



Universidad politécnica de Valencia

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS



TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

Estudio de la operación logística para el suministro de gas en el
Departamento de Arauca (Colombia)

Para obtención del:

Máster universitario en Transporte, Territorio y Urbanismo

Autor: Juan Carlos Quevedo Martínez

Tutor: Prof. María Rosa Arroyo López

Fecha: septiembre 2021



Estudio de la operación logística para el suministro de gas en el Departamento de Arauca (Colombia)

Contenido

Resumen	7
Abstract	7
Resum	7
1 Introducción	8
2 Glosario	8
3 Objetivos.....	10
4 Generalidades.....	10
4.1 Antecedentes.....	10
4.2 Planteamiento del problema	13
4.3 Justificación del problema.....	13
4.4 Alcance del proyecto	14
5 Estado del arte.....	14
5.1 Marco normativo	28
6 Metodología	34
6.1 Descripción del proyecto.....	35
6.1.1 Modelo de Distribución	35
6.2 Equipos necesarios para operación.....	37
6.2.1 Punto de compresión.....	37
6.2.2 Vehículo articulado	38
6.2.3 Remolque – Módulo de Almacenamiento	39
6.2.4 Canastilla de almacenamiento	40
6.3 Estado actual.....	41
6.3.1 Flota actual.....	46
6.4 Propuesta de operación.....	47
6.4.1 Puntos de Origen de viajes.....	47
6.4.2 Puntos de Destino de Viajes.....	51
6.4.3 Estimación de viajes	56
6.4.4 Diseño logístico y de operación	61



7	Costes del modelo	72
7.1	Escenario uno.....	75
7.2	Escenario dos.....	78
8	Viabilidad del proyecto	82
8.1	Escenario uno.....	82
8.2	Escenario dos.....	83
9	Conclusiones y recomendaciones.....	85
10	Bibliografía	86



Índice de Figuras

Figura 1. Red de Gasoductos de Colombia; Arango J.; 2016; Mapa; Nueva propuesta de Transporte de Gas Natural; Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).	11
Figura 2. Disponibilidad de Gas Natural por Redes; Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).	12
Figura 3. Chiva y Willys utilizado para el transporte rural en Colombia.	16
Figura 4. Dimensiones del vehículo.	32
Figura 5. Configuración de los vehículos de carga de acuerdo con la disposición de sus ejes.	33
Figura 6. Configuración de los vehículos de carga de acuerdo con la disposición de sus ejes.	34
Figura 7. Esquema de actividad de Compresión de GNC.	36
Figura 8. Punto de Compresión y entrega de GNC.	37
Figura 9. Vehículo para la operación de Gases del futuro.	39
Figura 10. Módulo de almacenamiento para Transporte de GNC.	39
Figura 11. Ficha técnica del Módulo de almacenamiento para Transporte de GNC.	40
Figura 12. Canastillas de almacenamiento de GNC.	41
Figura 13. Punto de Compresión de GNC en Paz de Ariporo, Casanare.	42
Figura 14. Ruta Paz de Ariporo – Tame.	44
Figura 15. Proceso de descargue del módulo de almacenamiento.	45
Figura 16. Punto de Compresión de GNC en Paz de Ariporo, Casanare.	49
Figura 17. Punto de Compresión de GNC en Aguazul, Casanare.	50
Figura 18. Punto de Compresión de GNC en Capachos, Departamento de Arauca.	51
Figura 19. Punto de entrega en Tame, espacio de maniobras del vehículo.	53
Figura 20. Punto de entrega en Saravena, espacio de maniobras del vehículo.	54
Figura 21. Plano disposición del predio, incluyendo espacio de maniobras del vehículo en el municipio de Fortul.	56
Figura 22. Plano de puntos de cargue y descargue de la operación.	57
Figura 22. Visor de Carreteras en el departamento de Arauca.	63
Figura 23. Cronograma de cargues en la fase 1.	70
Figura 24. Cronograma de cargues en la fase 2.	70
Figura 25. Cronograma de cargues en la fase 3.	71
Figura 26. Cronograma de cargues en la fase 4.	71



Figura 27. Formula tarifaria y porcentaje de participación del transporte en el cargo
Tarifario. 72

Figura 28. Matriz origen – destino estipulado por la CREG..... 73

Figura 29. Matriz origen – destino desde Paz de Ariporo – Tame estipulado por la CREG.
..... 73



Índice de Tablas

Tabla 1. Puntos de Atracción y Generación de viajes de Distribución Actual de Gas natural comprimido.	42
Tabla 2. Puntos de Atracción y Generación de viajes de Distribución Actual de Gas natural comprimido.	43
Tabla 3. Flota y equipos usados en la operación actual de Gases del Futuro.	46
Tabla 4. Propuesta de Puntos de Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido.	48
Tabla 5. Punto actual de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido.	49
Tabla 6. Punto actual de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido.	50
Tabla 7. Punto actual de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido.	51
Tabla 8. Puntos de Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido.	52
Tabla 9. Puntos de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido en Tame.	53
Tabla 10. Puntos de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido en Saravena.	54
Tabla 11. Puntos de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido en Cubará.	55
Tabla 12. Puntos de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido en Fortul.	56
Tabla 13. Demanda y número de viajes en la fase 1 de operación.	58
Tabla 14. Demanda y número de viajes en la fase 2 de operación.	58
Tabla 15. Demanda y numero de viajes en la fase 3 de operación.	59
Tabla 16. Demanda y numero de viajes en la fase 4 de operación.	60
Tabla 17. Flota y equipos necesarios para la propuesta de operación de Gases del Futuro.	62
Tabla 18. Rutas para el escenario Uno en la Fase 1 de operación.	64
Tabla 19. Rutas para el escenario Uno en la Fase 2 de operación.	65
Tabla 20. Rutas para el escenario Uno en la Fase 3 de operación.	65
Tabla 21. Rutas para el escenario Uno en la Fase 4 de operación.	66



Tabla 22. Rutas para el escenario Dos en la Fase 1 de operación.	67
Tabla 23. Rutas para el escenario Dos en la Fase 2 de operación.	67
Tabla 24. Rutas para el escenario Dos en la Fase 3 de operación.	68
Tabla 25. Rutas para el escenario Dos en la Fase 4 de operación.	69
Tabla 26. Remuneración por demanda de GNC de los clientes a ‘Gases del Futuro’ mensual en el escenario 1.	75
Tabla 27. Costos operativos en fase 1 – escenario 1.	76
Tabla 28. Costos operativos en fase 2 – escenario 1.	76
Tabla 29. Costos operativos en fase 3 – escenario 1.	77
Tabla 30. Costos operativos en fase 4 – escenario 1.	78
Tabla 31. Remuneración por demanda de GNC de los clientes a ‘Gases del Futuro’ mensual en el escenario 2.	79
Tabla 32. Costos operativos en fase 1 – escenario 2.	79
Tabla 33. Costos operativos en fase 2 – escenario 2.	80
Tabla 34. Costos operativos en fase 3 – escenario 2.	81
Tabla 35. Costos operativos en fase 4 – escenario 2.	81
Tabla 36. Indicador de Ingreso por kilómetro recorrido en escenario 1.	83
Tabla 37. Indicador de Coste y Utilidad por kilómetro recorrido en escenario 1.	83
Tabla 38. Indicador de Utilidad de la operación en escenario 1.	83
Tabla 39. Indicador de Ingreso por kilómetro recorrido en escenario 2.	84
Tabla 40. Indicador de Utilidad de la operación en escenario 2.	84
Tabla 41. Indicador de Coste y Utilidad por kilómetro recorrido en escenario 2.	84



Estudio de la operación logística para el suministro de gas en el Departamento de Arauca (Colombia)

Resumen

El presente documento evidenciará la planeación y diseño de la operación de la empresa Gases del Futuro para su actividad principal como transportadora de Gas Natural Comprimido y Gas licuado de Petróleo. Dicha empresa tiene como objetivo realizar la comercialización de **GNC** (Gas Natural Comprimido) para usuarios regulados y no regulados, y **GLP** (Gas Licuado de Petróleo) proyectado para usuarios regulados, en los departamentos de Arauca, Casanare, y Boyacá. Para ello, se diseñará la flota necesaria para realizar el suministro, el diseño de las rutas y posteriormente la operación logística y de transporte que garantice la correcta operación de las empresas que se vinculen en el suministro de Gases del futuro. Es por esto por lo que en el desarrollo de este documento se especificarán las acciones adecuadas para la buena operación y estabilidad económica de la compañía.

Abstract

This document will show the planning and design of the operation of the company “Gases del Futuro” for its main activity as a transporter of Compressed Natural Gas and Liquefied Petroleum Gas. This company aims to commercialize CNG (Compressed Natural Gas) for regulated and unregulated users, and LPG (Liquefied Petroleum Gas) projected for regulated users, in the departments of Arauca, Casanare, and Boyacá. For this, the necessary fleet will be designed to carry out the supply, the design of the routes and later the logistics and transport operation that guarantees the correct operation of the companies that are involved in the supply of Gases of the future. For this reason, in the development of this document, the appropriate actions for the good operation and economic stability of the company will be specified.

Resum

El present document evidenciarà la *planeació i disseny de l'operació de l'empresa Gasos del Futur per a la seua activitat principal com a transportadora de Gas Natural Comprimit i Gas liquat de Petroli. Aquesta empresa té com a objectiu realitzar la comercialització de *GNC (Gas Natural Comprimit) per a usuaris regulats i no regulats, i



*GLP (Gas Liquefado de Petróleo) proyectat per a usuaris regulats, en els departaments de *Arauca, *Casanare, i *Boyacá. Per a això, es dissenyarà la flota necessària per a realitzar el subministrament, el disseny de les rutes i posteriorment l'operació logística i de transport que garantisca la correcta operació de les empreses que es vinculen en el subministrament de Gasos del futur. És per això que en el desenvolupament d'aquest document s'especificaran les accions adequades per a la bona operació i estabilitat econòmica de la companyia.

1 Introducció

Con el presente documento se pretende poner en marcha la correcta operación de la flota que se encargará de la distribución de Gas Natural comprimido y Gas propano a usuarios en el Departamento de Arauca, así como la demanda logística que esta requiere. Para ello se incluirá dentro del documento el cálculo del tamaño de la flota que se requiere, así como la disposición del personal logístico necesario para operar. Para ello se calculará la cantidad de vehículos, módulos de transporte del Gas, se registrará la hoja de vida y de operación de vehículos, cronogramas de mantenimiento, etc, con lo que se pretender un manejo óptimo de los recursos para la operación.

El alcance del trabajo será planear el diseño de la operación y logística de la empresa, diseño de ruta, cantidad de vehículos requeridos, gastos que influyan en la operación dedicada al transporte como gasolina, conductores, repuestos, mantenimiento etc, mas no calculará rentabilidad, riesgos asociados a la misma.

2 Glosario

DISTRIBUIDOR LOCAL (DL):1 Persona que opera y transporta energía eléctrica en un Sistema de Distribución Local, o que ha constituido una empresa cuyo objeto incluye el desarrollo de dichas actividades; y la operará directamente o por interpuesta persona (Operador).

Comercializador: Persona natural o jurídica que comercializa energía (eléctrica, Gas Natural).

¹ Enerca S.A. E.S.P. Glosario



Plan de expansión:² Programa de inversión establecido por la empresa para ser ejecutado en un periodo determinado, tendiente a ampliar la cobertura de prestación del servicio de energía eléctrica en aquellas áreas en donde éste no es suministrado. El plan se desarrollará y ejecutará de acuerdo con las disposiciones que rigen el presupuesto interno, el plan de ordenamiento territorial y la normatividad existente.

Gases del futuro: Compañía dedicada a la comercialización y distribución de Gas natural en el departamento de Arauca. A efectos del presente documento se le nombrará por su nombre o como los Adjetivos de Empresa, y/o Compañía.

Clientes: como su nombre lo indica, serán clientes de la compañía gases del futuro en las actividades que se describen en el documento.

² Enerca S.A. E.S.P. Glosario.

3 Objetivos

Al tener dentro de la operación de Gases del Futuro actividades directamente relacionadas con el transporte y los costos que derivan del mismo, se hace imprescindible mantener un control permanente sobre el gasto en el que se incurre en realizar satisfactoriamente la gestión de la flota y la distribución del GNC a los clientes. Dicho esto, será necesario plantear los siguientes objetivos:

- Diseño logístico y de operación de la compañía en sus actividades comerciales como distribuidor.
- Cálculo de costes asociados a la operación de la flota, así como los costes administrativos que se generan.
- Cálculo de tarifa de cobro por transporte.

4 Generalidades

Será imprescindible conocer cuáles son los antecedentes en materia de distribución de Gas Natural Comprimido, y de igual manera corroborar que el planteamiento del problema sea acorde a la metodología que permita dar alcance al diseño de la flota y operación de “Gases del Futuro”.

4.1 Antecedentes

Ante el notable crecimiento de la prestación del Gas Natural en los municipios se hace indispensable atender la demanda generada por el mismo en materia de distribución, especialmente en los usuarios residenciales, donde presenta una expansión notable a lo largo del territorio. Si bien el suministro de Gas Natural para hogares es considerado un servicio público, no todo el territorio cuenta con accesibilidad a este; departamentos de Colombia como Amazonas, Vichada, Guainía, Vaupés, Chocó y Arauca no cuentan con un gasoducto que permita prestar el servicio de gas de manera directa y continua.

