de 17.108.711 barriles, el 93,3% de este proviene de Estados Unidos y el resto del producto es originario de Países Bajos, Francia, Antillas Holandesas, Nicaragua, Guatemala, Honduras y El Salvador.

Comportamiento de las ventas de combustibles

De acuerdo con el informe de ventas de RECOPE, las ventas anuales del 2020 se redujeron en un 19% con respecto a lo que se facturó en el 2019 por concepto de combustibles.

La Tabla 1 muestra cómo las ventas pasaron de 3 463 570 m³ en el 2019 a 2 803 301 m³ en el 2020. Esta disminución en las ventas se explica principalmente por los efectos de la emergencia sanitaria por la COVID-19, declarada en marzo del 2020.

Tabla 1

RECOPE: Ventas anuales y comparativo por producto 2020 vrs 2019 en metros cúbicos

Ventas	2020	Participación	2019	Diferencia	Variación
Diesel 50 (Nacional + ICE)	1.069.507,0	38,2	1.224.166,0	-154.659,0	-12,6
Gasolina Súper	544.618,0	19,4	686.865,0	-142.247,0	-20,7
Gasolina Plus 91	536.930,0	19,2	660.546,0	-123.616,0	-18,7
LPG	328.826,0	11,7	342.062,0	-13.236,0	-3,9
JET A-1	128.522,0	4,6	289.336,0	-160.814,0	-55,6
Bunker C	89.192,0	3,2	98.819,0	-9.627,0	-9,7
Asfalto	74.105,0	2,6	103.386,0	-29.281,0	-28,3
Bunker bajo en azufre (ICE)	0,0	0,0	24.628,0	-24.628,0	-100,0
Otros Productos	31.601,0	1,1	33.762,0	-2.161,0	-6,4
Total m ³ y %	2.803.301,0	100,0	3.463.570,0	-660.269,0	-19,1

Fuente: RECOPE, 2020

Dentro de los combustibles, el que presentó la menor disminución en su crecimiento, fue el gas LP con una tasa de disminución³ del 3,9% durante el 2020, mientras que el Búnker-C

³ Esta baja tasa de disminución se debe a que durante la pandemia los hogares aumentaron el consumo del gas LP como resultado de las restricciones sanitarias emitidas durante la emergencia sanitaria por la COVID-19



disminuyó un 9,7% que si bien no es de las variaciones mayores el impacto de la pandemia lo afectó más que al gas LP.

En cuanto a la participación dentro de las ventas totales, se aprecia que el Diesel, las gasolinas (Plus 91 y Súper) y el gas LP representan aproximadamente el 90% de las ventas totales que realizó RECOPE en el 2020. El gas LP se encuentra dentro de los combustibles más vendido por la refinadora nacional durante el 2020.

Precios del Búnker y el GLP

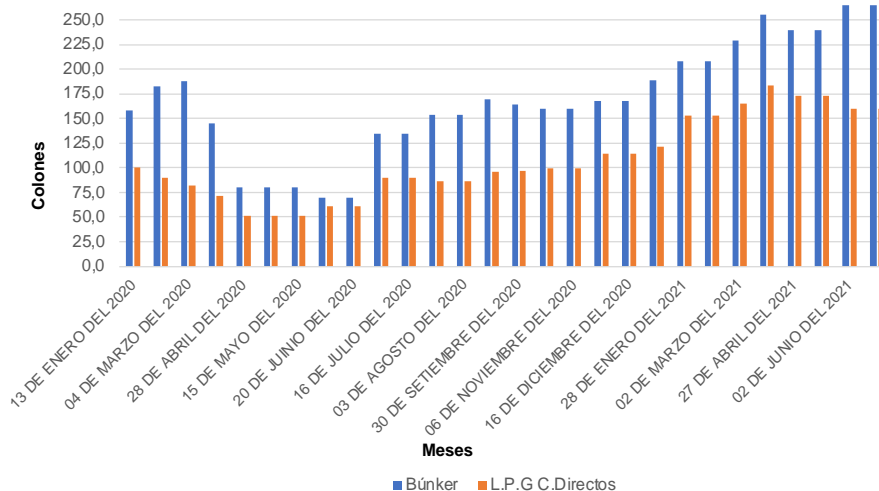
En el siguiente gráfico se muestra la evolución de los precios del Búnker y del gas LP para el 2020 y el primer semestre del 2021. Se observa que el precio del Búnker es 1,5 veces superior al precio del gas LP durante este periodo. Esta diferencia de precios a favor del Búnker se incrementa a partir del mes de junio del 2020 y está relacionada entre otros elementos, con las variaciones del tipo de cambio.

El tipo de cambio a partir de abril de este año mostró una tendencia al alza que lo llevó a depreciarse en un 7,8% aproximadamente al final del año. En esta pérdida de valor de la moneda, incidió principalmente la pandemia por COVID-19 que determinó en mucho el comportamiento de este macro precio. (Ver gráfico adjunto)



Figura 2

RECOPE: Evolución de los precios en Plantel del Búnker y del GLP, sin impuesto



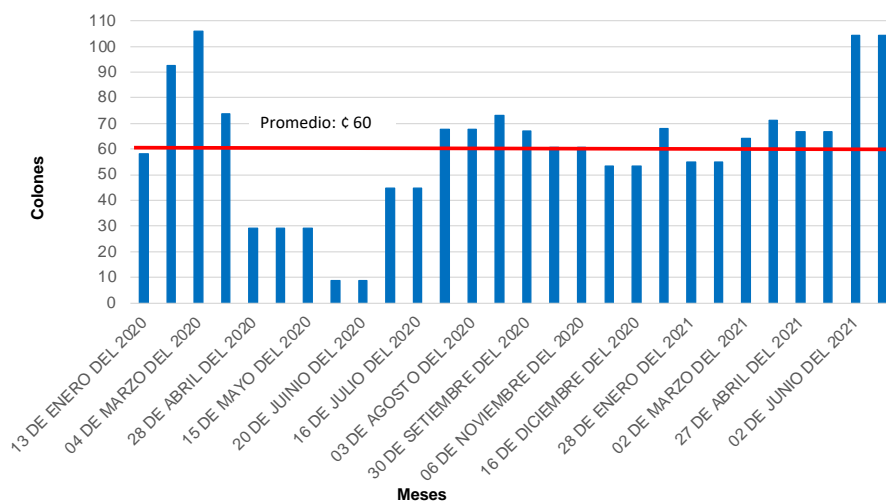
Fuente: Elaborado con información de <https://www.recope.go.cr/productos/precios-nacionales/historicos/>

Al analizar las diferencias entre el precio del Búnker y el precio del gas LP se presenta una diferencia promedio de aproximadamente $\text{¢}60$ durante los meses del año 2020 y los seis primeros meses del 2021, situación que se muestra en el gráfico 3.



Figura 3

RECOPE: Diferencia mensual entre el precio en colones del Búnker y del GLP



Fuente: Elaborado con información de <https://www.recope.go.cr/productos/precios-nacionales/historicos/>

Con respecto al precio de los hidrocarburos, la tabla 2 muestra como de acuerdo con la intendencia de Energía (IE), de la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), el precio por litro en el 2020 del búnker fue 188 colones sin incluir los impuestos mientras que el del GLP fue de 82 colones aproximadamente.



Tabla 2

ARESEP: Precios en colones por litro de los combustibles en Plantel de RECOPE

Producto	Precio	Precio
	Sin impuesto	con impuesto
Búnker	187,57	211,82
Búnker térmico ICE	219,17	243,42
Asfalto	251,26	302,01
Emulsión asfáltica rápida	157,95	196,2
Emulsión asfáltica lenta	163,5	201,75
GLP (70-30)	81,78	132,53

Fuente: ARESEP, RIE-0031-2020

El mercado nacional del gas LP

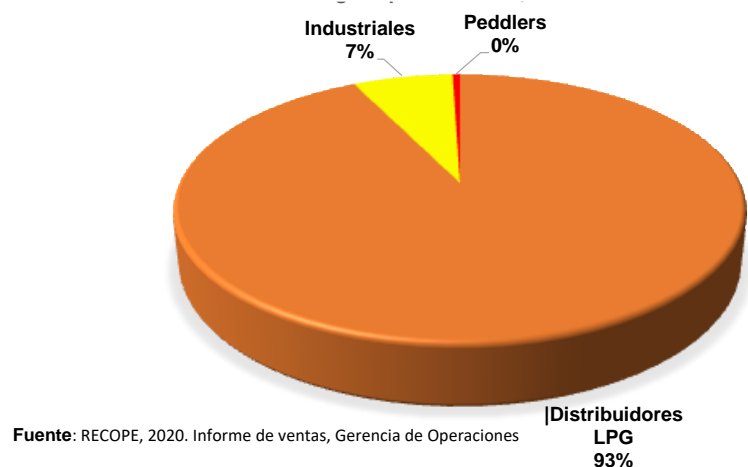
En el 2020 las ventas totales realizadas por RECOPE fueron de 2 803 301 m³ mientras que las ventas totales de gas LP para ese mismo año fueron de 328 826 m³ representando, el 12% aproximadamente.

La estructura de las ventas anuales de GLP se presenta a continuación: los distribuidores LPG son los principales compradores para la refinadora de este tipo de combustible (92,6%), en menor medida los industriales (6,8%) y por último los Peddlers con una participación inferior al 0,5% como se observa en el gráfico siguiente:



Figura 4

RECOPE: Estructura de ventas anuales de GLP según tipo de cliente, 2020



16

Fuente: RECOPE, 2020. Informe de ventas.

Consumo de GLP

Como se indicó anteriormente, el gas LP es un combustible que tiene diferentes usos en la economía. Es utilizado por la industria manufacturera que emplean hornos y que requieren de altas temperaturas para producir, también se utiliza para la generación de energía y en las actividades de cocción de los alimentos de muchos de los hogares costarricenses, también es utilizado en el sector transporte tanto público como privado.

Un aspecto que cabe destacar es que según conversaciones con expertos el consumo del gas LP antes del año 2000 era reducido, su uso se limitaba a los hogares y al comercio. Además, los distribuidores no contaban con un servicio al cliente desarrollado y el servicio presentaban limitación de calidad.

En el año 2010 se da una redistribución en el mercado del gas LP. La empresa TROPIGAS principal distribuidor de gas de ese momento, enfrentó un conflicto familiar que permitió la apertura del mercado, situación que benefició a pequeños prestadores de gas como la empresa

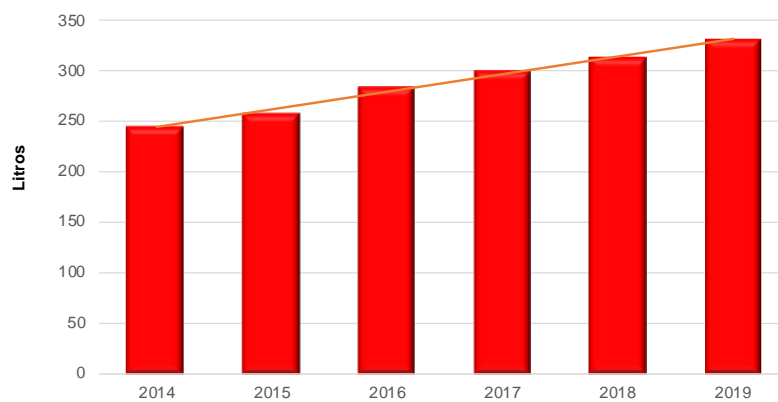


Blue Flame, Gas Z entre otras. Los efectos de esta apertura en el mercado del gas, fue una mayor competencia convirtiendo al servicio al cliente en un segmento estratégico.

A partir del 2014 y tomando en cuenta esta redistribución en el mercado interno, el consumo del gas crece a una tasa media anual del 6,1%. Dicho consumo ha crecido sistemáticamente durante el periodo 2014-2019, pasando de 245 millones de litros en el 2014 a 330 millones de litros consumidos en el 2019, situación que se muestra en el gráfico 5.

Figura 5

ARESEP: Consumo nacional de GLP, 2014-2019 en millones de litros



Fuente: Informe de Calidad, IE-ARESEP

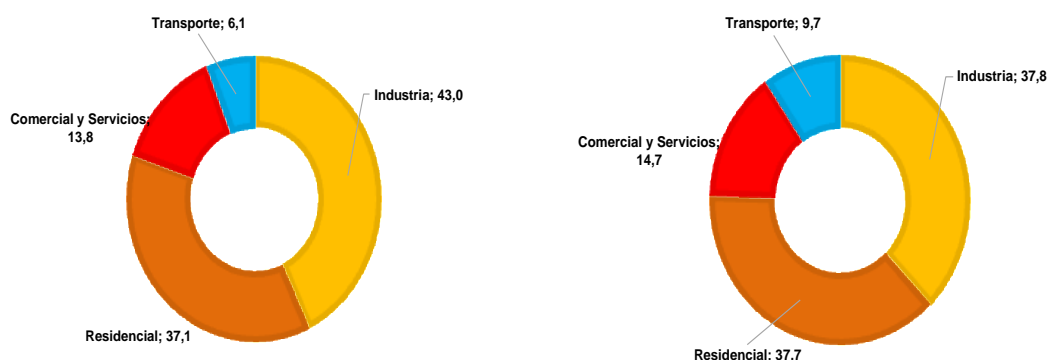
Fuente: Informe de Calidad, IE-ARESEP

En los gráficos siguientes se presenta la estructura del consumo de gas LP para los años 2013 y 2019. Se aprecia que la participación del sector industrial en el consumo de gas LP se redujo, pasó de representar el 43% del consumo total en 2013 a 37,8% en el 2019.



Figura 6

GLP: Consumo según sector en Tera julios y porcentajes, 2013 - 2019



Fuente: Balance Energético. DSE, MINAE, 2013

Fuente: Balance Energético. DSE, MINAE, 2021

Fuente: Balance Energético del MINAE, 2013 y 2021.