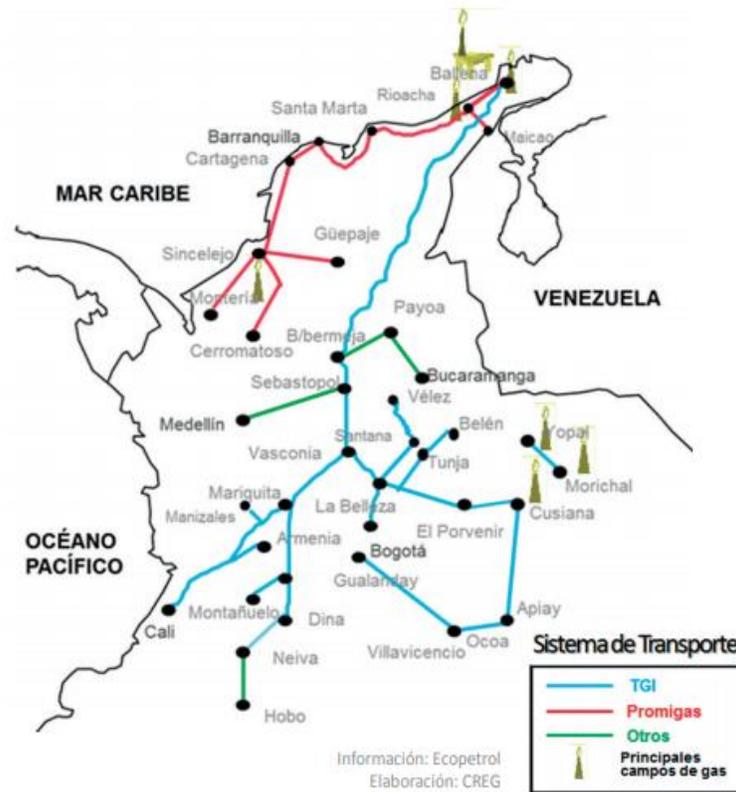


Figura 1. Red de Gasoductos de Colombia; Arango J.; 2016; Mapa; Nueva propuesta de Transporte de Gas Natural; Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

Como se observa en la siguiente figura, los Departamentos mencionados anteriormente no cuentan con cobertura de conexión directa de Gas Natural domiciliario y por consiguiente tienen que buscar alternativas externas y costosas a través de cilindros de gas (en Colombia llamadas Pipetas de gas) que les garanticen el servicio. Estos costos por adquirir el servicio a través de cilindros generan que la población incremente su costo de adquisición del Gas hasta en un 50%, lo que es significativo en el costo de vida de los habitantes teniendo en cuenta que estos territorios no tienen un desarrollo importante comparado con el resto del país, y que incluso, los habitantes que no cuentan con el recurso económico acuden a cocinar con leña, afectando directamente a la salud de la población.

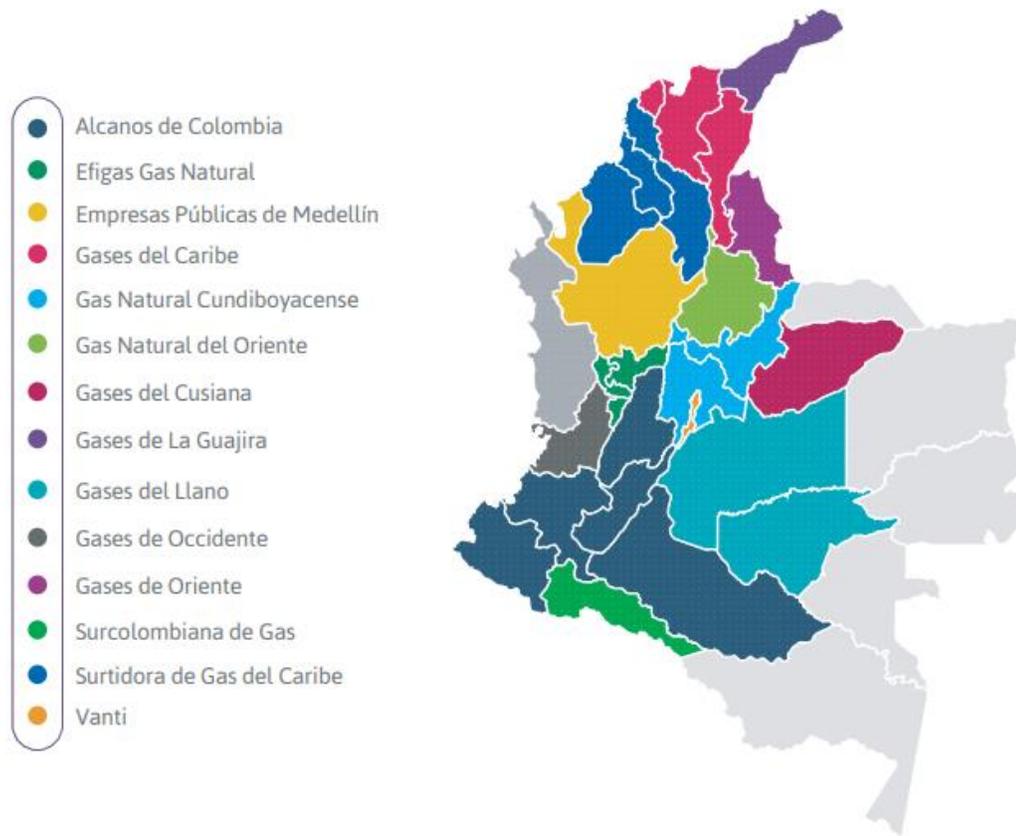


Figura 2. Disponibilidad de Gas Natural por Redes; Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG).

Una alternativa viable para poder cumplir con la demanda del servicio en estos municipios alejados es la instalación de plantas virtuales de descompresión de gas natural, utilizando canastillas compresoras de almacenamiento que permitan el continuo suministro del Gas Natural a los habitantes. Dicha planta y canastilla es alimentada por un sistema de transporte de carga especial de Gas a alta presión llamado Módulo. Es ahí donde la empresa Gases del futuro por medio del transporte de carga, realiza la operación y distribución a las empresas que distribuyen Gas a los habitantes.

Se estima que en el departamento de Arauca existen dos empresas de distribución de gas natural por el modo de almacenamiento virtual explicado en el párrafo anterior, que son clientes potenciales para la compañía. Dado que es un sistema de distribución de Gas relativamente nuevo el país, el auge de distribución de Gas Natural comprimido por vehículos está en un crecimiento exponencial.



4.2 Planteamiento del problema

La inaccesibilidad en los territorios alejados del país provoca que la población no tenga acceso a recursos de primera necesidad como el gas natural. Los habitantes que habitan estos territorios buscan alternativas de bajo costo para cocinar diariamente en sus hogares, entre ellas la leña, principal fuente de combustión en las cocinas de estos territorios, provocando graves enfermedades pulmonares y deteriorando la calidad de vida y salubridad de estos.

Dicho esto, se vuelve imprescindible plantear soluciones que permitan el abastecimiento del Gas Natural como principal fuente de combustión en los hogares en el Departamento de Arauca haciendo uso de los recursos actuales como lo son vías de accesos, capacidad operacional de vehículos de carga en el departamento, y elementos tecnológicos que permitan que materias primas como lo es el Gas Natural, puedan ser usado como combustión en la preparación de alimentos de la población, sin generar un impacto económico importante en los habitantes y evitando que existan problemas de salud pública.

Por otro lado, durante la contingencia por COVID-19 la población que tiene acceso al Gas Licuado de Petróleo (GLP) a través de cilindros, deben tener contacto directo y permanente con el distribuidor, incumpliendo con los confinamientos obligatorios en el territorio para poder adquirir el insumo de combustión en el hogar. Lo anterior también supone una dificultad, ya que el usuario puede quedar sin servicio en horarios donde no puede abastecerse nuevamente, afectando la calidad de vida de los habitantes.

4.3 Justificación del problema

Una de las justificaciones para la realización del presente documento es la deteriorada calidad de vida de la población en el departamento de Arauca haciendo imprescindible la prestación de la distribución del gas natural en estos sectores tan alejados de los oleoductos que transportan el gas natural.

Es importante aclarar que g ases del futuro se encuentra en la capacidad de realizar la distribución en el Departamento y por lo tanto es técnicamente viable atender la demanda desatendida por otros operadores.



Si bien “Gases del Futuro” trabaja como mediador entre los oleoductos y las empresas prestadoras de servicio público, será necesario conocer cuáles son las compañías que prestan el servicio de Gas Natural por estación virtual y así poder generar conexiones estratégicas que permitan la prestación del servicio a la población del Departamento.

4.4 Alcance del proyecto

El presente documento tiene como alcance realizar el diseño de la operación de la flota de “Gases del futuro” para el Departamento de Arauca, así como la logística necesaria en cuanto a personal, tecnología, equipos y demás variables que permitan la operación de la flota de manera optimizada para las actividades de distribución de Gas Natural Comprimido. Será necesario conocer costos operacionales asociados al transporte como Gasolina, mantenimiento de vehículos, mantenimientos de Remolques, gestión de cambio de neumáticos de rodamiento, dirección, y carga.

Si bien se calcularán todos los costos operacionales asociados a la actividad de transporte y distribución, no se llegará al cálculo de rentabilidades, costos de personal administrativo, costos de impuestos y cálculo de riesgos asociados a los factores mencionados anteriormente.

5 Estado del arte

Con el paso de tiempo y con la ocurrencia de varios sucesos que han marcado la historia de la humanidad como la fue la revolución industrial y a su vez la conformación de grandiosas invenciones del siglo XX, se evidencia un gran avance en cuanto a dar solución algunas dificultades relacionadas al transporte, al transporte en general, en este trabajo en particular se tendrán en cuantos los aspectos más relevantes en cuanto al transporte de carga y especial al es transporte de GNC.

Se ha evolucionado en cuando al transporte de mercancías o de carga de manera terrestre, sino que se han incursionada desde hace mucho tiempo de otras modalidades de transporte marítimo o fluvial.

Hechos tan importantes que han aportado a la humanidad grandes adelantos en estos aspectos como por ejemplo con la invención de la rueda se pudieron lograr avances muy importantes en lo que hoy se conoce como el transporte multimodal, (Mora,2014).



El ser humano, antiguamente quiso dar para dar solución a sus problemas de traslado de un lugar a otro de cualquier objeto, alimentos, materias primas, movilización de personas y demás, la necesidad de poder dar fin a esta dificultad fue idear algún método en el cual se pudiera realizar este tipo de actividad de una manera que pudiese estar al alcance de muchas personas sin que hubiera gran esfuerzo físico, lo que ha permitido avanzar en lo que actualmente se conoce como medios de transporte, Mora (2014).

Este gran paso que se ha dado evolucionando la movilización de cargas y mercancías, ha significado el cambio de muchos aspectos relacionados a infraestructura, ingeniería y mecánica y demás aspectos que han hecho que hoy día se piense de la manera en que antiguamente se lograran trasladar de un lugar a otro grandes cantidad de materiales y de cómo se podría lograr que ello llegara en óptimas condiciones; la logística en ese entonces también sería un misterio, puesto que para el transporte de dichas cantidades se necesitaba del ingenio en cuanto a la creación de estrategias en la operatividad para suplir las necesidades de quien requería de la carga.

La evolución del transporte inicia en el país con el ferrocarril de Panamá, construido en 1828³, y con la navegación del río Magdalena que se autoriza en 1823. Los modos de transportes mencionados se regularizaron solo hasta 1880, cuando los ferrocarriles empalmaron las zonas de montaña con los medios fluviales del Magdalena, empleando naves de tamaño adecuado y dotados de los desarrollos tecnológicos del momento. Era así como se generaba un flujo de carga desde y hacia los mares del país, provenientes principalmente de las zonas manufactureras, centros poblados relevantes y consolidados para la época, y zonas agrícolas exportadoras.

En el siglo XIX se tenían en el territorio varias líneas férreas (hoy no utilizadas debido al deterioro, falta de mantenimiento por las instancias gubernamentales y desactualización de la red) en 1929 debido a una fuerte crisis económica, se decide invertir en el transporte por carretera entre las cabeceras urbanas en el país. Con un nuevo medio de transporte de carga en Colombia se abren vías para que vehículos 4x4 transportaran café en su mayoría, y también permitió un desarrollo importante en cuanto a puestos de salud, nuevos acueductos para zonas rurales alejadas del país, electricidad y escuelas. En la

³ <https://godues.wordpress.com/2007/04/16/el-transporte-en-colombia-2/>

siguiente figura se observan alguno de los vehículos que circulaban las carreteras rurales, donde se transportaban carga y pasajeros.⁴

Figura 3. Chiva y Willys utilizado para el transporte rural en Colombia.



, <https://co.pinterest.com/pin/681732462316337703/>, <https://pixabay.com/es/photos/colombia-chiva-carro-transporte-1162672/>.

Las actividades del transporte se han convertido en Colombia en uno de los principales aportantes del PIB (producto interno bruto) del país al igual que la construcción. Muchos autores definen el transporte como la necesidad de movimiento de las personas y bienes en un territorio, espacio físico y en diferentes modos de transporte: terrestre, férreo, marítimo, aéreo, y fluvial.

Sin duda alguna el transporte de carga constituye desde épocas remotas uno de los pilares más importantes en relación con el crecimiento económico e industrial de cualquier país, en el cual la función logística es clave para la dinámica de entrada y salida de productos que favorecen a dicho crecimiento, el transporte en general ha hecho que el acceso a determinados productos sea más eficiente y eficaz gracias a su gestión operativa y logística.

De acuerdo con Moral (2014) “El transporte de carga tradicional y la distribución se ha enfocado en el transporte físico de mercancías, donde la diferenciación ha sido el flete” p. 15, el valor que se destina para la carga, transporte y distribución, ha hecho que las industrias globales sean más exigentes al momento de comercializar los productos y a su vez que la gestión operativa y logística se adapta y cumpla con las exigencias de las empresas y el fortalecimiento del mercado.

⁴ <https://godues.wordpress.com/2007/04/16/el-transporte-en-colombia-2/>



En Latinoamérica, el transporte de carga se ha convertido en una dificultad para sus representantes, es decir para las personas o empresas que trabajan en este sector, como por ejemplo las empresas transportadoras, conductores y empresas dedicadas a generar viajes para el transporte de carga o de mercancías, etc., Se han generado una serie de conflictos que impiden y estancan el desarrollo de este campo y como tal para esta parte del mundo, aun cuando esta actividad es gran importancia para el crecimiento económico. En Colombia el sector del transporte debería progresar de manera más acelerada, puesto que este factor es clave para el beneficio de las empresas que enfocan sus recursos e intereses en este sector, debido a la ubicación estratégica de los productos de los mercados internos y externos, ya que este compone al menos un 50% de los costos logísticos de una compañía. (Mora, 2014).

Para los proyectos de integración en América Latina, se componen un conjunto de acciones, convenios, y acuerdos que tienen como propósito poder alcanzar “la integración y el desarrollo de todos los países que hacen parte de América Latina y el Caribe a través de los diversos organismos supranacionales y subregionales; 13 El cual el único objetivo consiste en el desarrollo en relación con el fortalecimiento de la infraestructura logística del continente y sus subregiones” (Mora, 2014) p. 12- 13.