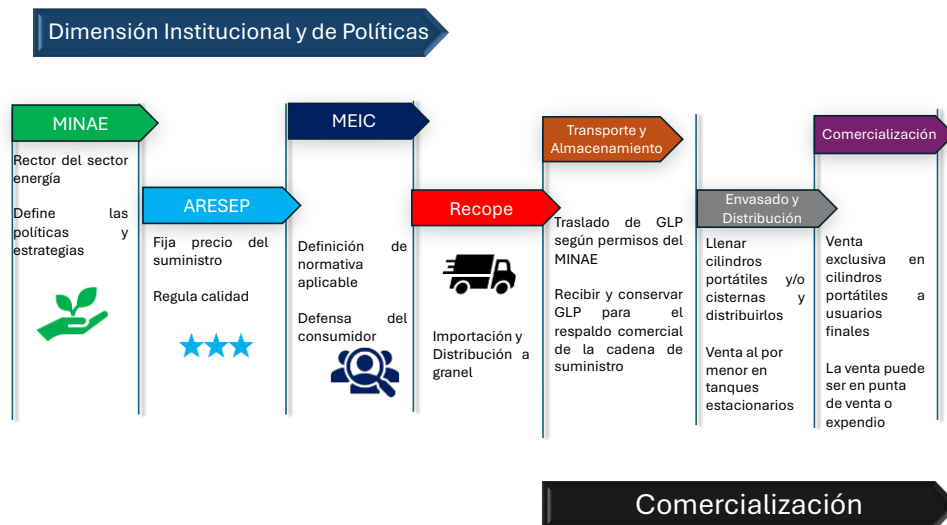
El consumo en los hogares se ha mantenido relativamente estable, se observa un aumento del 0,6%. En el 2013 la participación de los hogares dentro del consumo total fue de un 37,1% mientras que en el 2020 fue de 37,7%. El sector que mostró un incremento en la participación durante estos años fue el sector comercial y servicios. Este sector aumentó su consumo en aproximadamente un 1%, pasó de 13,8% en el 2013 a tener una participación de 14,7% en el 2020.

En la siguiente figura se presenta los actores de la cadena del gas LP y el proceso de comercialización y distribución.



Figura 7

Costa Rica: Actores de la cadena del gas LP



Fuente: Elaborado con información de RE-008-4-IE-2020 del 9 de setiembre de 2020

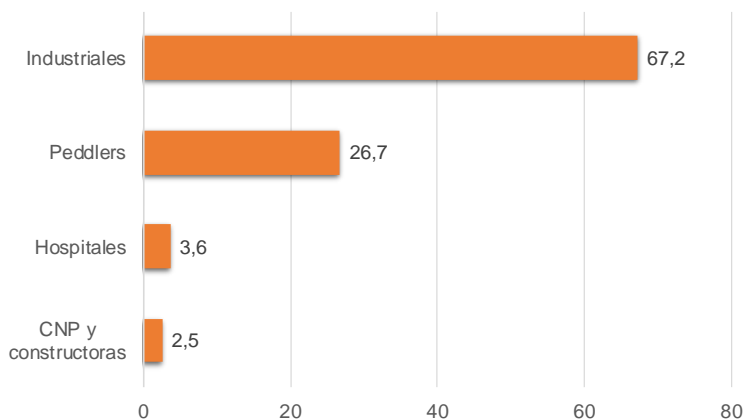
Mercado nacional del Búnker

El siguiente gráfico muestra la estructura de ventas de Búnker. El principal comprador en el 2020 fue el sector industrial, el cual compró el 67,2% de las ventas totales de este combustible mientras que los Peddlers representaron el 26,7% de las ventas totales que realizó RECOPE, los hospitales y el CNP y constructoras representaron entre ambos el 6,1% de las ventas para este mismo año.



Figura 8

RECOPE: Estructura de ventas anuales de bunker, según tipo de cliente



Fuente: RECOPE, 2020. Informe de ventas.

El Búnker es utilizado en el sector industrial para el proceso productivo por su alto poder energético y bajo costo, razones por las que representa la cuarta fuente de energía utilizada en el proceso productivo. La primera fuente de energía lo constituye el bagazo (25%), la energía eléctrica (19%), luego le sigue la leña con un 13,7% y el búnker cuyo consumo para el 2019 fue de 10,8% (DSE, 2019).

De acuerdo con el manual de productos de RECOPE (2020), una característica del Búnker es su contenido de azufre, este es un componente natural del petróleo crudo y, en consecuencia, si no se remueve, se encontrará presente en mayor o menor grado en los productos que se obtienen de su refinación.

El contenido de azufre es un factor importante desde el punto de vista ambiental, los óxidos de azufre formados durante la combustión pueden transformarse en ácidos al reaccionar con agua y provocar lluvia ácida en la atmósfera. Estos ácidos también pueden provocar corrosión en las diferentes partes del motor y pueden afectar el funcionamiento del sensor de oxígeno y del catalizador. El contenido de azufre asociado con la prueba de la lámina de cobre, determina la corrosión de los compuestos sulfurados en el combustible.



A pesar de que el consumo de GLP en el sector industrial tiene un peso importante para este sector el Búnker es la cuarta fuente de energía utilizada en el proceso productivo. La primera fuente de energía lo constituye el bagazo (25%), la energía eléctrica (19%), luego le sigue la leña con un 13,7% y el búnker cuyo consumo para el 2019 tuvo una participación de 10,8%.

Subsidio a los combustibles: un breve análisis

En nuestro país, los combustibles como el Búnker tipo c, Búnker bajo en azufre y gas LP reciben un subsidio en su precio por litro, condición que se da con el fin de incentivar su consumo, tanto a nivel familiar, comercial e industrial. Este subsidio cruzado está contemplado en la Política Sectorial mediante Decreto Ejecutivo N° 39437-MINAE del 12 de enero del 2016.

Para efectos del presente estudio es clave tener claridad del tema de los subsidios que reciben estos hidrocarburos ya que el subsidio afecta el precio final que pagan los consumidores, en este caso los consumidores pagan un precio menor al que se debería de pagar si el mercado fuera competitivo. Si se eliminara el subsidio podrían traer consigo repercusiones importantes tanto en el gasto familiar como en la competitividad de las empresas.

De acuerdo con la política sectorial, el monto del subsidio tiene características variables. El gráfico 9 presenta la evolución del subsidio para cada combustible desde que se aprobó la política sectorial en el 2016.

Esta política sectorial establece que los precios de venta de estos combustibles deben tener un precio similar al vigente en el periodo 2008-2015. De esta manera, se pueden observar diferencias positivas o negativas en los precios de estos combustibles de acuerdo con la variación de los precios internacionales. Una diferencia negativa corresponde a la cantidad



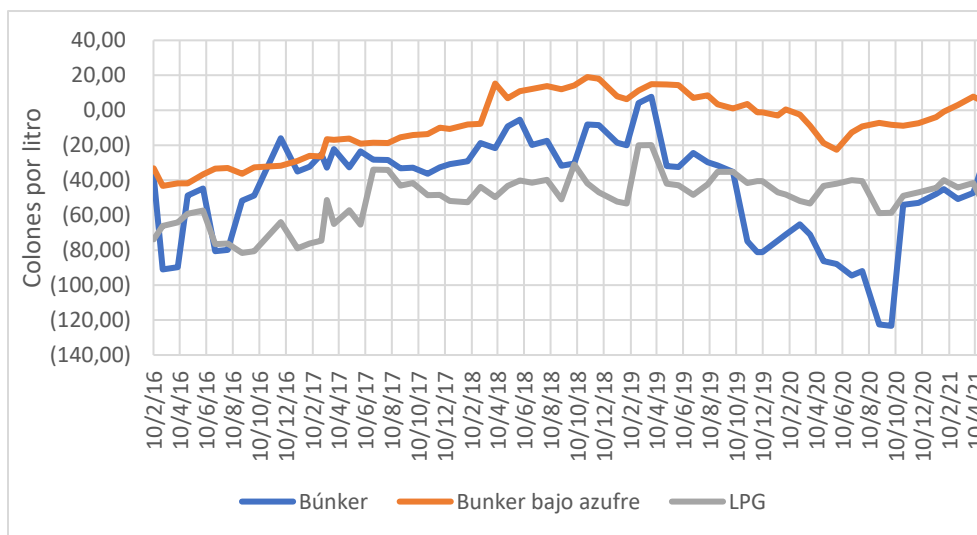
de colones por litro al que equivale el subsidio, mientras que el caso contrario, o sea una diferencia positiva, el producto en vez de ser subsidiado, subsidió a otros productos.

En promedio por litro durante todo el periodo el subsidio del Búnker fue de ¢43,9, en el caso del Búnker de bajo nivel de azufre el monto fue de ¢7,8 mientras que finalmente en el gas LP el monto del subsidio medio fue de ¢50,3.

En cuanto al valor total del subsidio mensual correspondiente a cada producto, este se presenta en el Gráfico 9. El valor es resultado de multiplicar el monto del subsidio por la cantidad de litros de cada uno de los productos.

Figura 9

Subsidio por producto (colones/litro) según fecha publicación en la Gaceta



Fuente: Elaborado con datos de RECOPE

Por otra parte en la siguiente tabla, se muestra el peso relativo del subsidio según combustible, para el periodo 2016-2020.



Tabla 3

Peso relativo del subsidio en el precio plantel, periodo 2016-2020

Producto	2016	2017	2018	2019	2020
Búnker	40%	14%	7%	12%	49%
Bunker bajo azufre	19%	7%	4%	3%	4%
LPG	53%	30%	21%	25%	35%

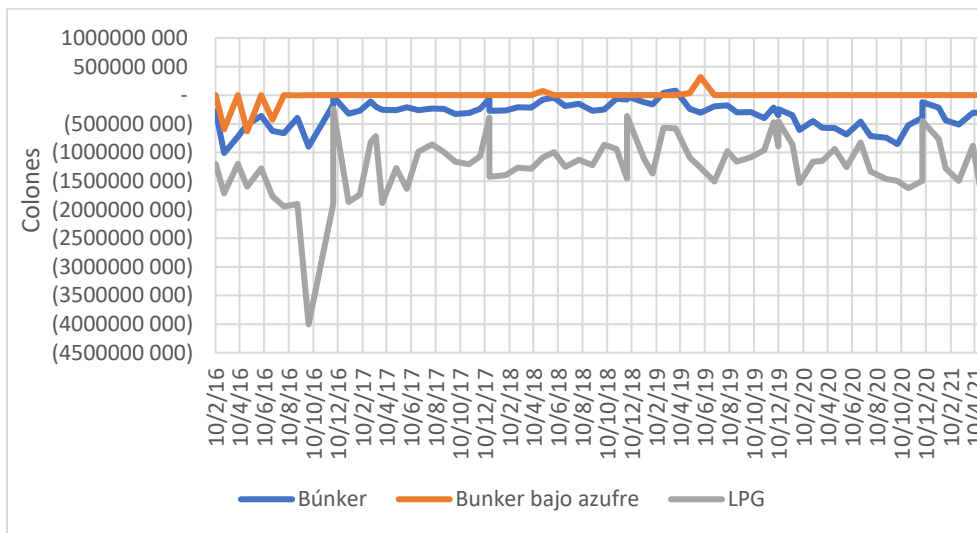
Fuente: RECOPE

De la tabla se concluye que en el caso del Búnker el peso relativo del subsidio promedio durante el periodo 2016-2020, fue de 24,3%, en lo referente al Búnker bajo en azufre del 7,3%, mientras que en el LPG el subsidio promedio fue del 32,9% para el mismo periodo.

El Gráfico 10, muestra cómo el producto que obtuvo mayor valor mensual en subsidio fue el GLP con un promedio anual de ₡1 217 680 529,23, seguido por el Búnker con ₡324 644 217,77, mientras que el producto menos subsidiado fue el Búnker bajo en azufre con ₡17 552 580,23.

Figura 10

Subsidio total entregado por producto en colones, periodo febrero 2016-abril 2021



Fuente: Elaborado con datos de RECOPE



Finalmente, la Tabla 4 presenta el valor anual en colones correspondiente al subsidio percibido por cada uno de los productos durante los últimos años, así como su valor total.

Tabla 4

Subsidio total entregado por producto (colones), periodo 2016-2020

Producto	2016	2017	2018	2019	2020
Búnker	5 627 244 462	3 304 616 455	2 068 989 997	2 657 550 474	7 165 300 931
Bunker bajo azufre	1 658 642 990	-	73 728 767	356 233 606	-
LPG	18 500 210 871	16 814 989 642	14 311 226 865	13 392 157 118	15 593 306 417
Total	25 786 098 322	20 119 606 097	16 453 945 628	16 405 941 198	22 758 607 348

Fuente: RECOPE

Tomando en cuenta que el análisis de reconversión que plantea el Decreto Ejecutivo N° 42747-MINAE se construyó un escenario general que muestra el efecto que podría tener la eliminación del subsidio establecido en la política sectorial bajo el Decreto Ejecutivo N° 39437-MINAE.

Para esto se tomó como parámetro las ventas nacionales tanto de Búnker como de GLP realizadas por RECOPE para el año 2020, el poder calórico de ambos combustibles, que en el caso del bunker es de 41,90 MJ/L, mientras que en el GLP es de 25,68 MJ/L, así como el subsidio por litro promedio para ese mismo año aplicado al GLP que fue de ₡47,73.

Los resultados se presentan en la siguiente tabla, misma que parte del supuesto de que se dará una sustitución total del Búnker por GLP, con lo que se esperaría que la demanda del Búnker tienda a desaparecer.



Tabla 5*Impacto en Subsidio de una potencial sustitución de Bunker por GLP para el año 2020*

Ventas nacionales en M³ de bunker	89 192
Ventas nacionales en M³ GLP	328 826
Ventas nacionales en Litros Bunker	89 192 154,76
Ventas nacionales en Litros de GLP	328 825 695,08
Energía total generada por Bunker en MJ	3 737 151 284,36
Energía total generada por GLP en MJ	8 444 243 849,71
Diferencia energética Bunker vrs GLP	4 707 092 565,35
Litros adicionales de GLP necesarios para suplir la diferencia energética	183 297 997,09
Litros totales de GLP para suplir la demanda energética total	512 123 692,17
Subsidio total al GLP 2020	€15 694 850 426,26
Subsidio al GLP adicional necesario para suplir diferencia energética	€8 748 813 401,24
Subsidio a GLP para suplir la demanda energética total	€24 443 663 827,51
Incremento porcentual en subsidio del GLP	55,7%

Fuente: Elaboración propia con base en datos de RECOPE

La tabla muestra datos de 2020, donde se puede ver las ventas totales tanto en M³ como en litros de búnker así como de GLP, además se muestra la cantidad de energía en MJ/L que genera cada una de las fuentes de energía.