Es importante tener en cuenta todos los avances que se han presentado en Latinoamérica en relación con el transporte de carga y la optimización de este. Dicho esto, es imprescindible revisar algunos casos de estudio que servirán de base para gestionar y optimizar la operatividad de gases del futuro.

En este sentido, para el caso del **proyecto carretera Panamericana**, que también se le atribuye el nombre de ruta Panamericana, fue una idea del estado norteamericano, que se remonta en el año de 1880, que tenía como fin, poder comunicar todo el continente por medio de un ferrocarril, en el que este pudiera unir la Patagonia con Alaska. Sin embargo, por diversas dificultades de índole económico que se presentaron en el transcurso de la construcción este proyecto tuvo un retraso en su construcción de más de 40 años y tuvo que suspenderse hasta el año de 1923, sin embargo, cuando finalmente se tomó la decisión de seguir con el proyecto, cambio de perspectiva la construcción, puesto que ya no habrían vías férreas por donde pasaría el ferrocarril, sino que se retomó como una iniciativa de construcción de malla vial o carreteras, debido a que el tren dejó de ser el medio de transporte principal, siendo este suplido por el automóvil (Mora, 2014).

Seguido a esto en el año de 1943, se dio inicio con una parte del corredor de 960 km, que iría aumentando con el transcurso del tiempo, ya que se sumarían a los países involucrados en los diseños ya propuestos en un principio, con el fin de poder terminar con el gran ideal de poder construir el corredor logístico más extenso del mundo, ya que actualmente este corredor cuenta con un 25.800 km de extensión siendo este el recorrido vial más grande en comparación a otras estructuras viales ya existentes. (Mora, 2014).

Uno de los principales objetivos para la construcción de la carretera Panamericana, era que esta gran vía tuviera varias ramificaciones que pudiera conectar y a su vez beneficiar a diferentes comunidades en diferentes aspectos como el logístico, productivo, turístico y social; sin embargo, se dentro del proceso de construcción existe un último tramo que aún no ha podido culminarse, el paso de la vía que hay entre Colombia y Panamá; esta carretera consta de una extensión de 87 km (Mora, 2014).

Estos dos países Latinoamericanos, aunque con mayor inclinación de Panamá se niegan a emplear estas zonas para la continuación del segmento faltante de la vía (poblaciones de Yaviza, en Panamá (58km) y Lomas aisladas en Colombia (29km) ubicada en una zona natural montañosa en el Tapón del Darién) bajo 4 aspectos muy importantes, a continuación, se especifican:

- **Migración:** Panamá es considerado un área de operaciones logísticas importante, es por ello por lo que si se persiste el seguir con ello aumentaría el número de inmigrantes extranjeros si se logra construir este segmento faltante de la vía, debido a que se facilitaría el tránsito y el acceso a dicho país, ya que actualmente, solo se puede de manera aérea y marítima.
- **Narcotráfico:** debido a posición geográfica en la que se encuentra ubicado, Panamá es un centro estratégico para el almacenamiento y el tránsito de estupefacientes, si se construye una carretera ello facilitaría y a su vez empeoraría esta situación.
- **Ecología:** la continuación de la construcción del segmento faltante de la vía, este fragmento es considerado como un pulmón natural en Centroamérica y ello afectaría gravemente.
- **Insurgencia:** actualmente, el país tiene la presencia de grupos al margen de la ley, que se movilizan con mayor frecuencia en zonas limítrofes debido a la presión



que ejerce la autoridad, es por ello por lo que, si se construye una carretera, esta problemática aumentaría de manera preocupante (Mora, 2014).

Seguidamente, se tomará en cuenta el **Caso del Plan Puebla**, que fue formulado en el año 2001, con el propósito de favorecer el desarrollo económico del capital humano, y a su vez minimizar los niveles de pobreza en el marco del respeto con la diversidad cultural, étnica de los ciudadanos, este proyecto promovía el progreso regional, en cual se unieron países centroamericanos en los que se encuentran: Costa Rica, El Salvador, Belice, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá, a su vez por parte de país mexicano se integran algunos estados en lo que se encuentran (Yucatán, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, Campeche, Chiapas, Guerrero), también dentro de este fuerza de estados y ciudades, se une Colombia y República Dominicana (Mora,2014).

Con el fin de crear bienes públicos regionales, según Mora (2014) estos temas están basados en “8 iniciativas, las cuales están bajo la batuta por cada uno de los país de los que hacen parte: iniciativa energética (Guatemala), iniciativa energética (Costa Rica), iniciativa de integración de telecomunicaciones (El Salvador), iniciativa de turismo (Belice), iniciativa de facilitación del intercambio comercial y Competitividad (Honduras), iniciativa de desarrollo humano (México), iniciativa de desarrollo sostenible (Nicaragua), iniciativa de prevención y mitigación de desastres naturales (Panamá)” p.16.

Finalmente, y para concluir con lo que aporta el autor, se describe el **Caso Proyecto Ruta de las Américas**, que también es comúnmente llamado como Transversal de las Américas, en el cual es un proyecto que pretende instaurar una conexión vial entre Colombia y Venezuela, lo que también representa una segunda opción para de alguna manera dar una solución la dificultad del Tapón del Darién en Panamá y así dar por finalizado la ruta Panamericana (Mora,2014).

De acuerdo con Mora (2014) este proyecto se extiende por los departamentos de la zona norte de del país, algunos departamentos son Antioquia, Córdoba, Sucre, Bolívar y Magdalena, al facilitar la unión de esta zona con la troncal de occidente y con la ruta del Sol, la transversal de las Américas, se enlaza en la zona de Urabá con las autopistas de la prosperidad, esto también tendría como fin mejorar la movilidad y acceso entre departamentos esto tendrá un plazo de 7 años para su ejecución.

Por otro lado, se han empleado herramientas innovadoras que mejoran la productividad en relación con el transporte de GNC (Gas Natural Comprimido), se trata de **Laen Manufacturing** que de acuerdo con (Hernández y Vizán, 2013 citado por Tanco 2019, p.10) “es una filosofía de trabajo, basada en las personas, que define la forma de mejora y optimización de un sistema de producción focalizándose en identificar y eliminar todo tipo de “desperdicios”, definidos estos como aquellos procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios”.

Complementando lo anterior, se encuentra un término que es importante para este tema, ya que, en procesos logísticos y operacionales, el transporte de carga existe fallos en la eficiencia y eficacia de la productividad consiste en el término **Muda** que de acuerdo con (Tanco,2019) “básicamente significa “despilfarro”, específicamente toda aquella actividad humana que absorbe recursos, pero no crea valor” p.12. como por ejemplo falla que requieren el doble de tiempo para verificación, pasos innecesarios en los procesos, transporte de mercancía de un lugar a otro sin propósito alguno, en conclusión “proporcionar el bien o servicio incorrecto de forma correcta es muda” (Womack y Jones, 2003 citado por Tanco, 2019, p.13).

Sin embargo, para evitar generar riesgos en relación con la efectividad en la operatividad, a continuación, se describen herramientas que contribuyen a potenciar la eficiencia en relación con el transporte de carga y específicamente de GNC, el autor hace énfasis en 7 estrategias para llegar a ello,

- **Value Stream Map (VSM)** de acuerdo con el autor, “es una representación gráfica, donde se representa mediante símbolos específicos del flujo de materiales y del flujo de información a lo largo de la corriente de valor de una familia de productos dentro de la fábrica, de puerta a puerta, de la recepción de expediciones “(Madariaga, 2018, citado de Tanco, 2019, p.14). dentro de este concepto, se encuentra la corriente de valor que significa, básicamente a un grupo de procedimientos que ayuda transformar la materia prima en un producto final.
- **Las cinco S (5S)** este instrumento corresponde básicamente al principio de orden y limpieza en el lugar de trabajo en los procesos de producción, que corresponde a las iniciales de los acrónimos en japones y que fonéticamente



comienzan por la letra “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que al traducirse al español significan, “eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito” con (Hernández y Vizán, 2013 citado por Tanco 2019, p.14-15).

- **Single Minute Exchange of Die (SMED)** metodología desarrollada por el japonés Shigeo Shingo en el año de 1950, “es un conjunto de técnicas que persiguen la reducción de los tiempos de preparación de la máquina. Esta se logra estudiando detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan tiempos de preparación” (Hernández y Vizán, 2013 citado por Tanco 2019, p.16).
- **Estandarización** “son estándares escritos y gráficos que nos ayudan a comprender las técnicas y técnicas más eficientes y fiables de una fábrica y nos proveen de los conocimientos precisos sobre personas, máquinas, materiales, métodos, mediciones e información con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable, seguro, barato y rápidamente” (Hernández y Vizán, 2013 citado por Tanco 2019, p.17).

Para comprender este concepto (Hernández y Vizán, 2013 citado por Tanco 2019, p.18). manifiestan que una adecuada estandarización debe tener las siguientes características:

- 1) Realizar descripciones sencillas y claras de los mejores métodos para producir cosas.
- 2) Proceder de mejoras hechas con las mejores técnicas y herramientas disponibles en cada caso.
- 3) Que el cumplimiento de estos principios sea garantizado.
- 4) Las características anteriores deben ser tomadas en cuenta para mejoras futuras.

- **Mantenimiento productivo total (TPM)** De acuerdo con (Hernández y Vizán, 2013 citado por Tanco 2019, p.18) “es un conjunto de técnicas orientadas a eliminar las averías a través de la participación y motivación de los empleados, la idea fundamental es que la mejora y la buena conservación de los activos productivos es una tarea de todos desde los directivos hasta los ayudantes de los operarios”.

El objetivo de esta técnica es básicamente aumentar la eficiencia integral de los equipos de producción y mejorar el coste de los equipos en todo su ciclo de vida útil (Madariaga, 2018 citado por Tanco 2019, 2019. p.18).

De acuerdo con (Madariaga, 2018 citado por Tanco 2019) en mantenimiento productivo total se base en 5 principios importantes:

1. Poner en marcha el funcionamiento de un sistema de mejora de OEE (Overall Equipment Effectiveness) que permita la eliminación de las pérdidas.
2. Llevar a cabo un programa de “mantenimiento autónomo” en el cual sea ejecutado por los operarios de producción.
3. Ejecutar un programa de “mantenimiento planificado” en el cual, se pueda prevenir y predecir las posibles averías, esto debe ser realizado por el personal de mantenimiento.
4. Desde el momento de la fase del diseño, establecer un programa de “prevención de mantenimiento” en el cual se minimice o elimine este coste.
5. Formación y formación al personal de producción y mantenimiento, en pro de contribuir con el fortalecimiento de sus capacidades.

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

De acuerdo con (Madariaga, 2018 citado por Tanco 2019, p. 19), “el OEE es el indicador principal del TPM y mide la eficiencia global de los equipos. En este caso, el recurso disponible es el tiempo planificado de un determinado quipo productivo, del cual el TPM quiere conocer y maximizar sus resultados en el tiempo efectivo”. Bajo este concepto, la OEE describe tres tipos de pérdidas:



- 1) Pérdidas de disponibilidad: significa el tiempo perdido por la máquina en daños, esperas, demoras, y cambios de referencia.
 - 2) Pérdidas de rendimiento: es el tiempo perdido en micro paradas y en tiempos lentos.
 - 3) Pérdidas de calidad: hace referencia a el tiempo perdido por la máquina en elaborar piezas defectuosas desde la puesta en marcha de la máquina.
- **Control visual:** es una medida práctica en el cual representa de manera sencilla y visible la situación del sistema de producción con especial cuidado en las irregularidades y desperdicios. “El control visual se focaliza exclusivamente en aquella información de alto valor añadido que ponga en evidencia las pérdidas en el sistema y las posibilidades de mejora” (Tanco, 2019, p.20).
“En este sentido el control visual se convierte en la herramienta Lean que convierte la dirección por especialistas en una dirección simple y transparente con la participación de todos que puede afirmarse que es la única forma con la que Lean Manufacturing “estandariza” la gestión” (Tanco, 2019, p.21).
 - **Jidoka:** “es el nombre que recibe en japonés, el sistema de control autónomo de defectos, basado en que un trabajador puede parar la máquina si algo va mal; ello significa darle la responsabilidad a cada operario para aquello que él realiza en su entorno de trabajo. Con este sistema, cada empleado es un inspector de calidad” (Rajadell y Sánchez, 2010 citado de Tanco, 2019, p. 21).

Seguido a esto, abriéndose caminos a nuevos clientes e industrias, el GNC (Gas Natural Comprimido) se abre paso a el impacto del transporte vehicular propulsado por este componente energético.

Se han evidenciado avances en relación con el uso de GNC para impactar de manera positiva e implementar estrategias e iniciativas en pro a la conservación y cuidado del medio ambiente, los problemas medioambientales han significado una preocupación a tal punto que se han considerado en algunos países y ciudades crisis de salud pública, en el cual tomar las medidas adecuadas son una necesidad.



De acuerdo con (López, 2017) las iniciativas con el objeto de eliminar gases de efecto invernadero se une también el planteamiento de estrategias que reduzcan las partículas de gases de óxidos de azufre y de nitrógeno, para esto la reducción de vehículos que consumen combustible tradicional y la eliminación de las ciudades.

“En este entorno el uso del gas natural se asienta como una alternativa sólida y viable a corto plazo, dadas las ventajas que presenta frente a combustibles derivados del petróleo y la posibilidad de cubrir incluso las necesidades más intensivas, donde el vehículo eléctrico no ve el horizonte rentable” (López, 2017, p.69).

Según López (2017) “en su compromiso con el desarrollo de soluciones que permitan el uso de combustibles alternativos, GASNAM es la única asociación europea multinacional comprometida con el desarrollo de infraestructura y logística de carga para todos los tipos de transporte desde el vehículo ligero urbano hasta el abarco de mayor tonelaje” (p.71)

Sin duda alguna, Europa si uno de los continentes que han hecho grandes avances, al igual que elaboración de estrategias en relación con iniciativa del cuidado del medio de ambiente y así a potenciar el logística, almacenamiento y transporte de carga.

En España, las estaciones suministran de gas natural comprimido por medio de gas de red. De acuerdo con López (2017) “tras el filtrado y la regulación de presión y medida del caudal en la estación de regulación de presión y medida de caudal en la estación de regulación y medida (ERM) de entrada se procede a la compresión del gas hasta una presión de 250 bar para su almacenaje en racks de botellas y el posterior suministro desde los surtidores en el momento de la carga. El almacenamiento en botellas permite disminuir el número de arranques del compresor, su consumo eléctrico y prolongar su vida útil” (p.71).

De acuerdo con el autor, existen diversidad de estaciones de acuerdo con las características y a la ubicación disponible, así pues, se trata de módulos de compresión, almacenamiento, y surtidores compactos que instauran en la línea de carga pasando por módulos de almacenamiento de mayor capacidad, logrando así dar solución a las demandas dando así servicio a los diferentes vehículos de transporte de carga. López, (2017).



Pese a que en Latinoamérica existen estaciones de gas natural comprimido, en España se cuenta con 51 estaciones públicas de gas natural, con 10 más en Portugal, en el cual una persona o vehículo puede abastecer sus vehículos, de igual forma se proyecta a corto plazo la construcción de 20 estaciones más de GNC. López, (2017).

Los grandes desafíos que enfrenta el gas natural vehicular terrestre, es la baja afluencia vehicular para adquirir el producto, el limitado número de modelos, los costos elevados iniciales, y a su vez el desarrollo de las redes de ventas y postventas, con el fin de competir con las marcas que trabajan con los derivados del petróleo (López, 2017).

Es importante resaltar que GNV es una opción beneficiosa para los usuarios, que permite contribuir con el mejoramiento a los problemas medioambientales y de contaminación del aire, ya que el consumo de este combustible reduce las emisiones de partículas contaminantes y mejora la calidad del aire, además de que es una nueva tecnología puede llegar a ser “el nuevo combustible profesional” optimizando la competitividad en el campo del transporte, para que esto siga avanzando es de gran importancia que desde los entes institucionales se apoye en el desarrollo de infraestructura para el transporte y suministro de la carga (López, 2017).

(López, 2017) “El GNV en un combustible seguro y fiable, hay una tecnología totalmente desarrollada y en continua evolución que aportara mejoras y una ampliación de oferta de productos; en definitiva con el compromiso de las empresas y administraciones el gas natural puede contribuir, también en el ámbito del transporte, a la diversificación energética y mejora medio ambiental que sin duda impulsara las exportaciones, crecimiento, de nuestras empresas y por tanto el desarrollo económico del país” (p.77).

Sattai y Roshandel (2007) destacan que existen dos problemáticas importantes relacionadas con el combustible derivado de los fósiles, como primera medida, las reservas de este componente están reduciéndose considerablemente al igual que el petróleo y como segunda instancia es preocupante el deterioro que se ha evidenciado con relación a la calidad del aire, esto ha hecho que se tomen medidas ya que afecta la salud pública, lo que ha hecho que se hagan regulaciones más estrictas. Para ello estos factores han hecho que científicos se interesen aún más por este tema y creen estrategias al tiempo de desarrollar tecnologías que sean amables con el medio ambiente y así mismo crear alternativa de combustibles más limpios que los que ya se conocen actualmente.



Un dato importante que señala Sattai y Roshandel (2007) sería que “la reserva natural de gas natural para el primero de enero de 2005 fue de 179,83 billones de metros cúbicos y sobre las bases de consumo actuales, el gas recuperable total estimado, incluyendo las reservas estas son adecuadas para casi 66,7 años” (p.127).

A continuación, Sattai y Roshandel (2007) resaltan algunas ventajas que tiene el GNC en comparación con el combustible convencional, en el que afirman que el gas (GNC) resalta por ser el más favorable por:

- 1) El GNC es el combustible más económico disponible desde 30 a 60% más económico en comparación a un galón de gasolina.
- 2) Existe gran cantidad de GNC; se calculan que las reservas que yacen en Irán equivalen a 26,74 billones de metros cúbicos, el cual existe gran capacidad para suministros en el futuro.
- 3) El GNC es amigable con el medio ambiente, emana en menor proporción partículas de monóxido de carbono al igual que emisiones de hidrocarburos, por ende, menos lluvia ácida y smog en el ambiente, lo que reduce las probabilidades de que se produzca cáncer, así mismo, otra de las grandes ventajas del uso de GNC consiste en que reduce los efectos de efecto invernadero y la contaminación de la capa de ozono a nivel de ozono, esto es de gran importancia para las grandes ciudades, ya que el 60% de la contaminación del aire es debido a las emisiones de humos y gases emitidos por la gasolina y el Diesel.
- 4) El GNC es un combustible más seguro, a diferencia de otros combustibles como la gasolina o el Diesel, ya que, se propaga rápidamente y es menos pesado que el aire, por ende, menos tiene menores probabilidades a encenderse y a explotar.

Los autores, Sattai y Roshandel (2007), manifiestan que “el gas natural es muy adecuado para ya que ofrece energía más limpia” (p.134). El GNC es transportado por los oleoductos, en este método, el Gas natural se comprime y se llena en cascadas, posteriormente son montados en camiones que reciben en el nombre de módulos, en si hay una planta principal, esta se distribuye a unidades más pequeñas que son denominadas como (hijas) y luego son transportadas en los vehículos para ser distribuidas a los diferentes destinos con el objetivo de proveer de energía a (vehículos, calefactores de industrias y residencias etc.).



De acuerdo con Sattai y Roshandel (2007) existen una serie de ventajas del sistema de transporte GNC (madre -hija), son las siguientes:

- 1) Proporcional el suministro temporal de GNC a oleoductos programados y no programados.
- 2) Los clientes de servicio no conectados a los sistemas de distribución.
- 3) Ofrecer un servicio de distribución de emergencia en un evento de asalto de línea (p.134).

Osorio-tejada, Llera y Scarpellini (2015) manifiestan que existen muchas ventajas al momento de utilizar GN, ya que este combustible reduce emisiones de partículas nocivas, por ello se hace necesario optar por el consumo de otras alternativas menos contaminantes y más rentables, ya que, en la actualidad, el consumo de energía en el sector del transporte mundial depende 92,8% de combustibles derivados del petróleo. Después de la crisis del petróleo en 1973 han intensificado la búsqueda de combustibles más limpios para el sector del transporte, como el hidrogeno, biocombustibles, electricidad y gas natural, combustibles sintéticos a partir del carbón, entre otros. (p, 235-237).

El uso del gas natural inicio en Italia en el año de 1930, luego su uso fue creciendo de manera importante por todo el mundo, el uso de gas natural en vehículos para el año 1980 ha aumentado considerablemente especialmente en América Latina y en Asia, ya que la razón primordial ha sido el ahorro de costos como consecuencia del uso del gas natural, algunos países nombrados anteriormente alrededor del 20% de toda la flota trabaja con gas natural, sin embargo cabe resaltar que Italia siendo el país precursor del uso de GN EN vehículos solo comparte el 1,1 de toda la flota registrada. Osorio-tejada, Llera y Scarpellini (2015).

De acuerdo con Chen et al. (2009) citado de Osorio-tejada, Llera y Scarpellini (2015). Argumentan que la principal dificultad de los vehículos a GNC es que la capacidad de almacenamiento de energía es limitada y es de aproximadamente 150 km, del cual se necesitara de una estación de reabastecimiento de combustible cada 100 km, lo que sería complejo, ya que en Europa se evidencia baja demanda de vehículos de GN. Sin embargo, a esta dificultad, el uso de GNC se impone como alternativa de solución rentable para el transporte de mercancías y que daría una solución a esta dificultad en un mediano plazo.



Osorio-tejada, Llera y Scarpellini (2015) a finales del 2014, Europa solo contaba con 43 estaciones de GN, de las cuales, el 90% estaban concentrados en España, Países Bajos, Reino Unido y Suecia, uno de los factores que explican el lento crecimiento de del uso de GN en los vehículos pesados, son la falta de estaciones de reabastecimiento del combustible (p. 240).

Osorio-tejada, Llera y Scarpellini (2015) Desde las instancias gubernamentales, se deben crear iniciativas que promuevan el uso del gas natural en los en el transporte vehicular, ya que su uso ofrece minimizar la contaminación del aire, la disponibilidad de recursos al igual que infraestructuras y tuberías de distribución de este y reducción en la dependencia del petróleo (p.238).

Finalmente, desde diferentes puntos de vista, invertir en todo el proceso relacionado con el transporte de carga, distribución, infraestructura del GNC, es un alternativa rentable y sostenible tanto para las empresas, como para la población que se beneficia de este combustible, El hecho de trasportar gas natural y ser distribuido a poblaciones donde el uso de este es de difícil acceso, se convierte en una alternativa de solución en relación a contribuir con la calidad de vida de las personas, una vez realizada la revisión de las diferentes fuentes, se desarrolla el presente estudio, buscando implementar la gestión de flota acorde a las necesidades territoriales.

5.1 Marco normativo

De acuerdo con la constitución política de Colombia de 1991, en el artículo 24 se describe el acceso libre al transporte, dispone que “todo colombiano, con las limitaciones que establezca la ley, tiene derecho a circular libremente por el territorio el territorio nacional, a entrar y a salir de él, y a permanecer y residenciarse en Colombia”, también dentro de las leyes que amparan y regulan el transporte se encuentra la ley 105 de 1993 ley general del transporte, artículo 3, principio 6 de la libertad de la empresa: dispone que “el transporte de carga será prestado por personas naturales debidamente autorizadas por las autoridades y el Gobierno Nacional regulara su funcionamiento” a su vez en el mismo principio establece que “el transporte de carga se lleve a cabo bajo condiciones de seguridad y eficiencia”.

Continuando con lo anterior, según como lo demanda la normativa actual de la ley 105 de 1993, capítulo 5 en el cual se establecen los perímetros del transporte y tránsito por



carretera en el territorio colombiano, considerando “el perímetro del transporte comprende el territorio de la nación, el servicio nacional está constituido por el conjunto de las rutas cuyo origen y destino estén localizadas en diferentes departamentos dentro del perímetro nacional” de igual en equivalencia a lo anterior, “el perímetro del transporte departamental comprende el territorio del departamento” finalmente acompañando a lo anterior nombrado en capítulo 5, se establece que “el perímetro de transporte distrital y municipal comprende las áreas urbanas, suburbanas y rurales y los distritos territoriales indígenas de la respectiva jurisdicción.”

Decreto 173 de 5 febrero de 2001 el cual “reglamenta el servicio público de transporte terrestre automotor de carga, y tiene como objetivo y principio la reglamentación de las empresas de transporte público terrestre automotor de carga y la prestación de un servicio eficiente, seguro y oportuno bajo los criterios de libre competencia y de iniciativa privada, a las cuales solamente se aplicarán las restricciones establecidas por la ley y los convenios internacionales”.

En el cual se dispone en el artículo 17 que “en obligatoriedad, de conformidad con el artículo 994 del código de comercio, las empresas de transporte público terrestre automotor de carga deberá tomar por cuenta propio o del propietario de la carga, un seguro que cubra a las cosas transportadas contra los riesgos inherentes al transporte, a través de una compañía de seguros autorizada para operar en Colombia, una vez el gobierno nacional establezca los requisitos, condiciones amparos y cuantías, estos serán obligatorios para la habilitación y la prestación del servicio” de igual forma en el artículo 20 se establece que “las empresas habilitadas para la prestación del servicio público de transporte terrestre automotor de carga solo podrán hacerlo con equipos registrados para dicho servicio”.

Dentro de la normativa legal relacionada al transporte de carga, en Colombia se emplean el Decreto 1079 de 2015 decreto único reglamentario del sector transporte en el capítulo 1, Servicio Público de transporte terrestre automotor colectivo metropolitano, distrital y municipal de pasajeros, sección 4, artículo 2.2.2.2.4.1 apartado de pólizas, el refiere que “se deberá tomar una compañía de seguros autorizada para operar en Colombia, las pólizas de seguros civil contractual y extracontractual que las ampare de los riesgos inherentes a la actividad transportadora.”



“La póliza de responsabilidad civil cubrirá los siguientes riesgos: muerte, incapacidad permanente; incapacidad temporal; gastos médicos, quirúrgicos, farmacéuticos y hospitalarios; La póliza de responsabilidad civil extracontractual que deberá cubrir al menos al menos los siguientes riesgos: muerte o lesiones a una persona; daños a bienes a terceros, muerte o lesiones a dos o más personas”.

De igual forma dentro de la misma resolución dice que cada riesgo que se asegure no podrá ser inferior a 60 SMMLV por persona para ambos tipos de póliza.

Otro de los documento importantes que se manejan en la normatividad legal para el transporte de mercancías es la NTC (Norma técnica Colombiana) 2880 primera actualización, Transporte mercancías peligrosas clase 2 condiciones de transporte terrestre, en el cual esta norma dispone los requisitos que se deben cumplir para el transporte y manejo terrestre de elementos que contengan mercancías peligrosas de la clase 2 tales como: gases comprimidos, gases licuados (a excepción de GLP), gases disueltos bajo presión y líquidos criogénicos.

De igual forma dentro de la misma norma técnica se especifican el manejo adecuado de dichas sustancias relacionado a las especificaciones del cilindro, especificaciones del vehículo para el transporte del cilindro, manejo en el cargue y descargue del cilindro, a continuación, se enumeran en orden como lo dispone la NTC 2880 que se encuentra en los apartados 6, 6.1, 6.2, 6.3.

De acuerdo con la resolución 744 del 4 de marzo del 2009, a continuación se describen de manera detallada se clasifican las carreteras según su funcionalidad y tipo de terreno.

De acuerdo con su funcionalidad se encuentran: a) vías primarias: son aquellas trocales, transversales y accesos a capitales de departamento que cumplan con la función básica de producción y consumo del país y de este con los demás países, estas deben funcionar pavimentadas b) vías secundarias: unen cabeceras municipales entre si y/o que provienen de una cabecera principal y conectan con una carretera primaria c) las terciarias: que son vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas, estas deben funcionar en afirmado, en caso de que estas sean pavimentadas, deberán cumplir con los condiciones estipuladas para las vías secundarias. De acuerdo con el tipo de terreno se encuentran:



a) terreno plano: este tipo de carreteras permite a los vehículos pesados mantener índices cercanos a la velocidad que mantienen los vehículos livianos, tiene pendientes transversales al eje de vía de 5 grados, tiene pendientes longitudinales menores de 3% b) terreno ondulado: se caracteriza por tener pendientes transversales al eje de la vía entre 6-13 grados, sus pendientes longitudinales oscilan entre 3- 6%, este tipo de carreteras obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades de manera significativa por debajo de las velocidades de los vehículos livianos, sin que ello lleve a operar a velocidades sostenidas en rampa por tiempo prolongado.

también se encuentran algunas especificaciones en la norma como las que se describen a continuación: c) terreno montañoso: se caracteriza por tener pendientes transversales al eje de la vía entre 13-40 grados, sus pendientes longitudinales oscilan entre 6- 8%, obliga a los vehículos a operar a velocidades sostenidas en rampa durante distancias considerables y en diferentes oportunidades d) terreno escarpado: se identifica por tener pendientes transversales al eje de la superiores a 40 grados, exigen máximo movimiento de tierras usualmente están definidas por divisorias de agua, sus pendientes longitudinales son superiores al 8%, obliga a los vehículos pesados a operar en terreno montañoso para distancias significativas y en oportunidades frecuentes.