Como resultado del ejercicio parcial, la sustitución de búnker por GLP, implicaría un incremento en la demanda de este último de 183 297 997,09 L, lo cual representa cerca del 56%. Tomando en cuenta que en este escenario se parte del supuesto de que el subsidio se mantiene, es de esperar que éste ascienda a €24 443 663 827,51, es decir un crecimiento del 55,7%.



Adicionalmente y como parte de los instrumentos que procuran incentivar el consumo del gas LP a nivel nacional, se presentó ante el Departamento de Servicios Parlamentarios, Unidad de Proyectos, Expedientes y Leyes de la Asamblea Legislativa, el proyecto de ley para reducir el impuesto único a los combustibles.

Este proyecto de ley bajo el expediente número 22. 424 propuso la reducción del impuesto único a los combustibles que utilizan todos los sectores en especial los hogares pobres en el contexto de la emergencia sanitaria por la COVID-19 y así disminuir el impacto sobre los hogares en especial los de menores ingresos.

De esta manera, la iniciativa impulsada por el Diputado Erwen Masis de la fracción Social Cristiana, pretende reducir el impuesto único de los combustibles al gas LP y equipararlo al cobrado en el caso del Búnker, con esto el impuesto pasaría de ¢50,75/L a ¢24,00/L. Si bien este proyecto de ley beneficiaría a los usuarios de este combustibles, no incorporó en su análisis la actual subsidio que se otorga al gas LP.

Análisis comparativo de la sustitución de combustibles

En los últimos años el país ha venido en un proceso de diversificación de la matriz energética y des carbonización de la economía con el propósito de contar con fuentes de energía renovables y reducir las emisiones de gases efecto invernadero.

Esto ha llevado al Ejecutivo, a incorporar una serie de acciones tanto en el VII Plan Nacional de Energía como en la Política Sectorial de Precios, para contribuir con la sostenibilidad energética con un bajo nivel de emisiones y a promover la sustitución de combustibles contaminantes como el Búnker.



A partir de estos esfuerzos, se publicó en el Diario Oficial de la Gaceta del 13 de enero del 2021, el Decreto Ejecutivo N° 42747-MINAE, donde se establecen las condiciones técnicas para la importación, transporte, distribución y comercialización del Gas Natural Licuado para la sustituir el Búnker en uso industrial y comercial.

Para el desarrollo de la normativa y mecanismos que permitan la importación, transporte, distribución y comercialización de este tipo de combustibles, se establece en el decreto, un plazo de seis meses para que las instituciones puedan contar con esta normativa (art. 1, Decreto Ejecutivo N° 2747-MINAE).

A partir de lo indicado en los párrafos anteriores, esta sección tiene por objetivo aproximar mediante el análisis de algunas variantes relevantes para la competitividad de la industria e instituciones que utilizan para la producción ambos combustibles, posibles efectos para la industria la sustitución de Búnker por gas LP. Las principales variables seleccionadas a partir de las entrevistas realizadas en el marco de este estudio de carácter exploratorio y son las siguientes:

- ✓ Factor tiempo para la sustitución medido en semanas,
- ✓ costos operativos para ambas tecnologías,
- ✓ cantidad de emisiones a la atmósfera,
- ✓ así como la infraestructura para el almacenamiento del gas LP principalmente (por ser el combustible cuyo consumo promueve el Decreto).

En el año 2015 el Hospital San Juan de Dios (HSJD) ante la necesidad de mejorar la condición de sus calderas, realizó un estudio de factibilidad, esto con el objetivo de determinar cuál sería la mejor alternativa de inversión, el cual utilizamos para valorar el cambio en la matriz energética.

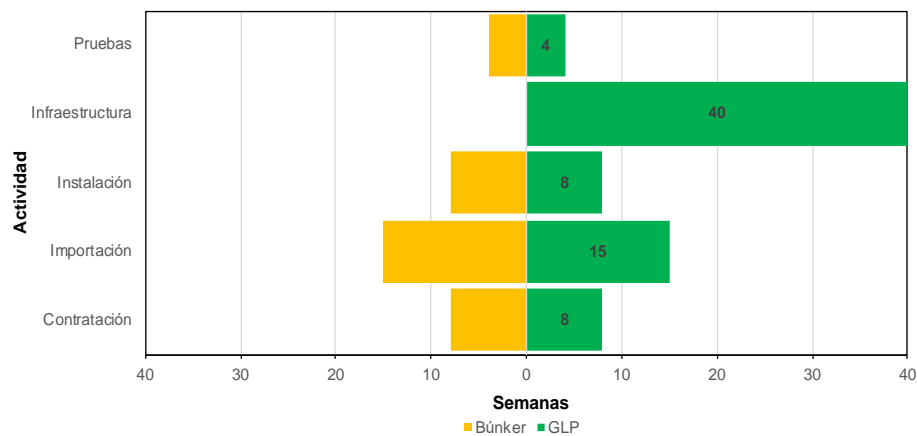


Este estudio de factibilidad incluyó el análisis de la factibilidad técnica, operativa y económica para la renovación de la vida útil de las calderas del hospital. Dentro de este estudio se analizó la sustitución de las calderas de Búnker por calderas de gas LP, lo anterior en términos de tiempo y costos.

En el siguiente Gráfico se compara el tiempo en semanas que implicaría sustituir las calderas Búnker por calderas de gas LP para el HSJD.

Figura 11

Variable temporal: Tiempo requerido en semanas para la sustitución de 4 calderas por fuente y actividad



Fuente: Elaborado con información de HSJD, 2015

El tiempo en semanas requerido para la sustitución de las calderas de Búnker por gas LP es de 75 semanas, es decir, que si el Hospital tendría que hacer la sustitución en un mismo momento, esto representaría una parálisis de actividades de aproximadamente 1,5 años. En cambio, renovar las calderas del HSJD, por calderas de Búnker nuevas, el tiempo es de 35 semanas o 6 meses aproximadamente.



La gran diferencia en tiempo, se encuentra en la construcción de la estación de almacenamiento, esta actividad requiere de 40 semanas para su ejecución, es decir, esta actividad representa más del 50% del tiempo requerido para efectuar esta sustitución.

En cuanto a los costos operativos se observa una situación similar a la anterior con la variable tiempo. Los costos operativos de las calderas de GLP son 1,4 veces los costos de las calderas de Búnker (ver Tabla adjunta).

Tabla 6

Costos operativos: Costo requerido según actividad y fuente energética, en US\$

Actividad	Búnker	GLP
Calderas 300HPB	420.000,0	420.000,0
Calderas 400HPB	456.000,0	456.000,0
Est Almacenamiento	0,0	370.000,0
Mano de obra	100.000,0	100.000,0
Total	970.000,00	1.346.000,0

Fuente: Elaborado con información del HSJD, 2015

Los costos de construcción de la estación de almacenamiento en el caso de las calderas con gas LP representan el 27,5% aproximadamente de los costos totales.

Es importante indicar que el GLP tiene un contenido calórico o de energía bajo en relación con el volumen que requiere, por tal razón para transportarlo es comprimido.

En su estado líquido, el volumen del gas LP se reduce en forma significativa, aproximadamente 240 veces en el caso del gas butano y 270 veces en el caso del gas propano. Por tal razón los costos de transportes y almacenamiento son más caros que de los demás combustibles líquidos como en el caso del Búnker, al tener que mantener una presión más elevada, hace que los sistemas de seguridad sean mayores y se requiere que las paredes de los tanques contenedores contengan un espesor mayor. (Ordóñez, 2010)



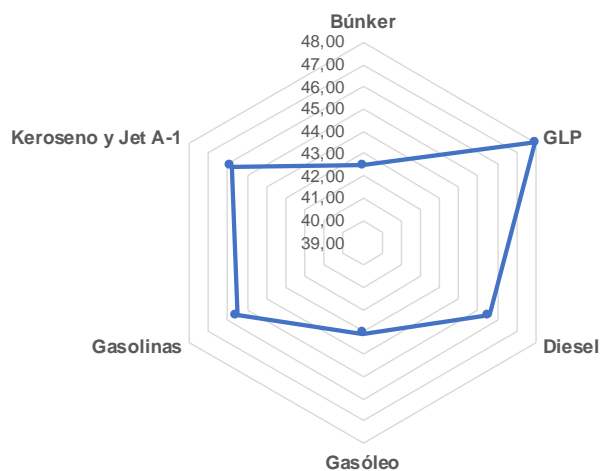
Según expertos consultados, los tanques de almacenamiento de gas LP y el sistema de trasiego requieren de mayores mecanismos de seguridad como válvulas, cuyo valor es muy alto con respecto al que se necesita en el caso del Búnker, y requiere de una manipulación cuidadosa ya que su grado de siniestralidad es mucho mayor que el Búnker.

Otra variable importante a tomar en cuenta en la sustitución de Búnker por gas LP es el poder calórico. De acuerdo con RECOPE (2020), el calor de combustión es la cantidad de energía que produce un material (líquido, sólido o gas) al quemarse completamente. Se expresa en unidades de energía (MJ) por unidades de masa (kg) y varía dependiendo del tipo de combustible.

En el Gráfico 12 se observa el poder calórico de ambos combustibles, medido en MJ/Kg. Se aprecia que, por cada Kg de Búnker, se generan 42,33 MJ de energía, mientras que el gas LP, un kg genera un total de 48 MJ.

Figura 12

RECOPE: Poder calórico según hidrocarburo, en MJ/Kg



Fuente: RECOPE, 2021, <https://www.recope.go.cr/productos/calidad-y-seguridad-de-productos/poder-calorico/>

Fuente: RECOPE, 2021



Cuadernos de Política Económica por [Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible](#) se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](#).

Este resultado podría inducir al error de suponer que el gas LP, superaría energéticamente al Búnker, y esto no es así ya que por la menor densidad del GLP, en relación con la del Bunker, para generar una determinada cantidad de energía, se requiere utilizar una mayor cantidad de litros de GLP que de Búnker.

Esto implica que dada una posible sustitución en la matriz energética, la demanda de gas LP aumentaría más que proporcional a la disminución del consumo de Búnker, situación que se verá más adelante.

Con el fin de estimar el costo por unidad energética de ambos combustibles, y tomando en cuenta que en Costa Rica, el precio se establece en colones por litro, se convirtieron los Kilogramos a Litros:-

Tomando en cuenta lo anterior y considerando que la densidad del Búnker es de 990 kg/m^3 , cada litro de este combustible genera un total de 41.91 MJ, mientras que en el caso del GLP, al contar con una densidad de 535 kg/m^3 , este genera por cada litro consumido, un total de 25,68 MJ.

Este resultado permite comparar el costo total de utilizar ambos combustibles. Para esto además, se partió de criterios de expertos consultados para desarrollar el siguiente escenario:

Para un precio final del búnker de 288,8 colones por litro, y un precio del GLP de 211,5 colones por litro, si se quisiera generar un total de 10.000,00 MJ utilizado Búnker, se requeriría de un total de 238,63 litros, lo que implicaría un costo total de 68.914,99 colones, mientras que si se utilizara GLP, sería necesario quemar 389,41 litros, con un costo total de 82.359,81 colones.



Esto hace que en términos monetarios, a pesar de que el precio del búnker sea aproximadamente un 36,5% superior al precio del GLP, la mayor capacidad de generación de energía (el Búnker genera un 63.2% más de energía en términos de MJ que el GLP), sea una opción eficiente en términos de generación de energía, para la industria.

No obstante y como se muestra más adelante, la sustitución de búnker por GLP, podría generar beneficios ambientales como una reducción de emisiones de CO₂ y con ello crear ventajas competitivas para la industria

Por lo anteriormente expuesto, se tiene que:

- Para una determinada empresa la sustitución genera un impacto en los costos operativos ya que el costo del gas LP para producir una unidad de energía es más alto que el costo del Búnker,
- Además, esto significa que la frecuencia del abastecimiento sea mayor del gas LP con respecto al Búnker.

Esto lo reafirmó un empresario entrevistado, ya que según indicó para una empresa industrial de actividad textil (vestuario) las compras de Búnker se realizaban con periodicidad mensual y ascendían aproximadamente a ¢2 millones, mientras que con el cambio que realizaron, el abastecimiento de gas LP se realiza cada semana automáticamente por el proveedor y su gasto es de aproximadamente ¢ 3 millones. La compra de combustible aumentó en un 20% aproximadamente para la empresa por mes, así como la frecuencia de compra.

Este mismo ejercicio se hizo para otra empresa del sector industrial. Esta empresa demanda 18 930 litros de combustibles mensuales en su proceso productivo. Actualmente, esta empresa utiliza calderas cuya fuente de energía es el Búnker.



En la tabla 7 se muestran los precios plantel de cada producto, los precios del flete, así como el costo total por litro de combustible. Para completar el escenario se tomó el poder calórico de cada combustible que reporta RECOPE.



Tabla 7: Costos operativos para una empresa de utilizar Búnker y Gas LP

Producto	Precio Plantel Recope*	Flete	Total Litro	MJ/Litro	Precio MJ	18930 Litros	MJ/viaje	Litros de más	Real €	Pagado de más en gas
Búnker	€264,11	€32,89	€297,00	41,91	€7,09	€5 622 210,00	793 356,30		5 622 210,00	
GLP (mezcla 70/30)	€224,27	€26,20	€250,47	25,68	€9,75	€4 741 397,10	486 122,40		4 741 397,10	
Ajuste						€880 813	307 233,90	11 963,94	2 996 607,28	
									7 738 004,38	-€2 115 794

Fuente: Elaboración propia

/* Precio con impuesto, 01/05/2021



Del análisis de sensibilidad realizado a los datos anteriores, en el marco del Decreto Ejecutivo N° 42747-MINAE; podemos extraer las siguientes conclusiones:

- Esta empresa requiere 30,893,94 litros de GLP (18930 + 11963,94) para producir la misma cantidad de MJ que el búnker con 18,930 litros.
- Se requieren ¢2,115,794,38 de más en GLP para producir la misma cantidad de energía que el búnker dado los requerimientos de la empresa en combustibles (18,930 litros)
- Los costos asociados al consumo de combustible se incrementan en un 27% ya que requeriría más litros de gas LP para nivelar el poder energético de los litros de Búnker que utiliza.