Dentro de la normatividad para el transporte de carga terrestre se encuentra NTC (Norma técnica colombiana) 4788 tipología para vehículos de transporte de carga terrestre.

En nuestro país, para que un vehículo, sobre todo de carga, transite tranquilamente por las carreteras del país, debe cumplir con ciertas reglas que exige el Ministerio de Transporte y que se encuentran registradas en la resolución 4100 del 28 de diciembre de 2004, para efectos de su correcta aplicación, se apoya en las definiciones que fueron consignadas en el numeral 2 de la Norma Técnica Colombiana NTC 4788, documento elaborado por el Comité Técnico del Ministerio de Transporte, en asociación con el Organismo Nacional de Normalización Icontec, por medio del cual se especifica la tipología para los vehículos de transporte de carga por carretera, cubriendo aspectos como los máximos pesos brutos, así como los requisitos relacionados con dimensiones y máximos pesos por eje, con el fin de que estos vehículos puedan realizar su operación normalmente por la red de carreteras del país.

A continuación, se especifican las dimensiones del vehículo de transporte, se sede tener en cuenta y tal y como lo indica la normatividad aquí citada que las dimensiones den

relación a la altura máxima se verifica con el vehículo descargado y en relación con la longitud máxima del remolque no se incluirá la barra de tiro, en la siguiente figura se especifican las designación y dimensiones para el vehículo de transporte de la carga.

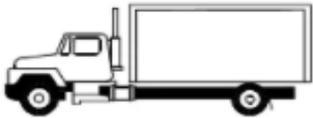
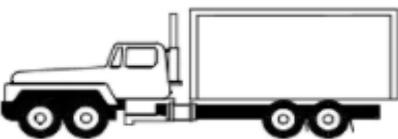
Figura 4. Dimensiones del vehículo.

Designación	Dimensiones		
	Ancho máximo, m	Altura máxima, m	Longitud máxima, m
2	2,60	4,10	12
3,4	2,60	4,10	12,20
2S1, 2S2, 2S3, 3S1, 3S2, 3S3, 2R2, 3R2, 4R2, 2R3, 3R3, 4R3, 4R4, 2B1, 2B2, 2B3, 3B1, 3B2, 3B3, 4B1, 4B2, 4B3	2,60	4,10	18,50
Remolque (R) y remolque balanceado (B)	2,60	4,10	10,00
Semirremolque (S)	2,60	4,10	13,00

Fuente: Norma Técnica Colombiana 4788.

Otro aspecto a resaltar dentro del transporte de carga terrestre es la designación y clasificación del vehículo, para el cumplimiento con la normatividad, los vehículos de carga se destinan de acuerdo con las disposiciones de los ejes, ello se dispone en los apartados 3.1.1, 3.1.2, 3.1.1, en donde se especifica: con el primer dígito se especifica el número de ejes del camión o tractocamión, la letra "S" hace referencia a semirremolque y el dígito inmediato indica el número de ejes, la letra "R" significa remolque y el dígito indica número de ejes, a continuación en la siguiente figura se representa lo designado por la NTC 4788.

Figura 5. Configuración de los vehículos de carga de acuerdo con la disposición de sus ejes.

Designación	Esquema del vehículo
2	
3	
4	
2S1	
2S2	
2S3	
3S1	
3S2	
3S3	

Fuente: Norma Técnica Colombiana 4788.

Seguindo con las especificaciones que designa la normativa NTC 4788, a continuación, se describen, el peso bruto vehicular (PBV) ello debe ser establecido de acuerdo como se especifica en la siguiente figura.

Figura 6. Configuración de los vehículos de carga de acuerdo con la disposición de sus ejes.

Vehículos	Designación	Máximo PBV, kg
Camiones	2	16 000
	3	25 000
	4	31 000 (1)
	4	30 000 (2)
	4	32 000 (3)
Tracto-camión con semirremolque	2S1	27 000
	2S2	35 500
	2S3	40 500
	3 S1	35 500
	3 S2	44 000
Camiones con remolque	3S3	48 000
	2R2	39 000
	2R3	47 000
	3R2	47 000
	3 R3	48 000
	4R2	48 000
Camiones con remolque balanceado	4R3	48 000
	4R4	48 000
	2B1	25 000
	2B2	32 000
	2B3	32 000
	3B1	33 000
	3B2	40 000
	3B3	48 000
B1	8 000	
B2	15 000	
B3	15 000	

Fuente: Norma Técnica Colombiana 4788

6 Metodología

A continuación, se describirá a detalle la metodología que se llevará a cabo para realizar un diseño confiable y acorde a las necesidades tanto como para ‘Gases del Futuro’, como para la demanda generada por sus clientes.

La principal actividad de la empresa se justifica por la necesidad de abastecimiento de gas natural en diferentes partes del territorio donde no se cuenta con el Gasoducto nacional que da cobertura a la población en general. Según esto el transporte de gas natural comprimido viene cobrando fuerza, especialmente en aquellos sectores donde el acceso es complejo por condiciones de terreno, y/o clima.

En primer lugar, se realizará la descripción del proyecto en donde se detalle el modelo de distribución que debe realizar la compañía en su operación. Posteriormente, se nombrarán los principales activos y/o componentes del sistema que se requieren para ejecutar la operación del modelo de distribución.

Teniendo en cuenta el modelo de distribución y sus respectivos componentes, se detallará el estado actual en el cual se observe cuáles son los puntos origen – destino, la ruta utilizada de operación de la empresa, y material móvil. A partir del estado actual, se diseñará el modelo de distribución óptimo para la gestión de flotas utilizadas, así como la demanda logística que se requiere para tal fin. Finalmente se detallará el coste asociado a la propuesta y se evaluará la viabilidad del sistema.

6.1 Descripción del proyecto

Gases del futuro es una empresa con presencia en el Departamento de Arauca, con el principal objetivo de realizar la distribución(venta) de Gas Natural comprimido a los diferentes clientes (actuales y potenciales). Según lo anterior se concibe necesario reconocer cuales son las actividades que generan puntos de generación de viajes de distribución para la compañía.

Actualmente, Gases del futuro realiza una operación simplificada de distribución, en donde se encuentran tercerizados la mayoría de los servicios de distribución tales como la operación de la flota, y actividades de transporte derivadas del mismo. El objetivo principal de Crecimiento de la compañía viene respaldado por un incremento de la flota de operación, y de los contratos de distribución ya establecidos.

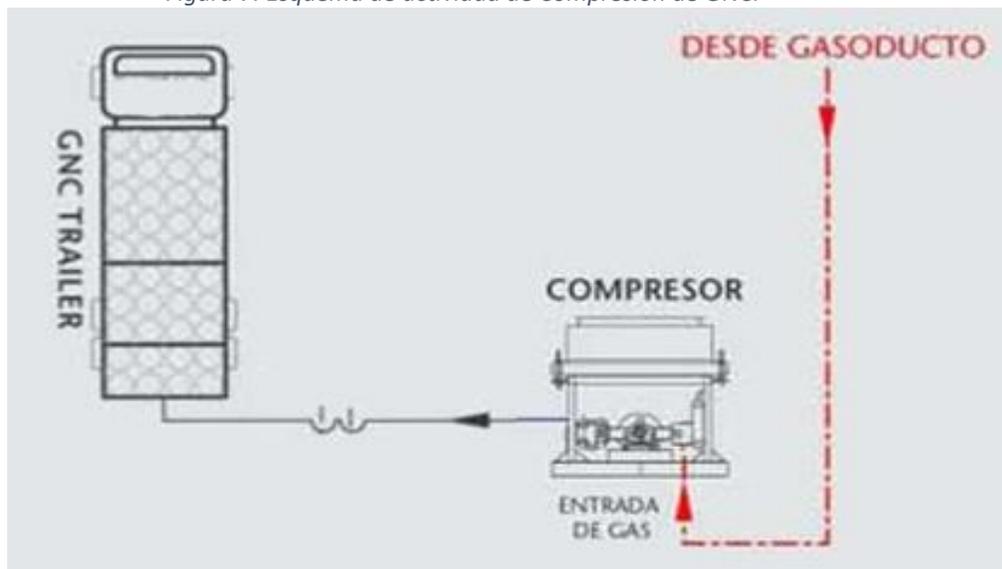
6.1.1 Modelo de Distribución

Si bien es importante contar con los contratos de suministro que permiten ejercer las actividades de distribución, es necesario tener en cuenta las características exógenas que permiten que dicha actividad pueda realizarse. Algunas de las características importantes a tener en cuenta son:

- I. Características geométricas de la carretera.
- II. Nivel de servicio de las carreteras.
- III. Horarios de cargue y Descargue en los municipios de operación.
- IV. Personal de Conducción capacitado para el tipo de vehículo.

En primer lugar, y describiendo a nivel de operación las principales actividades, se establecerán procesos generales vitales para tener en cuenta en el diseño de la operación del sistema de distribución de la compañía. Inicialmente, el distribuidor debe contar con dos de los componentes que permiten el llenado del módulo los cuales son, en primer lugar, el Gasoducto, quien principalmente transporta desde el punto de extracción al punto de compresión el gas natural. Luego, ya en el punto de compresión, el compresor eleva la presión del gas considerablemente hasta tener la presión suficiente para poder ser comprimido en el módulo de almacenamiento y transporte. En la Figura 7 se observa cómo se realiza el proceso de compresión del tráiler desde el punto de generación de gas (Gasoducto).

Figura 7. Esquema de actividad de Compresión de GNC.



Fuente: registro fotográfico de Gases del Futuro.

Luego de realizar la compresión del módulo y realizar el transporte hasta su destino, se realiza el proceso de descargue de este en donde se conecta el módulo a la canastilla de almacenamiento. Es importante resaltar que en este punto no se cuenta con punto de descompresión, sino simplemente se realiza el proceso de descargue por transferencia. Finalmente, también se debe tener en cuenta el sistema de medición implementado, por lo que aun así el cliente y proveedor posean sistemas de medición, Gases del futuro cuenta con medidores de alta demanda que permiten la medición del Gas comprado y vendido con exactitud.

6.2 Equipos necesarios para operación

Con el fin de realizar las actividades de comercialización de gas natural comprimido, es primordial conocer cuáles son los componentes que conforman la estructura de transporte del insumo en mención. Según lo anterior se detalla a continuación cada uno de los elementos esenciales para realizar las actividades de distribución de Gas Natural Comprimido.

6.2.1 Punto de compresión

Como se describe en la metodología del presente documento, el punto de compresión se encuentra ubicado en el punto final del gasoducto troncal de la red del proveedor. La principal función del punto de compresión es realizar el cargue del tráiler con gas natural a presiones importantes (alrededor de 200 a 250 bares de presión) con el fin de que el mismo tenga la presión suficiente para llenar las canastillas de sus clientes por transferencia de presiones.

Figura 8. Punto de Compresión y entrega de GNC.



Fuente: registro fotográfico de Gases del Futuro.

Una vez comprimido el módulo, este se dirigirá a los municipios de operación de los clientes para realizar el proceso de descargue, como se describe en la metodología del presente estudio.



6.2.2 Vehículo articulado

Es imprescindible para la operación de la compañía contar con vehículos que sean capaces de transportar de manera segura y eficaz el módulo de almacenamiento. En Colombia la entidad reguladora del tránsito de vehículos de carga es el Ministerio de Transporte, en donde exige reglas mínimas estipuladas en la resolución 4100 del 28 de diciembre de 2004 que se apoya en la Norma técnica Colombiana NTC 4788, la cual especifica la tipología de vehículos de carga que pueden transitar por el territorio colombiano. La tipología descrita en la NTC 4788 define el peso máximo tanto del vehículo como de la capacidad de carga por eje permitido. La NTC 4788 clasifica los vehículos convencionales de los vehículos para el transporte de carga extra dimensionada y/o extrapesada, así como su sistema de propulsión, diferenciando principalmente los remolques de los vehículos.

Según lo anterior, y debido a las características del tráiler descritas en la metodología del presente estudio y la Norma Técnica Colombiana, las características y tipología de vehículo para la operación de la compañía es la siguiente:

- I. Tractocamión de tres ejes (C3).
- II. Semi Remolque con eje Tándem de tres ejes (S3).
- III. Ancho máximo: 2.60 metros.
- IV. Altura máxima: 4.10 metros.
- V. Longitud máxima: 18.50 metros.
- VI. Peso bruto vehicular: 48.000 kilogramos.

Finalmente, con las características anteriores la compañía selecciona el siguiente tractocamión. Cabe aclarar que la marca del vehículo se escoge por razones de confiabilidad en cuanto a experiencias anteriores de la compañía:

- Marca: Kenworth T800
- Cilindraje: 14.900 cm³
- Combustible: Diesel
- Potencia: 400 caballos de potencia.

Figura 9. Vehículo para la operación de Gases del futuro.



Fuente: registro fotográfico de Gases del Futuro.

6.2.3 Remolque – Módulo de Almacenamiento

Uno de los principales activos con los que debe contar la compañía para realizar una adecuada operación de la flota corresponde al módulo de almacenamiento de transporte. La principal función que cumple el módulo es transportar el gas natural comprimido a grandes presiones hasta el punto de descargue donde se ubica la canastilla de almacenamiento, y donde realiza el trasvase por transferencia de presiones a la misma.