A partir de la situación descrita en los párrafos anteriores surge la siguiente pregunta ¿RECOPE tiene la capacidad instalada para enfrentar el incremento en la demanda por gas LP que generaría la sustitución de Búnker por GLP? Esto es un factor de análisis ante un cambio en la matriz energética.

De acuerdo con RECOPE su capacidad instalada es de 22 783 m³ de GLP o su equivalente en litros de 22 millones 783 litros, de acuerdo con ARESEP en el 2019 se consumió a nivel nacional, 330 millones de litros.

Para el caso del búnker la capacidad instalada es de 61 151 m³ o su equivalente en litros de 61 millones 151 litros.

En cuanto a infraestructura la refinadora, posee 12 tanques para almacenamiento de Búnker mientras que en el caso de GLP posee 6 esferas con una capacidad de 19 612,9 m³ y seis recipientes tipo salchichas. La capacidad en litros de gas LPG es un 36% la capacidad en búnker.



El mercado del gas LP nacional en las condiciones actuales, carece de un suministro constante de gas. El puerto de Moín en la provincia de Limón es el único punto a partir del cual RECOPE realiza el proceso de distribución, lo cual podría generar problemas de seguridad energética del país (ARESEP, comunicación personal, 03 de junio de 2021)

Finalmente, en cuanto a las emisiones de CO₂ a la atmósfera de ambos hidrocarburos, debe destacarse que en el proceso de generación de energía, ambos combustibles generan contaminación, situación que se presenta en la Tabla 8.

Tabla 8

Contaminación generada por el uso de Búnker y GLP en Kg CO₂ por litro de combustible

	Capacidad calórica	Factor de emisiones
	MJ/L	Kg CO ₂ /L
Búnker	41,900	3,101
GLP	25,680	1,611
GLP equivalente a Búnker	1,632	2,629
Disminución Absoluta Kg CO₂		0,472
Disminución relativa Kg CO₂		-15,2%

Fuente: Elaboración propia con datos del IMN

Los datos de la tabla muestran los factores de emisión en KgCO₂/Litro de combustible tanto para el Búnker como para el gas LP, se puede ver como al comparar los datos entre ambos la diferencia es de 1,925 KgCO₂/L, sin embargo y como se explicó en el documento, estos dos productos cuentan con distinta capacidad para generar calor.

La energía generada por cada litro de Búnker, supera en 1,632 veces a la que genera un litro de gas LP por lo cual, para comparar el factor de emisiones en iguales cantidades de energía,



el correspondiente al KgCO_2/L de GLP debe multiplicarse por 1,632, con lo cual éste se incrementa a 2,629 KgCO_2 .

Una vez realizada esta equivalencia en función de la capacidad calórica de ambos productos se concluye que la diferencia en cuanto a contaminación del Búnker al gas LP medida por los KgCO_2/L se reduce a solamente 0,427 lo que equivale a un 15,2%.

Cabe destacar que estos datos podrían variar en función de variables como el tipo de caldera, o la calidad de los combustibles, sin embargo, para efectos de este estudio no se pudo contar con los datos de niveles de contaminación que son reportados por los diferentes usuarios de calderas en el país.

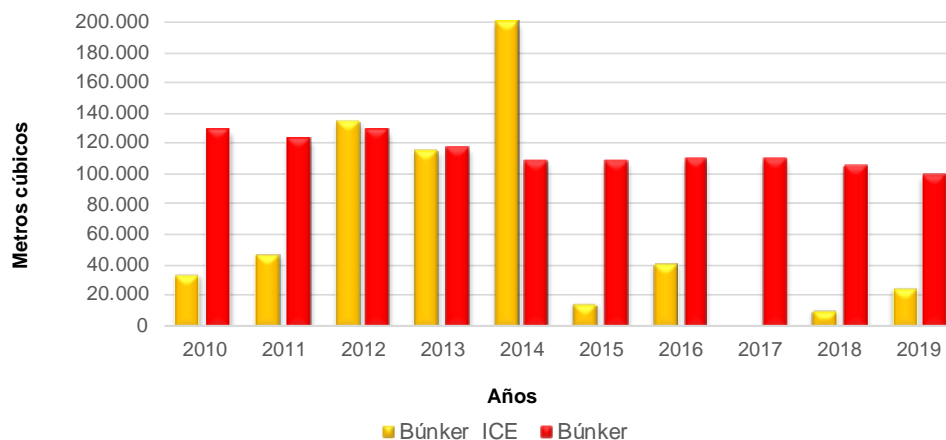
A este nivel de análisis y tomando en cuenta que el Decreto Ejecutivo 39437-MINAE, el cual busca promover hábitos sostenibles de consumo energético bajo en emisiones; se incorporó al análisis el Búnker bajo en azufre con el propósito de generar elementos que permitan identificar temas a profundizar en un posterior estudio. Esta, breve descripción toma en cuenta variables como precios del Búnker bajo en azufre y volumen de ventas para el periodo 2016-2020.

El Búnker bajo en azufre es una opción de combustible que distribuye RECOPE exclusivamente como insumo para el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), y cuyo volumen en metros cúbicos durante el periodo 2010-2019 se muestra en el siguiente gráfico.



Figura 13

Venta totales de Búnker y Búnker bajo en azufre al ICE, en metros cúbicos, 2010-2019



Fuente: Elaborado con información de RECOPE, 2021

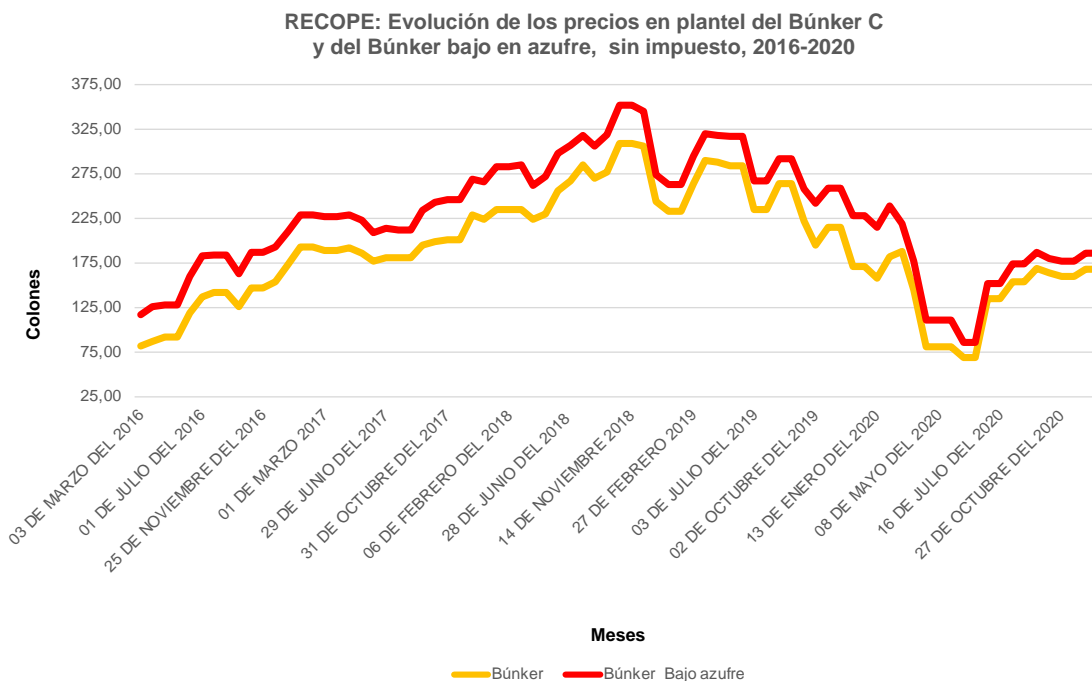
Durante el periodo 2010-2019, RECOPE reportó ventas promedio de 113 709 metros cúbicos de Búnker mientras que, para ese mismo período, las ventas al ICE de Búnker bajo en azufre fueron de 62 472 metros cúbicos, es decir, las ventas de Búnker son dos veces superior a las ventas que se realizan al ICE de Búnker bajo en azufre como se observa en el Gráfico 13.

Con respecto al precio en plantel de búnker tipo C y de búnker bajo en azufre tenemos que el precio sin impuesto de este último combustible se mantiene siempre por encima del precio en plantel del búnker tipo C esto relacionado entre otro factores a que es un combustible bajo en emisiones (ver gráfico siguiente).



Figura 14

RECOPE: Evolución de los precios en plantel del Búnker C y Búnker bajo en azufre, sin impuestos



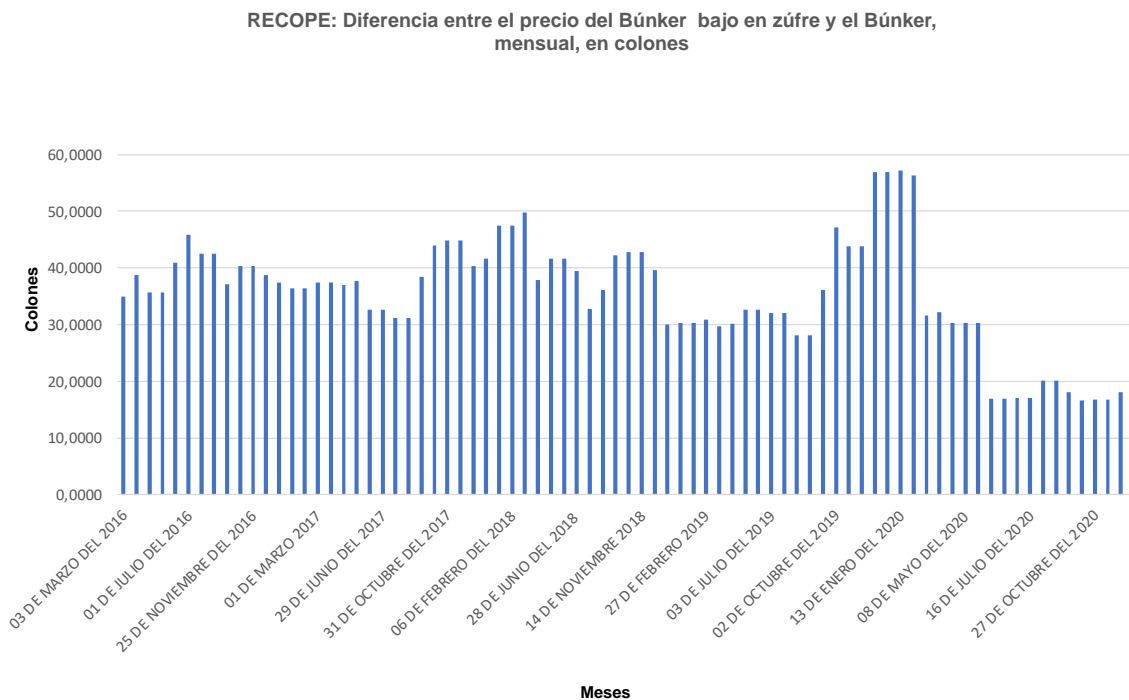
Fuente: Elaborado con información del sitio web de RECOPE

En términos generales la diferencia promedio entre el precio del Búnker bajo en azufre con al bunker tipo C es de $\text{¢}35$, ver Gráfico adjunto.



Figura 15

RECOPE: Diferencia entre el precio mensual del Búnker bajo en azufre y Búnker, en colones.



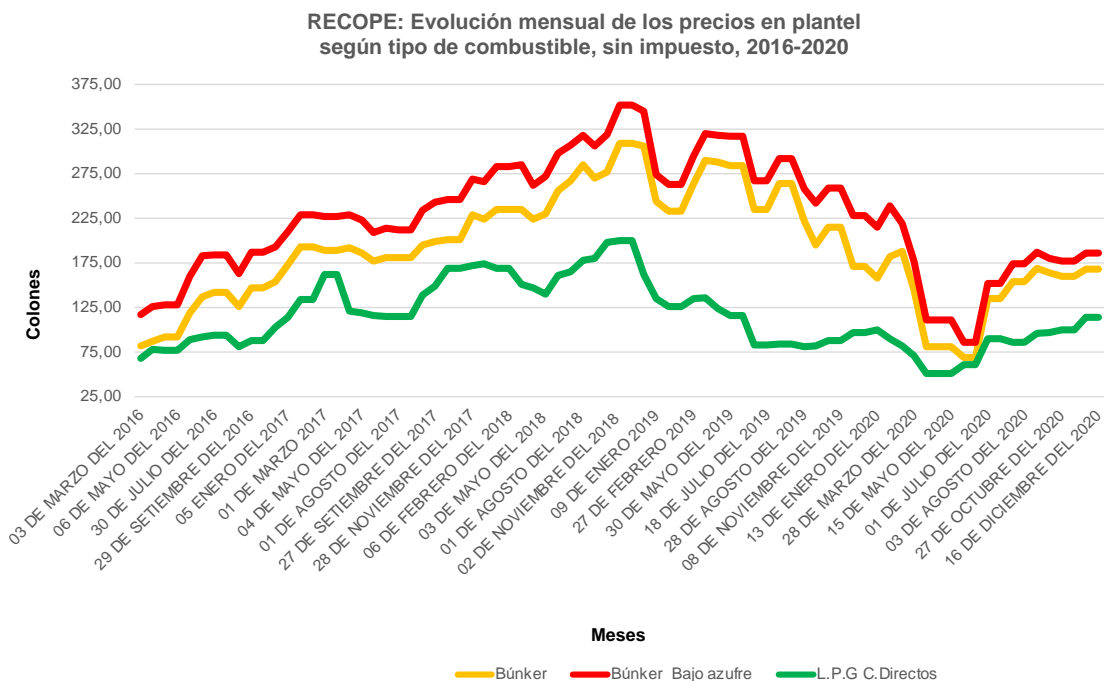
Fuente: Elaborado con información del sitio web de RECOPE

Finalmente, se comparó el precio de los tres hidrocarburos como se muestra en la siguiente figura.



Figura 16

RECOPE: Evolución mensual de los precios en plantel según tipo de combustible, sin impuestos, 2016-2020.



Fuente: Elaborado con información del sitio web de RECOPE

El precio del gas LP durante el quinquenio 2016-2020, se mantiene por debajo de los precios del Búnker C y del Búnker bajo en azufre. Es importante indicar que el Búnker y el gas LP gozan de un subsidio establecido en la Política Sectorial mediante Decreto Ejecutivo 39437-MINAE y su reforma mediante el Decreto 42352-MINAE.

Esta política sectorial publicada el 13 de enero de 2016 se compone de cuatro artículos:



Figura 17

Política sectorial mediante decreto 39437-MINAE y su reforma mediante decreto 42352-MINAE



Fuente: Elaborado a partir del decreto N° 42352 - MINAE

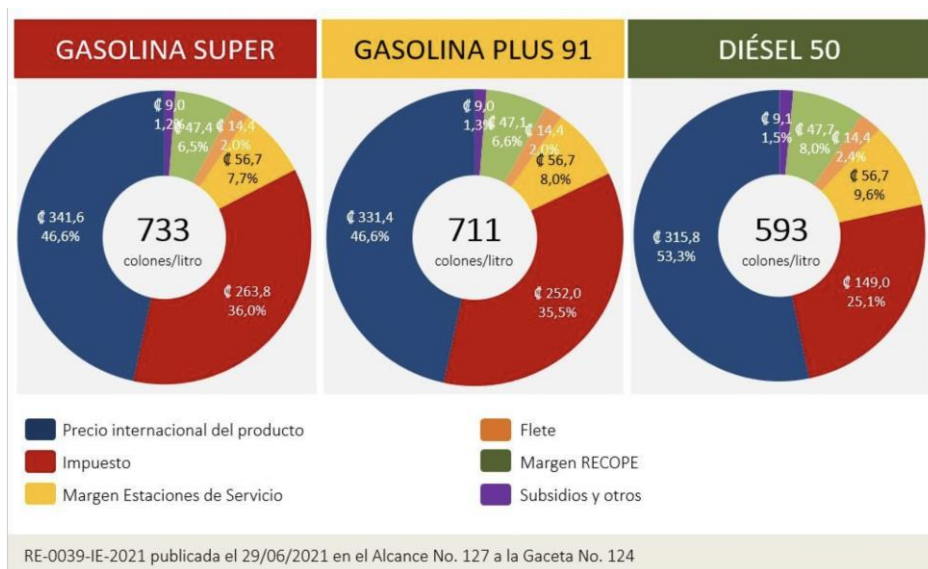
La implementación de este subsidio implicó que en el 2018 los precios del gas LP fueran en promedio ₡44,5 más baratos por litro, equivalente al 21,3% del precio con impuestos. Esto representó un monto absoluto de 14,346 millones de colones (Valverde, abril 22 2019)

De esta manera, los combustibles en el país no solo se les aplican el impuesto único, sino un subsidio que disminuye el precio de estos hidrocarburos e incentiva su consumo, como se aprecia en la figura siguiente.



Figura 18

Costa Rica, composición de precios Gasolinas y Diésel



Fuente: Reporte N° 0039-IE-2021 acerca de Hidrocarburos

El impuesto único a los combustibles, representa el 36% del precio en el caso de la Gasolina Súper, sumándole ¢264 al precio por litro. El monto por subsidio para este combustible es del 1% aproximadamente, lo que equivale a ¢9.0 por litro.

El subsidio es actualizado todos los meses en los estudios extraordinarios de precios que realiza RECOPE y en este caso la empresa estatal solicitó a la ARESEP incrementar el subsidio de 3,67 colones actuales a 8,24 colones, es decir, en 4,57 colones por litro para las tres gasolinas. Madrigal Luis M (15 Abr, 2019).

El monto total del subsidio establecido en la resolución RE-0080-IE-2018 del 24 de agosto de 2018, publicada en el Diario Oficial La Gaceta el 03 de setiembre de 2018; es de ¢ 2 233 597 631,31. Este monto se obtiene al multiplicar el valor del subsidio para cada producto por el valor de las ventas estimada en setiembre de 2018.



Tabla 9*Valor Total del Subsidio por producto*

Producto	Subsidio cruzado	Ventas estimadas setiembre 2018	Valor total del subsidio
<i>Búnker</i>	-31,69	8 556 010,12	(271 107 397,11)
<i>Búnker Térmico ICE</i>	12,06	-	-
<i>Asfalto</i>	-60,35	9 024 118,86	(544 598 155,16)
<i>Emulsión asfáltica rápida RR</i>	-51,41	1 187 673,06	(61 054 642,21)
<i>Emulsión asfáltica lenta RL</i>	-55,82	25 811,12	(1 440 711,20)
<i>LPG (70-30)</i>	-51,01	26 569 243,65	(1 355 396 725,64)
<i>LPG (rico en propano)</i>	-33,04	-	-
Total			(2 233 597 631,31)

Fuente: Intendencia de Energía

De acuerdo con la Tabla anterior el subsidio al gas LP representa el 60% del subsidio total, mientras que en el caso del Búnker este representa el 12%.

Por otra parte, en la misma tabla se aprecia que en el caso del Búnker bajo en azufre no existe subsidio tal como se plasma en la Política Sectorial.

En la siguiente Tabla se presenta el precio plantel de los hidrocarburos una vez incorporado los subsidios a cada producto.



Tabla 10

Precio en plantel sin impuesto final con las variables consideradas

PRODUCTO	Precio FOB	Precio FOB	Margen de operación	Otros ingresos	Otros ingresos	Diferencial de precio	Ajuste por gastos de operación	Ajuste por otros ingresos	Canon de regulación	Subsidio específico	Subsidio cruzado	Asignación del subsidio	Subsidio cruzado	Asignación del subsidio	Rendimiento sobre base tarifaria	Precio Plantel (sin impuesto)
	Actual ⁽¹⁾	Actual	de Recope	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro
	\$/ bbl	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro	¢ / litro
Gasolina RON 95	90,98	325,16	38,20	0,00	-0,01	-15,69	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,46	0,00	10,32	9,44	368,76
Gasolina RON 91	86,56	309,36	37,76	0,00	-0,01	-5,75	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,47	0,00	10,32	9,67	362,68
Gasolina RON 91 pescadores	86,56	309,36	37,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-39,25	-39,25	0,00	0,00	0,00	307,87
Diésel para uso automotriz de 50 ppm de azufre	88,54	316,43	37,50	0,00	-0,01	-11,09	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,46	0,00	10,32	9,34	363,81
Diésel para uso automotriz de 50 ppm de azufre pescadores	88,54	316,43	37,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-41,01	-41,01	0,00	0,00	0,00	312,91
Diésel marino	97,66	349,03	29,95	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	379,84
Keroseno	88,38	315,85	39,11	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,44	0,00	10,32	8,50	375,08
Búnker	64,87	231,82	59,86	0,00	-0,01	1,44	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,44	-31,69	0,00	6,92	269,65
Búnker Térmico ICE	72,62	259,54	31,40	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00	12,06	0,00	1,91	305,77
IFO 380	71,30	254,82	58,99	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,23	318,89
Asfalto	73,94	264,26	96,73	0,00	-0,01	-3,01	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,46	-60,35	0,00	12,91	311,85
Diésel pesado o gasóleo	75,10	268,41	32,71	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,48	0,00	10,32	6,33	319,11
Emulsión asfáltica rápida RR	47,24	168,82	65,16	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,43	-51,41	0,00	15,59	199,44
Emulsión asfáltica lenta RL	48,06	171,77	69,28	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	1,26	-55,82	0,00	15,59	202,93
LPG (mezcla 70-30)	43,40	155,12	55,19	0,00	-0,01	7,21	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,45	-51,01	0,00	12,10	179,91
LPG (rico en propano)	40,65	145,29	49,81	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00	-33,04	0,00	0,00	162,93
Av-Gas	128,47	459,16	222,05	0,00	-0,01	-49,69	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,39	0,00	10,32	27,87	670,96
Jet fuel A-1	88,38	315,85	68,22	0,00	-0,01	5,05	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,58	0,00	10,32	13,14	414,01
Nafta Pesada	87,40	312,35	30,91	0,00	-0,01	0,00	0,00	0,00	0,87	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,52	347,64

⁽¹⁾ Fuente: Platts, a excepción del IFO 380, asfalto, diésel marino y emulsión asfáltica.

Tipo de cambio promedio: ¢568,21 Nota: Las diferencias en los decimales se deben a efectos de redondeo.

Fuente: Extraído de La Gaceta N° 160 RIE-080-IE-2018



Como se observa, el precio plantel del Búnker de acuerdo con la RE-0080-IE-2018, es de ¢269 por litro Búnker mientras que el precio por litro de GLP ¢180, mientras el Búnker bajo en azufre tiene un precio plantel de ¢305,77.

El Búnker bajo en azufre si bien es cierto, es preferible por su bajo contenido de azufre lo que permite reducir las emisiones de CO₂ a la atmosfera, su precio es superior al del Búnker C y al del gas LP.

La diferencia monetaria entre el Búnker bajo en Azufre y el Búnker tipo C es de ¢35 colones por litro aproximadamente durante el periodo 2016-2020. En cambio, la diferencia entre el Búnker bajo en azufre y el gas LP es de ¢112 aproximadamente por litro durante el mismo periodo.

Es importante indicar que estas diferencias en el precio por litro, se realizan tomando en cuenta el subsidio de acuerdo con la Política Sectorial para los precios del gas LP, Búnker, Asfalto y emulsión asfáltica que establece un precio similar al que estaba vigente en periodo 2008-2015.

El subsidio reduce el precio plantel de los combustibles y su objetivo es incentivar el consumo. Al eliminar el efecto subsidio y dado las diferencias observadas entre el Búnker tipo C y el gas LP es de esperar que el precio se incremente en una proporción equivalente al monto del subsidio, con lo cual el precio del gas LP podría estar cercano al del Búnker bajo en azufre.

De acuerdo con el anterior la principal ventaja del uso del Búnker bajo en azufre es la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera, sin embargo, el precio por litro de este combustible tiene diferencias importantes que implicaría un impacto en los costos operativo de la industria si llegara a ser utilizado por la industria. En caso de la



diferencia con respecto al Búnker tipo C esta es de ¢35 por litro mientras que con respecto al gas LP es de ¢112 colones por litro, bajo las condiciones actuales del mercado.

El Búnker que actualmente se utiliza en la industria a pesar de los controles de emisión de CO₂ a la atmósfera, es incongruente con la política de des carbonización y por eso se ha optado como transición dentro de la política sectorial el uso del gas LP. Sin embargo, esta la sustitución como ya se indicó, implica costos operativos que algunas industrias no estarían en capacidad de asumirlos en el corto plazo.

En el mercado se ofrecen dispositivos tipo filtros que se incorporan a las calderas con el propósito de reducir la cantidad de particulados tipo hollín, a la atmósfera. Un caso que se identificó en el proceso de entrevistas realizado para este estudio fue el caso del HSJD.

En el proceso de renovación de las calderas el estudio de factibilidad realizado indicó que la mejor opción operativa y técnica, era continuar con las calderas de Búnker por los altos costos operativos.

Con el objetivo de avanzar en la reducción de los niveles de contaminación por la quema de azufre la institución invirtió la suma adicional de cuatro ciclones tipo filtro una para cada caldera con el propósito de reducir las emisiones de azufre por un costo de ¢15 000 000 por caldera, es decir ¢60 000 000 en total por las cuatro calderas. Asimismo, adquirió un analizador de gases por un monto de ¢75 000 000. Es importante indicar que la actual regulación no obliga a las empresas o instituciones a adquirir estos equipos.

De acuerdo con el especialista entrevistado la utilización de estos filtros reduce significativamente las emisiones de particulados a la atmósfera a nivel semejantes a las emitidas por el gas LP.

Finalmente, la Tabla 11, presenta una matriz comparativa con el propósito de identificar la alternativa menos costosa, así como la fuente de energía que emite más CO₂ a la atmósfera.



Esta matriz toma información sobre la base de criterio experto e información de RECOPE. Los litros de combustibles utilizados para ese escenario corresponden al consumo anual de una caldera que genera vapor utilizando Búnker y gas LP.

Estos datos no son representativos de una industria, sino que corresponden a un caso particular.

Tabla 11

Matriz comparativa: Elementos técnicos-económicos y ambientales, según combustible, valores absolutos y relativos

Variable	Búnker-C	GLP	Porcentaje
Poder Calórico (MJ/L)	41,58*	26,22*	-36,94
Energía Requerida (MJ)	66 879 991,93*	66 878 848,77*	
Consumo (L)	1 605 033	2 824 640,54	75,99
Precio (¢/L)*	239,86	173,02	-27,87
Costo en ¢	384 983 215	488 719 306	
Costo (¢/MJ)	5,76	7,31	26,95
Ambientales			
Factor de emisión (Kg CO ₂ /L)	3,101	1,611	
Emisiones se agrega KG/CO ₂	4 977 207,33	4 550 495,91	9,38

*/ Precio 01 de mayo 2021

*Información tomada de Estudio de factibilidad Hospital San Juan de Dios 2017

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar, producir con GLP dado el poder calórico le resulta a esta institución un 27% más caro que si produce con Búnker. Es importante tomar en cuenta que actualmente la Política Sectorial dictada mediante el Decreto Ejecutivo 39437-MINAE establece un subsidio para estos combustibles, con lo cual al eliminarse esta distorsión en el precio es probable que esta diferencia en el costo será aún mayor.



Con respecto a la cantidad de emisiones que emiten ambos combustibles en la Tabla anterior se aprecia que, dado los factores de emisiones establecidos para ambos combustibles, las emisiones de Búnker son un 9,4% aproximadamente superior a las emitidas por el gas LP, dado los requerimientos de energía indicados en este escenario. Es decir, el Búnker es el que más emisiones de gases efecto invernadero emite de los dos combustibles analizados.

A continuación, se presenta un escenario estático que muestra los efectos en el precio de ambos combustibles de la mitigación. Este ejercicio toma en cuenta una disminución en el nivel de contaminación por CO₂ de un 15% dado la sustitución de Bunker por GLP. Además, se toma en cuenta que para que el GLP pueda nivelar el poder calórico del Búnker se requiere aproximadamente de 1.632 MJ/L.