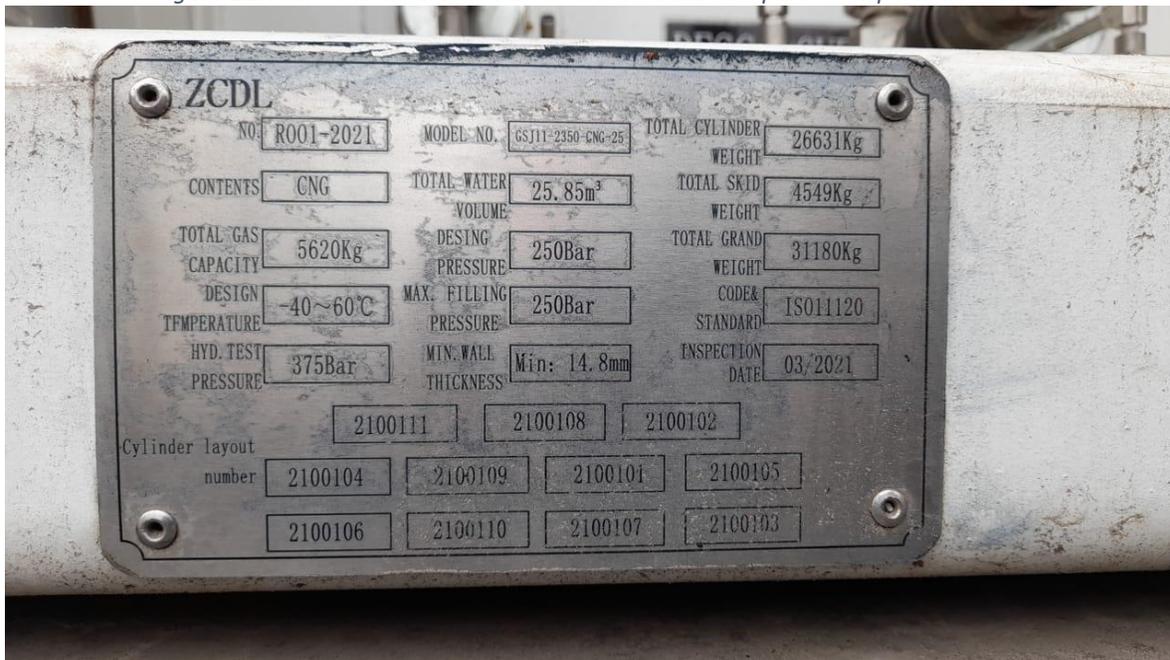
Figura 10. Módulo de almacenamiento para Transporte de GNC.



Fuente: registro fotográfico de Gases del Futuro.

Como se explica a detalle en la metodología, el módulo permitirá realizar el transporte de gas Natural Comprimido de manera segura y confiable. Es importante tener en cuenta a la hora de gestionar la flota de transporte la carga transportada. Según la ficha técnica del módulo de transporte, el peso bruto de los cilindros que componen el mismo es de aproximadamente 26,63 Toneladas, y un peso bruto del remolque de aproximadamente 5,55 Toneladas, para un total de 32,180 Toneladas. Cuando el módulo lleva la carga máxima de Gas natural, será importante tener en cuenta el peso total del módulo, según la ficha técnica el peso máximo de Gas Natural Transportado es de 5,62 Toneladas. Finalmente, el peso máximo del módulo con la capacidad máxima de gas Natural transportada es de 37,8 Toneladas.

Figura 11. Ficha técnica del Módulo de almacenamiento para Transporte de GNC.



Fuente: registro fotográfico de Gases del Futuro.

6.2.4 Canastilla de almacenamiento

El punto de entrega del módulo finaliza en cada municipio de operación de los clientes, en donde el gas es transferido a las canastillas de almacenamiento para su posterior uso. Es importante tener en cuenta la capacidad de almacenamiento de las canastillas con el fin de planear de manera acertada la periodicidad de los descargues, y la frecuencia de este. Las canastillas tienen una capacidad de almacenamiento de 6.000 m³, por lo que será necesario dejar en conexión directa el módulo al sistema con el fin de realizar la

transferencia en su totalidad. Lo anterior es importante teniendo en cuenta el tiempo que debe estar el módulo conectado al sistema, aumentando así el tiempo de viaje del mismo.

Figura 12. Canastillas de almacenamiento de GNC.



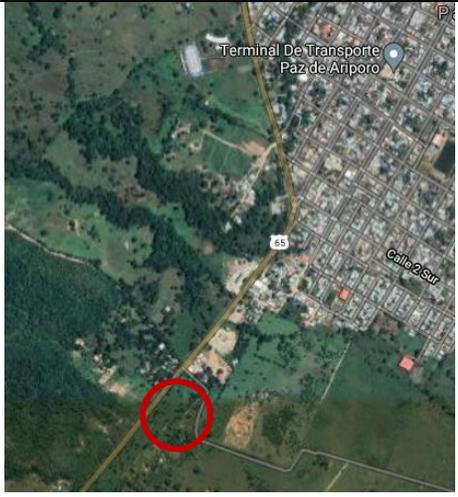
Fuente: registro fotográfico de Gases del Futuro.

6.3 Estado actual

La Empresa Gases del Futuro opera estratégicamente desde el municipio de Tame, lugar en donde actualmente sostiene un contrato de distribución para la empresa Keops y asociados S.A.S E.S.P. en el cual se realiza el transporte y abastecimiento de Gas Natural Comprimido para el municipio en mención. El punto de abastecimiento de Gases del Futuro se realiza en el municipio de Paz de Ariporo, ubicado a aproximadamente 99 kilómetros del municipio de Tame. El servicio que presta Gases del futuro actualmente terceriza el transporte a un operador que maneja la operación con un tractocamión y un conductor, lo anterior debido a las facilidades de desplazamiento y la corta distancia que existe entre el punto de generación y el punto de atracción.

Gases del futuro actualmente cuenta con una ruta de distribución que cumple con los requerimientos del cliente y permite una rentabilidad que garantiza la permanencia del servicio prestado. el punto de origen o generador de viajes se encuentra ubicado dentro del municipio de Paz de Ariporo, en el departamento de Casanare.

Tabla 1. Puntos de Atracción y Generación de viajes de Distribución Actual de Gas natural comprimido.

Punto de Origen	Descripción	Norte	Este	Localización
Paz de Ariporo – Enerca S.A E.S.P.	Punto ubicado en la estación de servicio “Móvil” en el municipio de Paz de Ariporo, Departamento de Casanare	5.18047	-72.55478	

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps.

Figura 13. Punto de Compresión de GNC en Paz de Ariporo, Casanare.



Fuente: Google Street View.

Asimismo, el punto atractor de viajes para la ruta en mención se ubica dentro del municipio de Tame, exactamente en el barrio ‘juvenil araucano’ como se observa en la Tabla 2, donde se encuentran las canastillas de almacenamiento del cliente, y las respectivas adecuaciones en el terreno que permiten la maniobrabilidad del tractocamión.

Tabla 2. Puntos de Atracción y Generación de viajes de Distribución Actual de Gas natural comprimido.

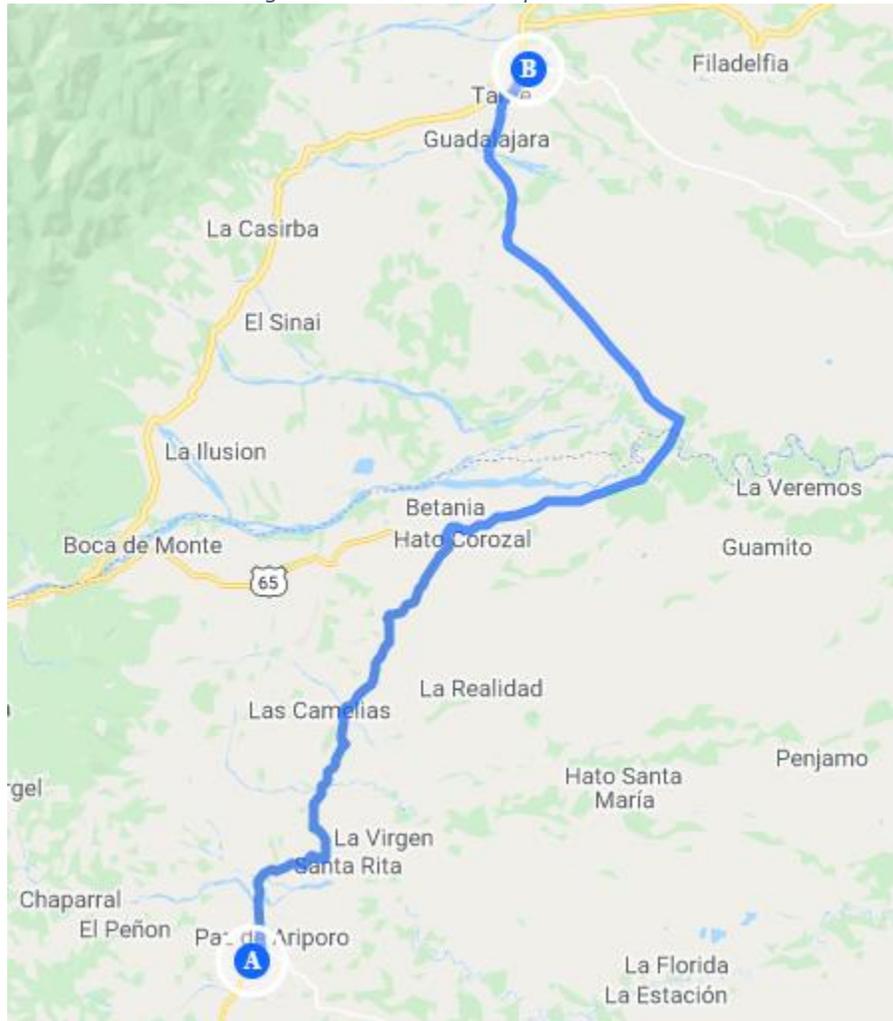
Punto de Destino	Descripción	Norte	Este	Localización
Municipio de Tame – Planta descompresora empresa Keops y asociados	Punto ubicado en el barrio Juvenil araucano, en el municipio de Tame, Departamento de Arauca	6.472068	- 71.72045	

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps.

La ruta Paz de Ariporo – Tame que permite la distribución de GNC se realiza sobre vía nacional de primer orden⁵ que cuenta con una longitud aproximada de 99 kilómetros. las condiciones técnicas de la vía permiten el tránsito de tractocamiones y no existen restricciones de horarios que restrinjan de algún modo la operación. Debido a la corta distancia del recorrido, no existen peajes o puntos de pesaje de tractocamiones que incrementen el costo de la operación, lo cual en términos económicos resulta ser un aspecto positivo en la operación logística, como se observa en la Figura 14

⁵ Manual para el diseño geométrico de carreteras; clasificación de vías según su competencia; ministerio de transporte; 2008

Figura 14. Ruta Paz de Ariporo – Tame.



Fuente: Elaboración propia a partir de Google My Maps.

El número de viajes transportados para Keops S.A.S E.S.P en el mes dependen de la capacidad en metros cúbicos con la que se cuenta en el módulo de transporte y la demanda del municipio con la que consume el gas dispuesto en la canastilla de almacenamiento, medida también en metros cúbicos. Para el municipio de Tame se cuentan con dos canastillas que suman un total de 12.000 m³, de los cuales sirven de reserva 6.000 m³ correspondientes a la canastilla dos.

Es importante resaltar que, según la demanda de venta de Gas de Keops, cada dos días se debe realizar un viaje Tame – paz de Ariporo - Tame para dejar el módulo de almacenamiento en el sitio de compresión en Paz de Ariporo. Dicho módulo (aún enganchado al tractocamión), pasa la noche realizando el proceso de cargue de cada cilindro por el operario de la estación de servicio hasta las 7:00 horas del día siguiente en

donde se entrega para su respectivo transporte. El conductor designado se desplaza hasta el lugar del cargue, recibe el vehículo y se dirige nuevamente al municipio de Tame donde se disponen las canastillas de almacenamiento.

Finalmente, el módulo de almacenamiento llega al punto de descargue luego de tres horas de recorrido, donde se desengancha el módulo del tractocamión y se procede al descargue. Existen dos actividades que se deben tener en cuenta para el cálculo de intervalos y frecuencias de la ruta, el primero, que corresponde al llenado de las canastillas en donde se realiza por transferencia de presiones. Al llenarse las dos canastillas por diferencial de presiones existe un remanente de gas natural en el módulo de transporte que no puede ser transferido a las canastillas al tener menor presión que la misma, es entonces donde se realiza la segunda actividad del cargue que consiste en conectar el módulo de almacenamiento a la red de abastecimiento del cliente, en donde se vacía en su totalidad.

Figura 15. Proceso de descargue del módulo de almacenamiento.



Fuente: Registro fotográfico de 'Gases del Futuro'.

Según lo anterior, el proceso de descargue del módulo tarda aproximadamente 36 horas (un día y medio) para que vuelva a realizar el cargue a Paz de Ariporo, es decir, que se realiza un viaje cada dos días para cumplir con la operación del cliente. la **frecuencia** para la operación actual en este caso es de **1 vehículo/mes** y el **intervalo** es de **2 días**,

para un total de 15 viajes/mes en los meses de 30 días, 16 viajes/mes para los meses de 31 días con un viaje compartido con el mes siguiente, y de 14 viajes/mes para los meses de 28 días (cada año bisiesto tendríamos 15 viajes/mes con viaje compartido en el mes siguiente).

6.3.1 Flota actual

Para la ruta contratada la empresa Gases del Futuro dispone de diferentes equipos tanto propios como del cliente que permiten hacer la gestión de la operación de manera eficaz y eficiente. A continuación, se describen los equipos con los que ‘Gases Puntos del futuro’ realiza la operación.

Tabla 3. Flota y equipos usados en la operación actual de Gases del Futuro.

Ítem	Descripción	Cantidad
	<p>Un punto de compresión ubicado en el municipio de Paz de Ariporo. El lugar de compresión cuenta con un área de maniobra, conexión flexible del remolque al compresor y un medidor dispuesto por ‘Gases del Futuro’ para conocer la cantidad de metros cargados al módulo de transporte.</p>	1
	<p>Un tractocamión dedicado al transporte de Gas Natural Comprimido con un conductor. Debido a que al cargue se realiza en horarios nocturnos y la corta distancia del trayecto, se dispone de un conductor que transporta el tractocamión hasta el sitio de compresión y vuelve al municipio de Tame. Al día siguiente el conductor regresa en transporte público al sitio de compresión para recoger el tractocamión cargado y realizar el trayecto Paz de Ariporo – Tame.</p>	1

	<p>Un módulo de transporte que permite transportar el Gas natural Comprimido a Alta presión desde el municipio de Paz de Ariporo, hasta las canastillas de almacenamiento del cliente en el municipio de Tame, como se describe anteriormente.</p>	<p>1</p>
	<p>Un Punto de almacenamiento por parte del cliente que permite la compresión del gas natural desde el módulo de transporte. El cliente dispone de dos canastillas que guardan hasta 12.00 metros cúbicos de gas natural, con el fin de tener una reserva en casos de emergencia y/o contingencia. Desde las canastillas de almacenamiento se distribuye el gas a los diferentes domicilios del municipio.</p>	<p>1</p>

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por 'Gases del futuro'.