Tabla 12

Efecto en los precios por internalización de costos de emisiones de CO2

Efecto en los precios por internalización de costos de emisiones de CO2			
	Búnker-C	GLP	Δ L GLP
Poder Calórico (MJ/L)	41,91	25,68	
Litros requeridos	18.930,00	18.930,00	
			11.963,94
Total litros	18.900,00	30.893,94	
Factor de emisión (Kg CO2/L)	3,101	1,611	1,611
Emisiones en KgCO₂	58.701,93	30.496,23	19.273,90
Emisiones TON	58,70	30,50	19,27
Valor TON US\$	7,50	7,50	7,50
Emisiones compensadas US\$	440,26	228,72	144,55
Emisiones compensadas ¢	275.605,56	143.179,80	90.490,97
Costo emisiones	14,58	7,56	7,56
Precios/L	290,43	277,37	
Precios ajustados	305,01	292,50	
ΔL corresponde a la cantidad adicional de GLP que se requiere para compensar el poder calórico del Búnker			
Valor TON US\$ 7,5 pagada de acuerdo con el modelo de PSA como retribución por la captación de CO ₂			

Fuente: Elaboración propia

Este factor de equivalencia incrementa en aproximadamente un 50% más los litros de GLP requeridos como se ha indicado anteriormente en este documento.

De esta manera, el costo de la contaminación afectaría el precio de ambos combustibles como se observa en el cuadro anterior.



A este nivel de análisis parcial, resulta relevante formularse la siguiente pregunta: ¿Qué factores técnicos operativos además del costo, resultan pertinentes tomar en cuenta para avanzar en el proceso de Sustitución?

De acuerdo, a las entrevistas a expertos realizados en el marco de este estudio, se identificó elementos que se deben de valorar. Estos factores se agrupan en elementos técnicos y ambientales.

A nivel técnico operativo se identificó una serie de elementos a tomar en cuenta al momento de analizar la alternativa de sustituir Búnker por GLP como hidrocarburo utilizado a nivel industrial para generación de energía, los cuales se presentan en la Tabla 12.

Tabla 13

Comparación de elementos por considerar en el uso de Búnker vrs GLP

Variable	Búnker	GLP
Sistema de transporte, almacenamiento y logística de distribución mayorista	RECOPE cuenta con la infraestructura suficiente para almacenar y las empresas para distribuir el búnker a las empresas	RECOPE no cuenta con la infraestructura de almacenamiento, ni tampoco existe capacidad de distribución de GLP.
Inversión en calderas, tubería, bombas y válvulas	Es mayor la inversión en un sistema de Búnker ya que por las características del Búnker se requiere equipo más robusto además de un sistema de precalentamiento	La inversión es menor ya el sistema de trasiego es menos robusto y no necesita precalentamiento



Tipo de Siniestralidad	Ante incrementos en la presión y temperatura, el producto tiende a derramarse, y según sean las condiciones a incendiarse	Ante incrementos en la presión y temperatura, el producto tiende a explotar, con lo que cuenta con mayor poder destructivo
Instalaciones de almacenamiento en la empresa	La infraestructura de almacenamiento puede ubicarse cerca de la planta de producción	Se requiere por normativa que la infraestructura de almacenamiento del GLP se ubique a mayor distancia de la planta de producción.
Sistema de trasiego empresarial	Se requiere de menor cantidad de tubería, así como de equipo de seguridad	Por la capacidad explosiva se requiere mayor distanciamiento y con ello mayor cantidad de tubería, así como también de equipo de seguridad
Mantenimiento preventivo y correctivo	El sistema de Búnker requiere de mayor nivel de mantenimiento debido entre otras cosas a que al quemarse genera residuos (Hollín) pero también si el quemador no está bien calibrado y el bunker se quema mal se obstruye la boquilla	El sistema de GLP al ser más limpio requiere de menor costo de mantenimiento
Competencias personal	Por el tipo de combustible, los sistemas que utilizan bunker	El sistema de GLP requiere de mayores cuidados y



requieren personal menos controles por lo que exige
calificado personal más capacitado

Fuente: Entrevistas personales, Julio 2021

Con respecto a los factores ambientales se identificó como alternativa para la generación de vapor en la industria el Búnker bajo en azufre. Esta alternativa de combustión es utilizada por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), por su bajo nivel de azufre y por lo tanto bajo nivel de emisiones de gases efecto invernadero. Si bien es cierto esta opción contribuye a la reducción de emisiones a la atmósfera, requiere condiciones técnicas y de precio que lo vuelve poco factible, por lo tanto, se recomienda analizar con más detalle.

Este combustible tiene un precio promedio durante el periodo 2020 a junio 2021 de ¢256 por litro mientras el precio del Búnker-C es de ¢236 por litro. Esto hace una diferencia aproximadamente de 500 colones por cada litro consumido.

En el tema ambiental de acuerdo con los expertos como se describió en la sección anterior, existen en el mercado dispositivos que contribuyen a la disminución de las emisiones de CO² que se deben de valorar en términos de costos y precios, si se piensa en mantener el uso del Búnker como combustible.



Reflexiones finales

La sustitución de combustibles planteada en el Decreto Ejecutivo N° 42747-MINAE es implica afectaciones a la competitividad de los sectores industriales y comerciales por la adaptación de la tecnología que tendrían que hacer.

El mercado internacional del gas LP muestra un incremento en la demanda de gas que excede la oferta lo cual favorece los precios internacionales. por lo cual podría afectar los precios.

En cuanto al consumo nacional de gas LP, este ha tenido un crecimiento del 35% durante el periodo 2014-2019 consistente con el comportamiento internacional. Este incremento en el consumo esta asociado al efecto subsidio que tienen los combisitbles.

El precio del gas LP es 1,5 veces el precio del Búnker actualmente y esto podría afectar la decisión de consumo y la competitividad de la industria en un escenario de sustitución del búnker por gas LP.

El aumento en la demanda por gas LP tanto para la industria, el comercio y los hogares podría tener limitaciones dado las condiciones actuales del mercado. Actualmente RECOPE tiene una limitada capacidad instalada y de almacenamiento. Es importante indicar que por cada litro de Búnker que se necesite para generar un MJ se requiere aproximadamente 1,5 litros de gas LP, es de esperar que la demanda por gas se incremente en al menos esta proporción.

Por otro lado, es importante ponerle atención a la cadena de suministro y distribución del gas LP. Actualmente, RECOPE es el único importador de este gas el cual ingresa a través del puerto de Moin para luego ser distribuido por las cuatro empresas gaseras a los diferentes consumidores, distribuidos en todo el territorio nacional.



De esta manera, las actuales condiciones del mercado del gas LP en el país, podrían convertirse en cuellos de botella para el proceso de sustitución de Búnker por GLP.

Por otra parte, el cambio a gas LP implica una valoración de la normativa vigente y de sus requisitos, ya que hay requerimientos como el del espacio físico para instalar el tanque de almacenamiento que requieren de condiciones específicas para la instalación de las calderas y tuberías.

Por ejemplo, en el caso del estudio realizado por el HSJD la sustitución de las cuatro calderas implicaba una superficie de 2 500 metros cuadrados para instalar los sistemas de almacenamiento; y no todas las empresas tienen el espacio físico requerido para estos cambios.

El análisis de sustitución debe plantear el escenario de eliminación del subsidio tanto para el Búnker como para el gas LP y de esta manera identificar los efectos en la competitividad de la industria, el comercio y los hogares. Preliminarmente, es de esperar que el precio se incremente en una proporción equivalente al monto del subsidio, con lo cual el precio del gas LP podría estar cercano al del Búnker bajo en azufre.

Los efectos de la sustitución podrían implicar un aumento en los costos operativos de las empresas de aproximadamente un 20%. El incremento podría variar según la naturaleza de la industria y la escala de planta.

La política de des carbonización y la Política sectorial presentan contradicciones. Esta última estimula el consumo de ambos combustibles al estar subsidiado mientras que la política de des carbonización plantea eliminar el uso de hidrocarburos contaminantes como el Búnker.

Tomando en cuenta lo anterior los investigadores recomiendan que para continuar en el camino de la sustitución y de la transformación de la matriz energética así como de la des



carbonización de la economía, es imperativo profundizar en el análisis de externalidades e implicaciones de este **Decreto Ejecutivo #42747-MINAE** en las industrias.

Este análisis de sustitución debe profundizar en las externalidades económicas, ambientales y de salud así como una estrategia de internalizar estas externalidades.

Para esto se propone que este análisis incluya los siguientes aspectos técnicos:

- Análisis de la rentabilidad económica financiera que implica la aplicación de este decreto de sustitución, para la industria nacional y que además incluya el uso de fuente de energía menos contaminante.
- Análisis de internalización de costos ambientales, así como opciones que minimicen la emisión de particulados y CO₂ a la atmósfera como es el uso de filtros en las calderas que utilizan Búnker para generar vapor en las industrias, y dentro de estas consideraciones el sustituir el uso de Bunker tipo C por el Bunker bajo en azufre que han importado para el ICE.
- Análisis de las capacidades operativas, de distribución, comercialización y almacenamiento del gas LP de RECOPE para concretar los cambios que implica la aplicación del **Decreto Ejecutivo #42747-MINAE**.
- Considerando que la transformación de la matriz energética es un compromiso nacional se propone generar espacios de diálogos con el propósito de recoger planteamientos y propuestas sectoriales que complemente los esfuerzos del ejecutivo.
- Análisis de internalización de costos ambientales, así como opciones que minimicen la emisión de particulados y CO₂ a la atmósfera como es el uso de filtros en las calderas que utilizan Búnker para generar vapor en las industrias, y dentro de estas consideraciones el sustituir el uso de Bunker tipo C por el Bunker bajo en azufre que han importado para el ICE

Referencias Bibliográficas



- ARESEP. (2019). *Informe de calidad del GLP*. <https://www.recope.go.cr/wp-content/uploads/2021/01/Informe-de-calidad-anual-de-GLP-2019.pdf>
- Hidalgo, A. (30 de diciembre 2020). Tipo de cambio continúa su senda al alza y cierra en su valor máximo del año. *El financiero*. [Tipo de cambio continúa su senda al alza y cierra en su valor máximo del año | El Financiero \(elfinancierocr.com\)](https://www.elfinancierocr.com/tipo-de-cambio-continua-su-senda-al-alza-y-cierra-en-su-valor-maximo-del-ano/)
- Asociación Colombiana del GLP. (2019). *Informe del Sector del GLP*. <http://www.gasnova.co/wp-content/uploads/2019/08/INFORME-DEL-SECTOR-DEL-GLP-2019.pdf>
- HSJD. (2015). Proyecto de cambio de calderas del Hospital San Juan de Dios. Estudio preliminar y de factibilidad, *Departamento de Ingeniería y Mantenimiento, Hospital San Juan de Dios, CCSS, marzo*.
- Instituto Meteorológico Nacional. (2019). *Factores de emisión de Factores de emisión de gases de efecto Invernadero*. <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/factoresemission/factoresemission2019/offline/download.pdf>
- Leiva Sandoval, C. (2003). *Situación del gas licuado de petróleo en Costa Rica*. Ministerio del Ambiente y Energía.
- Madrigal, L. (15 de Abril de 2019). ¿Qué hay detrás de la gran solicitud de aumento en los combustibles que hizo RECOPE?. *Delfino*. <https://delfino.cr/2019/04/que-hay-detras-de-la-gran-solicitud-de-aumento-en-los-combustibles-que-hizo-recope>
- Masis Castro, E. (2022). *Ley para reducción del impuesto único al gas LPG, contenido en el artículo 1 de la ley 8114, ley De simplificación y eficiencia tributarias, De 4 de julio de 2001, y sus reformas*.



[http://www.asamblea.go.cr/Centro de informacion/Consultas SIL/SitePages/ConsultaProyectos.aspx](http://www.asamblea.go.cr/Centro_de_informacion/Consultas_SIL/SitePages/ConsultaProyectos.aspx)

MINAE. (2016). *Política Sectorial para los Precios de Gas Licuado de Petróleo, Bunker, Asfalto y Emulsión Asfáltica*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/cos163178.pdf>

MINAE. (2015). *VII Plan Nacional de Energía 2015-2030*. [https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/VII Plan Nacional de Energia 2015-2030.pdf](https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2018/08/VII_Plan_Nacional_de_Energia_2015-2030.pdf)

Ordóñez Olivares, I. (2010). *Viabilidad técnica para el cambio de combustible de la caldera del laboratorio de ingeniería química, de diesel a GLP*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio SIBDI-UCR. <https://repo.sibdi.ucr.ac.cr/handle/123456789/3498>

Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2012). *Proyección de los precios el Gas Natural a mediano y largo plazo: Reporte especial de análisis económico* (Reporte N° 001-2012-OEE-OS). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1400513/Reporte%20Especial%20de%20An%C3%A1lisis%20Econ%C3%B3mico%20N%C2%BA%20001-2012.pdf>

RECOPE (2020). *Informe anual de ventas 2020*.

RECOPE (2021). *Manual de productos 2021*. <https://www.calameo.com/recope/read/0061902030bffd0d9258b>

Valverde, L. (22 de abril de 2019). Subsidios, costos y exoneraciones: estas son las distorsiones que pagamos por los combustibles. *Crhoy*.



<https://www.crhoy.com/nacionales/subsidios-costos-y-exoneraciones-estas-son-las-distorsiones-que-pagamos-por-los-combustibles/>

World Energy Trade. (s.f). *Se producirá un aumento en el precio del GLP en el mercado internacional*. <https://worldenergytrade.com/se-producira-un-aumento-en-el-precio-del-glp-en-el-mercado-internacional/>

Webb, Y. (2021). El gran desafío del gas LP en Costa Rica. *La Revista.cr*. <https://www.larevista.cr/yariela-webb-el-gran-riesgo-del-gas-lp-en-costa-rica/>

Anexos

Anexo 1: Resultados principales de las reuniones con agentes de la cadena de valor



Cuadernos de Política Económica por [Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible](#) se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional](#).

Persona: Ing. Federico Chaves Diluca e Ing. Gerardo Calderón P

Empresa: RECOPE

Actividad: Importación, distribución y comercialización de combustibles

Día: Martes 01 de junio, 2021

Hora: 13 hrs.

El GLP o LPG (por sus siglas en inglés) es una mezcla de hidrocarburos gaseosos provenientes de la refinación del petróleo, su uso ofrece grandes ventajas desde el punto de vista ambiental, ya que produce menos emisiones de gases contaminantes que los combustibles líquidos.

El Gas Licuado se logra a gran presión esto hace que se encuentre en estado gaseoso y no Líquido

Usos principales:

- Hogares, restaurantes y hotelería: se usa directamente en la cocción de alimentos, calentamiento de agua y secado de ropa.
- Producción industrial y energética: se utiliza en hornos de alta temperatura que requieren combustibles que dejen poco residuo. Asimismo, se puede generar energía eléctrica mediante la utilización de un alternador en los sectores doméstico y agrícola.
- Transporte: carretillas elevadoras, vehículos de turismo, autobuses urbanos, camiones de basura, vehículos livianos convertidos a GLP.

Los tipos de GLP y sus propiedades dependen de los componentes: puede ser solo propano, solo butano o una mezcla de ambos, con cantidades menores de etileno, propileno, butileno y pentano, entre otros. Como estos gases son inodoros e incoloros, por motivos de seguridad al GLP se le adiciona un odorizante (etil mercaptano) que le otorga un olor pestilente para posibilitar su identificación en caso de fugas.



RECOPE distribuye el GLP en una proporción de 60% gas propano y 40% gas butano. Sin embargo para fines tarifarios se comercializa una mezcla de 70% gas propano y 30% gas butano de acuerdo con ARESEP.

El GLP posee una alta volatilidad y un factor de ignición elevado lo que hace que deba almacenarse y manejarse con cuidados especiales.

El Fuel Oil (Búnker)

El bunker es un combustible residual de la destilación y craqueo del petróleo que está formado por hidrocarburos de cadena larga, tales como alcanos, ciclo alcanos y algunos compuestos aromáticos, lo cual permite obtener de él aceites, lubricantes, asfaltos y otros sub-productos mediante procesos de refinación.

Tiene un color oscuro, olor característico a azufre y alta viscosidad. Además su alto poder calórico lo hace apto para su uso en generación de vapor de procesos industriales (mediante calderas), en hornos de fundición, plantas de generación eléctrica y en motores marinos, entre otros.

El bunker, o fuel oil, se clasifica con números del 1 al 6, según su punto de ebullición, su composición y el uso para el cual se requiere. Además, cuanto mayor sea este número, mayor será su viscosidad y menor su precio.

A causa de la alta viscosidad del bunker, se recomienda calentarlo en el tanque diario, entre 90 °C y 96 °C, esto para facilitar su inyección y aumentar la eficiencia de combustión en el horno o caldera. El bunker no debe sobrepasar los 100 °C en los tanques de almacenamiento, para evitar que los hidrocarburos livianos se evaporicen y así mantener su poder calórico.

Principales características

Poder calórico

Es la cantidad de energía que potencialmente puede liberar un kilogramo de combustible (julio/kg) durante el proceso de combustión. El bunker C que distribuye RECOPE tiene un



poder calórico neto promedio de 41,5 MJ/kg para el año 2020. Se define como requisito mínimo de compra 41,0 MJ/kg.

Densidad

Aunque la densidad no tiene una relación directa con las características del bunker, es un dato necesario para los cálculos de balance de energía. Esta propiedad aumenta conforme se incrementa el tamaño de las moléculas que componen el combustible. El promedio para el 2020 fue de 982,0 kg/m³ con un ámbito de variación entre 897,6 y 995,3 kg/m³.

Contenido de azufre

Como se indicó anteriormente, cuanto mayor sea la densidad de un combustible, mayor tenderá a ser su contenido de azufre, el cual provoca corrosión en los equipos de combustión por la disminución del punto de rocío ácido de los gases de chimenea. El valor promedio del bunker C en el 2020 fue de 2,2%, lo cual es menor al límite máximo de 3,0% establecido en la Norma Nacional.

Elementos de comparación entre ambos combustibles

La densidad en función de la temperatura y por eso es diferente GLP es una densidad de una gas y esto lo hace ser liviano. Densidad es cuanta masa tengo en un volumen determinado.

Escenarios de calderas duales bunker-GLP

Se está definiendo con Aresep vender por peso no por volumen. Ventaja homologar el precio según peso si es por volumen es necesario hacer una conversión por densidad

Los costos iniciales de la inversión son más elevados en GLP que el caso del Búnker

Por qué utilizar GLP para producir vapor

- Mayor poder calorífico
- Amigable con el ambiente
- Menos contaminante no tiene azufre
- Más barato y seguro



- Menos inversión
- Menos mantenimiento al equipo del GLP

La seguridad que se tiene en el GLP es mucho mayor que la que se tiene en bunker, y la mecánica de almacenamiento es más compleja que la del Búnker.

Capacidad instalada y distribución por tipo de combustible

63

RECOPE tiene una capacidad instalada 22 783 m³ de GLP o su equivalente en litros de 22 millones 783 litros.

En caso de búnker la capacidad instalada es de 61 151 m³ o su equivalente en litros de 61 millones 151 litros.

Infraestructura, posee 12 tanques de bunker mientras en GLP posee 6 esferas con una capacidad de 19 612,9 m³ y seis recipiente tipo salchichas.

La distribución solo se realiza vía el Puerto de Moín

Persona: Ing. Alexander Davis B

Empresa: ARESEP

Actividad: Regulación del servicio y calidad del producto GAS

Día: Martes 01 de junio, 2021

Hora: 09 am.

La Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos es la institución que tiene por objetivo velar porque se cumplan los requisitos de calidad, cantidad, oportunidad, continuidad y confiabilidad necesarios para prestar en forma óptima el servicio de suministro de GLP.

Esto lo realiza a través de la Intendencia de Energía (IE), vía el programa de Evaluación de la calidad del GLP que implementa la institución.



Este programa fiscaliza los planteles de distribución de RECOPE S.A, plantas envasadoras de GLP autorizadas por MINAE, distribuidores y puntos de venta al detalle de cilindros de GLP en el país.

Elementos del mercado de GLP en el país.

De acuerdo con el informe de calidad de ARESEP, el consumo de GLP en el país ha aumentado. El consumo nacional pasó de 245 millones de litros en el 2014 a 330 millones de litros en el 2019, es decir el consumo tuvo un crecimiento del 35% aproximadamente.

El consumo para el 2019 a nivel sectorial se distribuyó de la siguiente manera:

Más de 500 industrias consumieron el 37% del consumo total, otro 37% lo consumieron más de 710 mil hogares, el consumo de más de 5000 comercio fue de 16% y finalmente el consumo de las estaciones de servicio representó el 10% del consumo total del año 2019.

El mercado del GLP se distribuye entre cinco empresas. La empresa Gas Nacional Zeta con una participación del 48%; la empresa Tomza-SuperGas tiene el 28% del mercado mientras que las empresas Blue Flame y la empresa 3-101-622925 tiene una participación del 15% y 9% respectivamente.

Regulación del GLP

La ARESEP ejerce la regulación del servicio a través de instrumentos regulatorios como leyes, reglamentos normas, metodologías entre otros.

La metodología que actualmente está vigente para fijar los precios al GLP, establece un precio máximo para industria lo cual permite una mayor competencia en el mercado del gas. El precio final está conformado por los valores compuestos por la ponderación de cada una de las empresas que están en el mercado y además se incorpora un factor de castigo por ineficiencia.



El precio se cobra a cada empresa incluye un tasa de retorno donde se reconoce una rentabilidad para inversión en la propia industria. Se está trabajando para ajustar la metodología a la nueva realidad del gas.

Para efectos del pliego tarifario ARESEP, reconoce La mezcla establecida en el pliego tarifario de ARESEP es de 70% propano y 30% butano, con una variación máxima de control de + - 5% v/v de propano, de acuerdo a la RIE-012-2017. El butano rinde más tiene más poder energético es decir más energía que el propano.

Estas variaciones de la mezcla las perciben más el sector industrial ya que tiene un efecto precios.

Para efectos regulatorios la variable de interés es la densidad energética por litro. En el caso de la densidad energética del bunker esta es el doble de la densidad energética del gas.

En la actual realidad del mercado del gas, el país no tiene un suministro constante de gas solo está almacenado en limón si hay problemas esto lleva a problemas de seguridad energéticas del país otro punto es el tema de al almacenamiento.

La energía se puede transar por kilo sin embargo esto hace que el precio del bunker baje ante esto se utiliza la referencia internacional que indica por litros o barriles y por eso se utilizan la unidad de barriles.

Persona: Ing. Carlos Mora Miranda

Empresa: Consultecmo

Actividad: Servicios en ingeniería mecánica e hidrocarburos

Día: Lunes 07 de junio, 2021

Hora: 13 hrs.

Aspectos generales de la empresa:



La empresa Consultores Técnicos Mora Ocampo Asociados S.A (Consultecmo), es una empresa que brinda asesoría en tres áreas:

- Diseños de sistemas mecánicos y tuberías
- Diseño, inspección y construcción de almacenamientos para combustibles (líquidos y LPG)
- Representación de calderas para vapor

Antecedentes de los hidrocarburos Búnker y GLP

Hace 20-25 años la fuente de energía más utilizada en el país era el Búnker-Diesel para las actividades industriales siendo el atractivo para su consumo un precio bajo.

El búnker mostraba precios bajos y como fuente de energía era eficiente por su alto poder energético.

Cronología de la evolución del GLP

En cuanto al Gas Licuado de Petróleo (GLP), su uso era destinado casi exclusivamente a nivel residencial y comercial, por lo que en la industria era limitado y las gaseras carecían de un servicio al cliente eficiente.

A partir del año 2000 se inicia en el país con la discusión del Gas Licuado de Petróleo (GLP). Antes de este año el GLP presentaba problemas de calidad del producto ya que se afirmaba que las gaseras alteraban el gas que vendía.

En el año 2005 las gaseras inician un proceso de mejora en la prestación del servicio y del producto ante la normativa rigurosa que emitió el Ministerio de Salud (MS).

En el año 2013 ante un accidente sufrido por una empresa en Alajuela donde falleció una persona ante una explosión de un tanque de 45 lbs, instituciones como MS, Comisión de Emergencia, Bomberos y el Colegio de Ingenieros conformaron una comisión para analizar la normativa. La preocupación se centró en el incremento de los costos que cualquier normativa o mejora en la prestación del servicio y del producto podría tener sobre el



consumidor comercial e industrial sin embargo, muchos salieron de la comisión por poco dinamismo.

En el año 2010 se da un reacomodo en el mercado del GLP. La empresa Tropigas ante un problema familiar sale del mercado y esto beneficia a pequeños prestadores de GLP como la empresa Blue Flame, Gas Z entre otras.

Los efectos de esta apertura en el mercado fue una mayor competencia convirtiendo al servicio al cliente en un segmento estratégico.

En el 2018 el Ministerio de Salud emite el Reglamento General para la regulación del suministro de GLP.

Situación del búnker

La principal característica del Búnker no solo es su precio sino su poder calórico lo que lo convierte en una fuente de energía importante para la industria y el comercio, sin embargo, este hidrocarburo cuenta con 5 partes por millón de azufre lo cual hace que su nivel de contaminación al momento de ser quemado sea mayor.

En CR se utiliza un bunker con menor cantidad de azufre y por ende menos contaminante, pero solamente se importa para el uso en las plantas del ICE y cuenta con un precio significativamente superior al bunker destinado a la industria

Por cada colón de búnker se paga 1,59 colones de GLP; 1,72 colones de Diesel y 3,02 colones de electricidad.

Al sumarle al precio los impuestos tenemos que el precio del búnker es de 288,8 colones por litro mientras que el GLP en una proporción 70% propano y 30% butano, su precio es de 211.5 colones. Esto hace que el búnker sea cerca de un 36,5% más costoso para las empresas que el GLP sin embargo este combustible genera un 48% más de energía, ya que el bunker genera 145000 BTU/Gal, mientras que en el caso del GLP 98000 BTU/Gal.



Sistema de trasiego y quemado del Búnker:

1. Una caldera con quemador de búnker
2. Tanque de almacenamiento. El búnker requiere de tanques grandes para su almacenamiento fabricados de hierro negro y su distribución es muy eficiente.
3. Serpentin (calentador de búnker. Este puede ser a base de vapor, resistencias eléctricas o del mismo combustible)
4. Sistemas de tuberías bien construidas y resistentes al calor
5. Equipo de Bombeo
6. Panel eléctrico para el funcionamiento de las bombas
7. Filtros a la entrada de la bomba para evitar el paso de desechos que trae el búnker.

El bunker requiere perder viscosidad para su traslado una determinada Del tanque a la caldera se pierde calor y para evitarlo se utiliza cañuela alrededor de la tubería, también conocida como chaquetas.

Otra peculiaridad del bunker es que requiere de mayores controles en la boquilla de salida del quemador, para evitar ineficiencia en la generación de calor y gastos adicionales en mantenimiento.

Este sistema de trasiego de búnker implica altos costos para el industrial y por lo tanto una gran inversión.

Comparación con el Sistema de trasiego del GLP

Una caldera a gas se puede poner en funcionamiento al mínimo esfuerzo de personal. En cambio, la de búnker requiere una persona permanente en el proceso de ignición.

Cuando se abre una caldera de búnker y no se le da el mantenimiento y revisión adecuado (por reglamento de calderas el mantenimiento es dos veces al año), se produce un goteo de bunker formando una figura de tipo “panal”, que si no es removido afecta todos los sistemas.



El cuanto al mantenimiento y revisión de la caldera de búnker esta se da cada 5 años.

En cambio, la caldera a GLP al abrirla se encuentra cenizas y esto no representa un peligro para los sistemas y el material refractario

Una ventaja del Búnker, es que éste contrario al gas, ante altas temperaturas no explota, sino que más bien tiende a derramarse, con el peligro de generar un incendio.

En conclusión, el Búnker es más costoso en su etapa de mantenimiento que el GLP sin embargo, este último tiene altos costos de inversión inicial.

El impacto de la sustitución de Búnker por GLP debe valorarse según el tamaño de la industria.

Sistema de trasiego de GLP

Los tanques de almacenamiento de GLP y el sistema de trasiego requieren de mayores mecanismos de seguridad como válvulas, cuyo valor es muy alto con respecto al que se necesita en el caso del Búnker, y requiere de una manipulación cuidadosa.

Adicionalmente el gas al manejarse bajo presión, ante una fuga se expande hasta 272 veces, por lo que entre mayor sea la cantidad de gas que se requiera en la empresa, la distancia entre los tanques de almacenamiento y el sistema de calderas debe ser mayor.