6.4 Propuesta de operación

El incremento de la operación de 'Gases del Futuro' se debe principalmente a nuevos contratos de suministro firmados para otros clientes dentro del Departamento de Arauca. Es importante tener en cuenta el aumento en la flota para suplir la demanda y la capacidad transportada. Además de lo anterior, para 'Gases del Futuro' es importante ampliar los contratos de suministro de Gas Natural, que permitan reducir trayectos y aumentar el volumen de gas transportado. A continuación, se describe a detalle los puntos de origen de viajes (puntos contratados para la compra de gas) y los puntos de destino de viajes (puntos de descargue de los clientes) para su posterior análisis.

6.4.1 Puntos de Origen de viajes

El proyecto de expansión de "Gases del Futuro" contempla usar el punto actual de suministro, sumado a otro punto de respaldo ubicado en el Departamento de Casanare, lo anterior con el fin de garantizar la demanda necesaria para cada uno de sus clientes.

Adicionalmente, se viene adelantando la gestión para la obtención de gas natural comprimido desde el pozo de extracción Capachos, ubicado en el departamento de Arauca, y, además, en un punto vital para suplir la demanda en el departamento ya que se encuentra entre los municipios cliente de la compañía. Los puntos de origen, como se observan en la Tabla 4, serán los puntos generadores de viajes para la compañía.

Tabla 4. Propuesta de Puntos de Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido.

Punto Origen	Descripción	Norte	Este
Paz de Ariporo – Enerca S.A E.S.P.	Punto de suministro actual ubicado en la estación de servicio “Móvil” en el municipio de Paz de Ariporo, Departamento de Casanare	5.18047	-72.55478
Aguazul – Enerca S.A E.S.P.	Punto ubicado en la estación de servicio Los “Canagueros”, en el municipio de Aguazul, Departamento de Casanare	5.86823	-71.90438
Capachos – Parex	Punto ubicado en el pozo de extracción Capachos, en el Departamento de Arauca.	6.57103	-71.75475

Fuente: Elaboración propia.

6.4.1.1 Punto “Paz de Ariporo”

Como se observa y describe en el capítulo 6.3 El primer punto se encuentra ubicado en el municipio de Paz de Ariporo, en el Departamento de Casanare. Ubicado sobre vía nacional en buen estado y sin presencia de peajes y balanzas de cobro que aumenten su costo por trayecto. Es importante tener en cuenta una de las limitantes operativas que si bien no afectan la operación actual si debe tenerse en cuenta para la propuesta.

El punto paz de Ariporo al estar conectado a la red de gas natural del municipio de Yopal y Paz de Ariporo en Casanare, presenta caídas de presión importantes durante el día que no permiten el uso del compresor de gas para realizar el tanqueo del módulo de transporte, por lo que los cargues se condicionan en horas valle de consumo de gas natural del día y en las horas de la noche donde la demanda de Gas Natural de los municipios es prácticamente nula.

Figura 16. Punto de Compresión de GNC en Paz de Ariporo, Casanare.



Fuente: Google Street View.

Tabla 5. Punto actual de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido.

Punto de Origen	Descripción	Norte	Este	Localización
Aguazul – Enerca S.A E.S.P.	Punto ubicado en la estación de servicio “Móvil” en el municipio de Paz de Ariporo, Departamento de Casanare	5.18047	-72.55478	

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps.

6.4.1.2 Punto de Cargue Aguazul

El segundo punto se encuentra ubicado en el municipio de Aguazul, en el Departamento de Casanare. Dicho punto también se posiciona sobre una vía nacional en buen estado que conecta el Departamento de Casanare con el Departamento de Arauca. Sus condiciones y diseño permiten el tránsito de vehículos de carga y es una vía que tampoco cuenta con presencia de peajes y balanzas de cobro que aumenten su costo por trayecto. Es el punto más alejado de los clientes por lo que supone un incremento en los costos de transportes. Sin embargo, el punto ubicado en Aguazul no presenta problemas de presión

al estar conectado al gasoducto de Cusiana, lo cual lo convierte en un punto confiable de cargue de Gas Natural Comprimido.

Figura 17. Punto de Compresión de GNC en Aguazul, Casanare.



Fuente: Google Street View.

Tabla 6. Punto actual de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido.

Punto de Origen	Descripción	Norte	Este	Localización
Paz de Ariporo – Enerca S.A E.S.P.	Punto ubicado en la estación de servicio Los “Canaguaros”, en el municipio de Aguazul, Departamento de Casanare	5.86823	-71.90438	

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps.

6.4.1.3 Punto de Cargue Capachos

El tercer y último punto se encuentra ubicado en el corregimiento de Corocito, en el municipio de Tame, Departamento de Arauca. Dicho punto se encuentra en la zona rural del corregimiento, exactamente a 8 kilómetros de este. Al ser un pozo de extracción de combustibles fósiles, las vías de acceso son mantenidas por la empresa encargada del pozo, por lo que sus condiciones y diseño permiten el tránsito de vehículos de carga. Es el punto con menor distancia de los clientes por lo que se convierte en un punto estratégico para la operación de ‘Gases del Futuro’. El trayecto a los clientes es menor

para todos los clientes lo que supone una reducción en sus tarifas y, como resultado, tener una operación optimizada.

Figura 18. Punto de Compresión de GNC en Capachos, Departamento de Arauca.



Fuente: Google Street View.

Tabla 7. Punto actual de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido.

Punto de Origen	Descripción	Norte	Este	Localización
Capachos – Parex	Punto ubicado en el pozo de extracción Capachos, en el Departamento de Arauca.	6.57103	-71.75475	

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps.

6.4.2 Puntos de Destino de Viajes

‘Gases del futuro’ tiene una tendencia al alza en sus contratos de servicios con clientes debido al cumplimiento y costo competitivo con los que ejecuta su operación. Si bien es un buen indicador seguir adquiriendo clientes y aumentar su número de viajes contratados (indicador primordial a nivel económico y operacional), se debe tener en cuenta la capacidad de la compañía en cuanto a flota y capacidad de venta de volumen de gas. Con el fin de tener certeza en el número de viajes y la capacidad de venta de la

compañía de Gas Natural Comprimido, se presentan a continuación los puntos de destino, o puntos atractores de viajes de cada uno de los clientes.

Tabla 8. Puntos de Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido.

Punto Destino	Descripción	Norte	Este
Planta descompresora Tame.	Punto de descompresión ubicado en el barrio Juvenil araucano, en el municipio de Tame, Departamento de Arauca.	6.47206	-71.72045
Planta descompresora Saravena.	Punto ubicado en el nororiente del municipio de Saravena, Departamento de Arauca.	6.96742	-71.86532
Planta descompresora Cubará.	Punto ubicado en el suroriente del municipio de Cubará, Departamento de Arauca.	6.99457	-72.10687
Planta descompresora Fortul.	Punto ubicado en el suroccidente del municipio de Fortul, Departamento de Arauca.	6.76305	-71.78966

Fuente: Elaboración propia.

6.4.2.1 Punto Destino “Planta descompresora Tame”

Como se describe en el capítulo 6.3, El primer punto atractor de viajes de ‘Gases del Futuro’ se ubica dentro del municipio de Tame, exactamente en el barrio ‘juvenil araucano’, donde se encuentran las canastillas de almacenamiento del cliente, y las respectivas adecuaciones en el terreno que permiten la maniobrabilidad del tractocamión. En el punto de descargue el cliente cuenta con un almacenamiento total de 12.000 metros cúbicos en donde el 50% corresponde a la reserva en casos de contingencia (canastilla 2). el lugar de descargue cuenta con las condiciones y aislamiento para garantizar condiciones de seguridad para mantener el módulo de transporte realizando el descargue a las canastillas.

Figura 19. Punto de entrega en Tame, espacio de maniobras del vehículo.



Fuente: Registro fotográfico de 'Gases del Futuro'.

Es importante aclarar que la disposición geográfica del punto de descargue permite contar con el aislamiento suficiente de las zonas residenciales y de cualquier actividad industrial que pudiese tener riesgo alguno en la operación de descargue del módulo de transporte.

Tabla 9. Puntos de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido en Tame.

Punto de Destino	Descripción	Norte	Este	Localización
Municipio de Tame – Planta descompresora empresa Keops y asociados	Punto ubicado en el barrio Juvenil araucano, en el municipio de Tame, Departamento de Arauca	6.472068	-71.72045	

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps.

6.4.2.2 Punto Destino “Planta descompresora Saravena”

El segundo punto atractor de viajes de 'Gases del Futuro' se ubica dentro del municipio de Saravena, exactamente en el barrio Salinas, donde se encuentra la canastilla de almacenamiento del cliente, y las respectivas adecuaciones en el terreno que permiten la maniobrabilidad del tractocamión. En el punto de descargue el cliente cuenta con un almacenamiento total de 6.000 metros cúbicos sin tener reservas debido a la baja demanda de Gas Natural al ser un proyecto nuevo. el lugar de descargue cuenta con las

condiciones y aislamiento para garantizar condiciones de seguridad para mantener el módulo de transporte realizando el descargue a las canastillas.

Tabla 10. Puntos de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido en Saravena.

Punto de Destino	Descripción	Norte	Este	Localización
Municipio de Saravena – Planta descompresora empresa ECAAAS.	Punto ubicado en el nororiente el municipio de Saravena, en, Departamento de Arauca	6.96742	-71.86532	

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps.

Figura 20. Punto de entrega en Saravena, espacio de maniobras del vehículo.



Fuente: Registro fotográfico de ‘Gases del Futuro’.

6.4.2.3 Punto Destino “Planta descompresora Cubará”

El Tercer punto atractor de viajes de ‘Gases del Futuro’ se ubica dentro del municipio de Cubará, exactamente al sur del municipio, donde se encuentra la canastilla de almacenamiento del cliente, y las respectivas adecuaciones en el terreno que permiten la maniobrabilidad del tractocamiión. En el punto de descargue el cliente cuenta con un almacenamiento total de 3.000 metros cúbicos sin tener reservas debido a la baja demanda de Gas Natural al ser un proyecto nuevo. el lugar de descargue cuenta con las

condiciones y aislamiento para garantizar condiciones de seguridad para mantener el módulo de transporte realizando el descargue a las canastillas.

Tabla 11. Puntos de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido en Cubará.

Punto de Destino	Descripción	Norte	Este	Localización
Municipio de Cubará – Planta descompresora empresa ECAAAS.	Punto ubicado en el suroriente del municipio de Cubará, Departamento de Arauca.	6.99457	-72.10687	

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps.

6.4.2.4 Punto Destino “Planta descompresora Fortul”

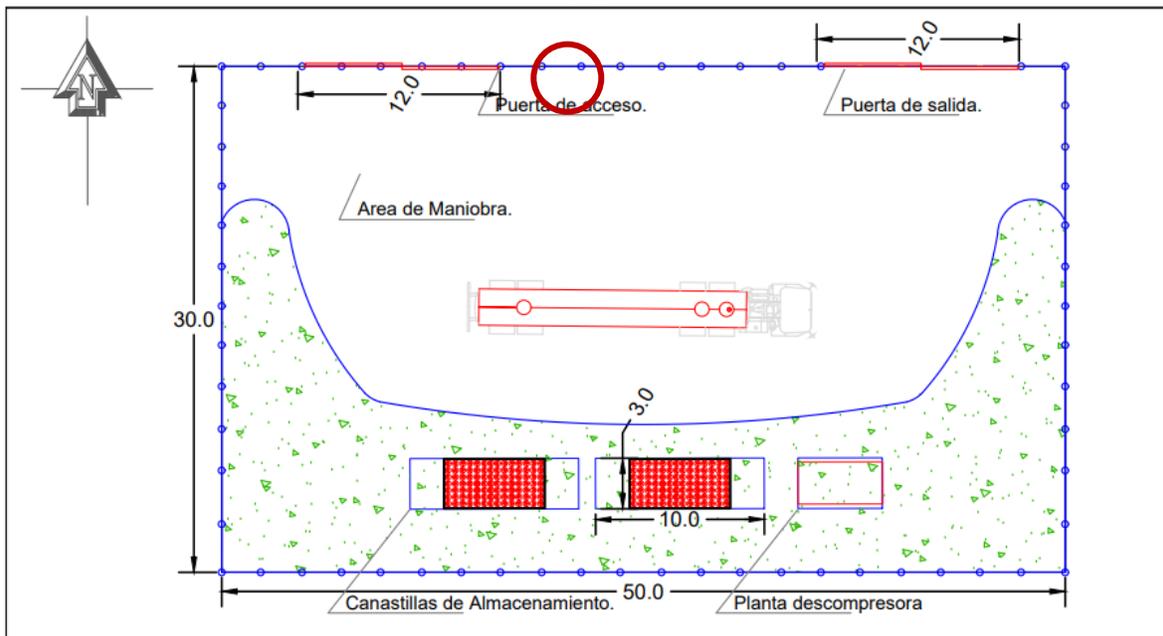
El cuarto punto atractor de viajes de ‘Gases del Futuro’ proyectado (debido a que no se encuentra actualmente en operación, sin embargo, es un proyecto ya adjudicado por lo que ya se cuenta como expansión del cliente) se ubica dentro del municipio de Fortul, exactamente al sur del municipio, donde se dispondrá de la canastilla de almacenamiento con una capacidad de 3.000 metros cúbicos sin reservas. La localización del predio proyectado para los equipos cuenta con un amplio espacio para el almacenamiento y la maniobrabilidad del vehículo, como se observa en la Figura 21.

Tabla 12. Puntos de Atracción y Generación de viajes de Distribución de Gas natural comprimido en Fortul.