Los tanques y las tuberías de gas y las cisternas son contruidos de hierro. El espesor del tanque es al menos de 1/4 pulgada de espesor

Se requiere de una tubería muy fuerte particularmente cédula 80 para el trasiego del GLP.

Los tanques de almacenamiento de gas requieren de una constante revisión y control para evitar fugas que puede tener un alto índice de destrucción.



Persona: Luis Arrieta Rojas

Empresa: Red Point

Actividad: Servicios en ingeniería mecánica e hidrocarburos

Día: Miércoles 09 de junio, 2021

Hora: 8:00 am.

Aspectos generales de la empresa:

La empresa Red Point es una empresa de textil que fabrica y comercializa medias para bebés, niños y adultos, ropa íntima y camisetas. Esta empresa fue fundada en 1946 es decir con 75 años en el mercado.

Experiencia en la sustitución de Búnker por GLP

Esta empresa no cuenta con instalaciones propias para la producción de textiles. En el año 2020 tuvo por diferentes motivos tuvo que desalojar las instalaciones que alquilaban y buscas unas nuevas. Esto permitió explorar la sustitución de Bunker por GLP dado las facilidades operativas del gas.

Por otra parte, y a pesar de que el costo operativo del sistema GLP es superior al costo operativo del Bunker, decidieron hacer la sustitución. Asimismo, tomaron en cuenta que el proveedor del GLP les facilito todo el sistema de tuberías, lo único que tuvieron que hacer fue la adaptación de una de las calderas con las que cuentan, mientras que la otra la tiene para situaciones de emergencia la cual continúa siendo a base de bunker.

Por concepto de depósito de la infraestructura excepto las calderas, la empresa pagó la suma de US\$ 3000.



Para la empresa la sustitución ha generado un impacto en los costos operativos ya que el costo del gas es más alto que el costo del bunker, además esto ha significado que la frecuencia del abastecimiento sea mayor del GLP con respecto al Bunker.

Las compras de bunker se realizaban con periodicidad mensual y ascendían aproximadamente a ¢2 millones mientras que el abastecimiento de gas se realiza cada semana automáticamente por el proveedor y su gasto es de aproximadamente ¢ 3 millones. La compra de combustible aumentó en un 20% aproximadamente para la empresa por mes.

La empresa sustituyó el bunker desde junio del 2020 es decir, tiene un año de haber cambiado de fuente de energía.

Efectos de la sustitución en la empresa:

Los costos operativos de la empresa aumentaron en aproximadamente un 20%, principalmente relacionado con la compra del gas.

El trámite de permiso de uso y de manejo el GLP más simple que los que se deben de hacer para el caso del Bunker.

El precio del GLP es más estable. El precio del bunker se ve afectado por variables como el transporte y el volumen que se puede negociar con el proveedor. Es decir, entre mayor sea el volumen el proveedor puede bajar el precio.

El GLP tiene la ventaja que enciende y se pone en producción inmediatamente mientras que el bunker requiere de unos 45 minutos para hacerlo. Por otra parte, el mantenimiento de los sistemas a base de GLP es más simple que los del Bunker.

El entrevistado menciona que a pesar de que el impacto es menor la empresa considera que el bunker es una opción eficiente como fuente de energía.



Persona: Manuel Corrales Cascante, jefe de calderas

Empresa: Hospital San Juan de Dios

Actividad: Servicios en ingeniería mecánica e hidrocarburos

Día: jueves 10 de junio y 17 de junio, 2021

Hora: 8:00 am. Y 17 hrs

Aspectos generales de la empresa:

El hospital San Juan de Dios consta de cuatro calderas que utilizan como combustible el Búnker. A partir del 2011 inicia un proceso de renovación de los sistemas de caldera por efectos de reducción de su vida útil que afectaban los procesos de generación de energía.

Ante esto se pensó en la sustitución de las calderas de Búnker por las calderas de GLP e iniciaron con estudios para analizar el valor de esta sustitución.

El objetivo del estudio fue el de valorar la inversión requerida para sustituir las calderas de Búnker por las calderas de GLP.

El estudio valoró los costos operativos de cada sistema de caldera, encontrando que la sustitución de las 4 calderas de Búnker por GLP implicaba un costo de US\$ 1 300 000 y reducir las emisiones de gases particulados principalmente hollín a la atmosfera para calderas tipo B.

Por otra parte, avanzar en la reducción de los niveles de contaminación por la quema de azufre la institución invirtió la suma adicional de cuatro ciclones tipo filtro una para cada caldera con el propósito de reducir las emisiones de azufre por un costo de ¢15 000 000 por caldera, es decir ¢60 000 000 en total por las cuatro calderas. Asimismo, adquirió un analizador de gases por un monto de ¢75 000 000. Es importante indicar que la actual regulación no obliga a las empresas o instituciones a adquirir estos equipos



De esta manera, se identifica una diferencia en los sistemas operativos entre ambos combustibles. En gastos operativos el GLP tiene un 70% menos de gastos operativos que el Búnker, este posee un sistema técnico menos complejo que el Búnker pero más peligroso además el GLP requiere de personal más calificado.

El estudio concluyó que la decisión de mantenerse con los sistemas de caldera a base de Búnker fue una decisión de precios. Se requiere más litros de gas LP para generar la misma unidad de poder calórico que el Búnker.

Esta diferencia en el tiempo se traduce en un mayor costo y en el caso del Búnker este ofrece más energía a un precio menor.

Elementos de comparación entre Búnker y GLP

El Búnker es un combustible más sensible a los niveles de presión y temperatura óptimos ya que si no se cuenta con esta precisión se afectarán los sistemas y los resultados no son los esperados.

La calibración de las calderas se realiza una vez al mes mientras que la inspección de gases es realizada cada 3 o 6 meses.

El Búnker para quemarlo se requiere de un control estricto que implica más dinero y más horas hombre.

En cuanto al poder calórico tenemos:

Combustible	Poder Calórico	Unidad
Búnker	150 000	BTU/Gal
GLP	92 000	BTU/Gal
Diferencia B-GLP	58	BTU/Gal



Las emisiones de Búnker cuestan más reducirlas, es un combustible más contaminante. Se puede controlar las emisiones, pero esto requiere de inversiones.

En cuanto al GLP tenemos:

El costo de la sustitución es alto. El cambio de las estaciones de almacenamiento de GLP cuesta US\$ 1 600 000.

El cambio a gas LP implica una valoración de sus requerimientos de espacio físico, por ejemplo se requiere de una mayor distancia para los sistemas de almacenamiento, la cual dependerá de la capacidad para generar energía del sistema, no todas las empresas tienen el espacio físico requerido para estos cambios, este requerimiento es para una caldera tipo B, para una caldera pequeña tipo c estos requerimientos pueden ser aproximadamente de 500 metros. (HSJD, entrevista personal, 10 de junio 2021)

La capacidad de almacenamiento de gas LP en RECOPE actualmente es limitado.

La pregunta es si los ¿distribuidores tiene la capacidad de abastecer la demanda de gas producto de esta sustitución?

El gas LP es más peligroso que el Búnker.

Los costos operativos del GLP con respecto al Búnker son menores, pero requiere de mano de obra más calificada.

Se requiere más litros de GLP que de Búnker por unidad de energía

Se requiere de informes operacionales del GLP cada tres o seis meses.

El mantenimiento de los sistemas de calderas de GLP tiene un costo menor con respecto al sistema de calderas de Búnker. El GLP abre la discusión sobre el espacio requerido, la capacitación al personal, cantidad de emisiones, seguridad y mantenimiento.



A nivel técnico, el gas LP es más sencillo que el Búnker pero es más peligroso.

Persona: Ricardo Morales Vargas, Unidad de Salud Ambiental

Empresa: Ministerio de Salud, Dirección de Protección Radiológica y Salud Ambiental

Actividad: Control de emisiones

Día: jueves 10 de junio y 17 de junio, 2021

Hora: 8:00 am. Y 17 hrs

75

Aspectos generales del Ministerio de Salud

El Ministerio de Salud es el encargado de otorgar los permisos de funcionamiento. El proceso de fiscalización lo realizan entes acreditados que realizan visitas a las plantas.

La principal ventaja del GLP sobre el Búnker es que es un combustible menos contaminante y de menor costo operativo. En cuanto al tema ambiental, el Búnker contiene azufre y metales que generan corrosión a los sistemas de la caldera, esto al quemarse sale por la chimenea de la caldera al ambiente.

Con respecto a costos operativos, el Búnker tiene que ser precalentado, antes de que pase por las calderas, recordemos que este combustible se almacena a temperatura ambiente, pero al utilizarlo este se debe calentar.

El Ministerio de Salud actualmente está trabajando en la actualización del Reglamento sobre Emisión de contaminantes atmosféricos proveniente de calderas y hornos de tipo indirectos N° 36 551-S-MINAET-MTSS, vigente desde 21/01/2012.

La cantidad de azufre en masa indicada en el este reglamento es de 3% mientras que la normativa internacional lo fija en 1,7%

El gas LP, si bien es cierto no emite partículas de azufre a la atmósfera genera otro tipo de contaminación por las emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂), un gas de efecto invernadero.



Anexo 2: Descripción del parque de calderas en Costa Rica

En Costa Rica, así como en muchos países muchas industrias requieren generar vapor para sus diferentes procesos productivos, proceso que es llevado a cabo mediante calderas, mediante las cuales se queman diferentes tipos de productos, muchos de los cuales son derivados del petróleo como diésel, biodiesel, bunker y gas LP, no obstante además utilizan otros productos como biomasa, bagazo, madera y electricidad.

Según el Ministerio de Salud (MINSA), en nuestro país existe un total de 663 calderas, mismas que se muestran en la siguiente tabla.

Cantidad de calderas en Costa Rica, según clase y provincia

Provincia	Categoría de Caldera					Total general	
	A	B	C	D	No indica (en blanco)		
Alajuela	45	44	97	1	3	3	193
Cartago	12	20	48			1	81
Guanacaste	15	5	23				43
Heredia	15	22	45				82
Limón	10	11	8	1			30
Puntarenas	21	7	39				67



San José	8	24	123	4			159
(en blanco)			3		3		6
Alajuela					2		2
Total general	126	133	386	6	3	9	663

Fuente: Elaboración propia con base en información de MINSA

Como se muestra en la tabla como Alajuela y San José son las provincias donde se encuentra el mayor porcentaje de calderas con un 29.7 y 24% respectivamente, sin embargo en Heredia y Cartago también se encuentra un porcentaje importante, que en conjunto suman un 24,6%.

Esta situación responde en parte a que es en estas provincias donde se ubica la mayor cantidad de industrias. La tabla también permite apreciar como el mayor porcentaje de calderas del país son de tipo C con un 58,3%, seguidas por el tipo B y el A.

Las Calderas se categorizan como se muestra a continuación según tanto por su capacidad para generar vapor donde son dos las variables a considerar, Kg/hora de vapor y superficie de calefacción

- 1.) Categoría A: aquellas calderas que generen más de 7500 Kg/hora de vapor, o que tengan una superficie de calefacción mayor de 200 metros cuadrados, cualquiera de los dos valores que sea mayor.
- 2.) Categoría B: aquellas calderas que generen más de 2000 Kg/hora de vapor y hasta 7500 Kg/hora de vapor, o que tengan una superficie de calefacción de más de 60 metros cuadrados y hasta 200 metros cuadrados, cualquiera de los dos valores que sea mayor.
- 3.) Categoría C: aquellas calderas que generen más de 70 Kg/hora de vapor y hasta 2000 Kg/hora de vapor, o que tengan una superficie de calefacción de más de 2 metros cuadrados y hasta 60 metros cuadrados, cualquiera de los dos valores que sea mayor,
- 4.) Categoría D: aquellas calderas que generen hasta 70 Kg/hora de vapor, o que tengan menos de dos metros cuadrados de superficie de calefacción.



Con respecto al estado de las calderas del parque costarricense, este se presenta en la siguiente tabla, la cual muestra como un 28,5% se encuentra Activas, sin embargo el mayor porcentaje no cuenta con un estado definido y representa un 69,4% del total.

Estado actual del parque de calderas en Costa Rica

ESTADO	Cantidad
Activa	189
Descontinuada para gestionarse como residuos	2
En instalación	5
En venta	6
Fuera de servicio por mantenimiento u operación (en blanco)	1
Total general	663

Fuente: Elaboración propia con base en información de MINSA

Una variable que caracteriza al parque de calderas del país es la antigüedad, medida por la cantidad de años que éstas tienen desde su construcción, esta se presenta en la siguiente tabla, y es clave ya que según un experto en el tema la vida útil de estos equipos es de 20 años.

Antigüedad del parque de calderas en Costa Rica

Antigüedad (años)	Cantidad de Calderas
1-10	145
11-20	135
21-30	121
31-40	60



41-50	98
51-60	51
61-70	11
71-80	1
81-90	2
91-100	9
100-110	4
2020	6
#¡VALOR!	19
#¡VALOR!	19
76	1
76	1
Total general	663

Fuente: Elaboración propia con base en información de MINSA

La tabla anterior muestra como el 21,9% del total de calderas cuenta con menos de 10 años de operación, mientras que un 20,4% está entre 11 y 20 años. Esto indica que un 57,8% de estos equipos ya superaron su vida útil, por lo que su capacidad de operar de manera eficiente estaría disminuida.

Finalmente con relación a las calderas que utilizan bunker estas representan un 27,6% del total, y su cantidad por provincia y categoría se muestra en la siguiente tabla.

Cantidad de calderas de bunker en Costa Rica, según clase y provincia

Provincia	Categoría de Caldera			No indica	Total general
	A	B	C		
Alajuela	21	28	13	1	63



Cartago	4	13	6		23
Guanacaste	3	2	2		7
Heredia	12	16	5		33
Limón	8	8			16
Puntarenas	6	6	3		15
San José	3	13	10		26
Total general	57	86	39	1	183

Fuente: Elaboración propia con base en información de MINSA

Como se aprecia en la tabla como Alajuela y Heredia son las provincias donde se encuentra el mayor porcentaje de calderas de bunker con un 34,4 y 18% respectivamente, sin embargo en San José y Cartago también se encuentra un porcentaje importante, que en conjunto suman un 26,8%.

La tabla también permite apreciar como el mayor porcentaje de calderas del país son de tipo B con un 47%, seguida por el tipo A y el C que representan el 31,1 y 21,3% respectivamente.