Punto de Destino	Descripción	Norte	Este	Localización
Municipio de Fortul – Planta descompresora empresa Keops y asociados.	Punto ubicado en el suroccidente del municipio de Fortul, Departamento de Arauca.	6.76305	-71.78966	

Fuente: Elaboración propia a partir de Google Maps.

Figura 21. Plano disposición del predio, incluyendo espacio de maniobras del vehículo en el municipio de Fortul.



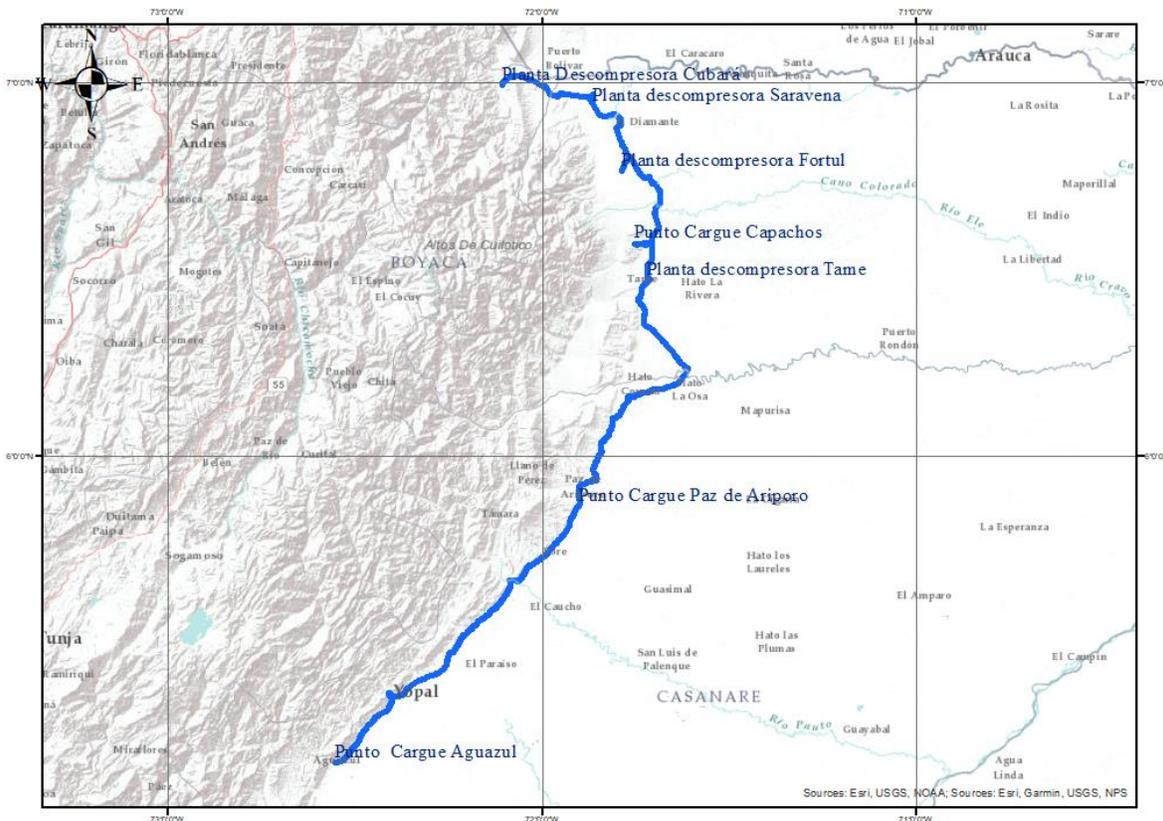
Fuente: Registro fotográfico de 'Gases del Futuro'.

6.4.3 Estimación de viajes

Luego de describir de manera detallada cada uno de los puntos de descarga de los clientes y los puntos de origen de viajes que se pueden utilizar para la operación, será necesario describir la demanda de cada municipio para conocer el número de viajes y poder así realizar la posterior optimización de la operación. Dichos viajes variarán en

función de la demanda y de la capacidad de almacenamiento que tenga el cliente para su operación. A continuación, se presentan las fases de operación que tendrá 'Gases del Futuro' debido al crecimiento de la demanda de sus clientes. Las fases de operación vienen respaldadas con los proyectos de expansión actuales de cada uno de los clientes, y de los proyectos actualmente en construcción de estos, lo que nos permite contar con demandas exactas y valores concretos para la planeación de la operación.

Figura 22. Plano de puntos de carga y descarga de la operación.



Fuente: Elaboración propia.

6.4.3.1 Fase 1 – Tame y Saravena (parcial)

En la primera fase, se observa el inicio de operación de la empresa ECAAAS en el municipio de Saravena, donde presenta una demanda mensual de 6.000 metros cúbicos en el mes, y en donde el módulo de transporte cumple con la capacidad para realizar el descargue en un solo viaje. Por otro lado, en el municipio de Tame al ser un proyecto que la compañía Keops y Asociados ya tiene estabilizado en cuanto a consumo, presenta una demanda mensual de 80.000 metros cúbicos, lo que nos representa en términos de cantidad un total de 15 viajes al mes, como se observa en la Tabla 13.

Tabla 13. Demanda y número de viajes en la fase 1 de operación.

Indicador/Municipio	Tame	Saravena
Capacidad de almacenamiento (m3)	12000.00	6000.00
Demanda mensual de Gas Natural (m3)	80000.00	5500.00
Número de Viajes / mes	15	1

Fuente: Elaboración propia.

Según lo anterior, se requieren un total de 16 viajes, en donde la **frecuencia** para la operación es de **1 vehículo/mes** y el **intervalo** es de aproximadamente **2 días**. Teniendo en cuenta que es un viaje adicional del estado actual no se requeriría ampliar la flota ni disminuir el intervalo.

6.4.3.2 Fase 2 – Tame y Saravena, y cubará (parcial)

En la segunda fase, se observa el aumento de la demanda de la empresa ECAAAS en el municipio de Saravena debido a la culminación de su expansión de usuarios (en este momento ya establecida), donde presenta una demanda mensual de 42.000 metros cúbicos en el mes, y en donde se requieren de 8 viajes para suplir la demanda de Gas Natural Comprimido. Por otro lado, en el municipio de Tame al igual que la fase 1, presenta una demanda mensual de 80.000 metros cúbicos, lo que nos representa en términos de cantidad un total de 15 viajes al mes. Finalmente, el municipio de cubará entra en operación con una demanda inicial del proyecto de 6.000 metros, lo que nos representa un total de 2 viajes para suplir la demanda mensual teniendo en cuenta la capacidad de almacenamiento del cliente, como se observa en la Tabla 14.

Tabla 14. Demanda y número de viajes en la fase 2 de operación.

Indicador/Municipio	Tame	Saravena	Cubará
Capacidad de almacenamiento (m3)	12000.00	6000.00	3000.00
Demanda mensual de Gas Natural (m3)	80000.00	42000.00	6000.00
Número de Viajes / mes	15	8	2

Fuente: Elaboración propia.

Según lo anterior, se requieren un total de **25 viajes** para suplir la demanda de los clientes, sin embargo, debido a que para el municipio de cubará solo se necesitan 3.000 metros para llenar la canastilla, el volumen restante se descargará en el municipio de Saravena, reduciendo así un viaje al mes. Dicho esto, son en total **24 viajes**, con una **frecuencia** para la operación es de **2 vehículo/mes** y el **intervalo** es de aproximadamente **2,5 días**. Según lo anterior, se requiere un incremento en la flota de 1 vehículo respecto al actual para suplir la demanda y mejorar el intervalo y la frecuencia de la operación.

6.4.3.3 Fase 3 – Tame, Saravena, y Cubará

En la tercera fase, se observa constante la demanda en el municipio de Saravena debido a la culminación de su expansión de usuarios (en este momento ya establecida), donde presenta una demanda mensual de 42.000 metros cúbicos en el mes, y en donde se requieren de 8 viajes para suplir la demanda de Gas Natural Comprimido. Por otro lado, en el municipio de Tame al igual que la fase 1 y 2, presenta una demanda mensual de 80.000 metros cúbicos, lo que nos representa en términos de cantidad un total de 15 viajes al mes. Finalmente, el municipio de cubará estabiliza su operación con una demanda de 24.000 metros, lo que nos representa un total de 8 viajes para suplir la demanda mensual teniendo en cuenta la capacidad de almacenamiento del cliente, como se observa en la Tabla 15 Tabla 14.

Tabla 15. Demanda y numero de viajes en la fase 3 de operación.

Indicador/Municipio	Tame	Saravena	Cubará
Capacidad de almacenamiento (m3)	12000.00	6000.00	3000.00
Demanda mensual de Gas Natural (m3)	80000.00	42000.00	24000.00
Numero de Viajes / mes	15	8	8

Fuente: Elaboración propia.

Según lo anterior, se requieren un total de **31 viajes** para suplir la demanda de los clientes, sin embargo, debido a que para el municipio de cubará solo se necesitan 3.000 metros para llenar la canastilla en su totalidad, el volumen restante se descargará en el

municipio de Saravena ya que se encuentra dentro de la ruta del municipio de Cubará, reduciendo así en cuatro viajes para el municipio de Saravena al mes, para un total de **27 viajes**. Dicho esto, la **frecuencia** para la operación es de **2 vehículo/mes** y el **intervalo** es de aproximadamente **2,2 días**. Según lo anterior, se requiere un incremento en la flota de 1 vehículo respecto al estado actual para suplir la demanda y mejorar el intervalo y la frecuencia de la operación.

6.4.3.4 Fase 4 – Tame, Saravena, Cubará, y Fortul

En la cuarta y fase final, se observa constante la demanda en el municipio de Saravena debido a la culminación de su expansión de usuarios (en este momento ya establecida), donde presenta una demanda mensual de 42.000 metros cúbicos en el mes, y en donde se requieren de 8 viajes para suplir la demanda de Gas Natural Comprimido. Por otro lado, en el municipio de Tame al igual que la fase 1, 2, y 3, presenta una demanda mensual de 80.000 metros cúbicos, lo que nos representa en términos de cantidad un total de 15 viajes al mes. Para el caso del municipio de cubará, se estabiliza su operación con una demanda de 24.000 metros, lo que nos representa un total de 8 viajes para suplir la demanda mensual teniendo en cuenta la capacidad de almacenamiento del cliente. Finalmente, el municipio de Fortul inicia su operación con una demanda mensual de 42.000 metros cúbicos, teniendo una capacidad de almacenamiento de 6.000 metros cúbicos, representando así en 7 viajes al mes, como se observa en la Tabla 16Tabla 14.

Tabla 16. Demanda y numero de viajes en la fase 4 de operación.

Indicador/Municipio	Tame	Saravena	Cubará	Fortul
Capacidad de almacenamiento (m3)	12000.00	6000.00	3000.00	6000.00
Demanda mensual de Gas Natural (m3)	80000.00	42000.00	24000.00	42000.00
Numero de Viajes / mes	15	8	8	7

Fuente: Elaboración propia.

Según lo anterior, se requieren un total de **38 viajes** para suplir la demanda de los clientes, sin embargo, debido a que para el municipio de cubará solo se necesitan 3.000



metros para llenar la canastilla en su totalidad, el volumen restante se descargará en el municipio de Saravena ya que se encuentra dentro de la ruta del municipio de Cubará, reduciendo así en cuatro viajes para el municipio de Saravena al mes, para un total de **34 viajes**. Dicho esto, la **frecuencia** para la operación es de **2 vehículo/mes** y el **intervalo** es de aproximadamente **1,76 días**, requiriendo un incremento en la flota de 1 vehículo respecto al estado actual para suplir la demanda y mejorar el intervalo y la frecuencia de la operación con un vehículo en el modelo actual para mejorar la operación.

6.4.4 Diseño logístico y de operación

Luego de conocer los puntos de descargue y los posibles puntos de cargue con los que cuenta la compañía 'Gases del Futuro', se podrá realizar el diseño en cuanto a logística y operación se refiere con el fin de optimizar trazados, capacidad de flota y frecuencias. A continuación, se relaciona la flota requerida, las rutas optimas de trazado y cronogramas del cargue para cumplir con la demanda de los clientes mencionados anteriormente.

6.4.4.1 Flota Requerida

Si bien los elementos externos a la flota para la gestión de la operación pueden resultar ser de gran importancia, tener presente la flota mínima de operación será primordial para no incurrir en costos innecesarios para la operación y atención a los clientes.

Según lo anterior, es importante contar con la flota necesaria que sea útil para operar en todas las fases de operación, es por ello por lo que la optimización de esta se realiza según los datos de intervalos y frecuencias presentados en la última fase de la propuesta. Teniendo en cuenta que se deben realizar **34 viajes** y que alguno de ellos se comparte entre municipios (aunque son para el mismo cliente), con dos vehículos operando dos módulos se puede realizar alternancia entre cargues y descargues sin afectar el tiempo de operación de los clientes, por lo que frecuencias de aproximadamente dos días resultan dar buen resultado en la gestión de la operación sin incurrir en costos adicionales.

Cabe resaltar que mientras los módulos estén realizando el proceso de descargue en el municipio de Tame, se realizarán los respectivos mantenimientos del vehículo como cambios de aceite, Cambio de ruedas por mantenimiento, etc... Finalmente, se detalla a continuación la flota necesaria con la que la compañía sule de la demanda de sus clientes, y de manea optima resuelve la cantidad de vehículos mínima para la operación y gestión de flota tanto en el momento de mantenimiento, como en las fases de operación.

Tabla 17. Flota y equipos necesarios para la propuesta de operación de Gases del Futuro.

Ítem	Descripción	Cantidad
	<p>Tres puntos de compresión. El lugar de compresión debe contar con un área de maniobra, conexión flexible del remolque al compresor y un medidor dispuesto por 'Gases del Futuro' para conocer la cantidad de metros cargados al módulo de transporte.</p>	3
	<p>Un tractocamión dedicado al transporte de Gas Natural Comprimido con un conductor. Debido a que al cargue se realiza en horarios nocturnos y la corta distancia del trayecto, se dispone de un conductor que transporta el tractocamión hasta el sitio de compresión y vuelve al municipio de Tame. Al día siguiente el conductor regresa en transporte público al sitio de compresión para recoger el tractocamión cargado y realizar el trayecto Paz de Ariporo – Tame.</p>	2
	<p>Un módulo de transporte que permite transportar el Gas natural Comprimido a Alta presión hasta las canastillas de almacenamiento de los clientes, como se describe anteriormente.</p>	2

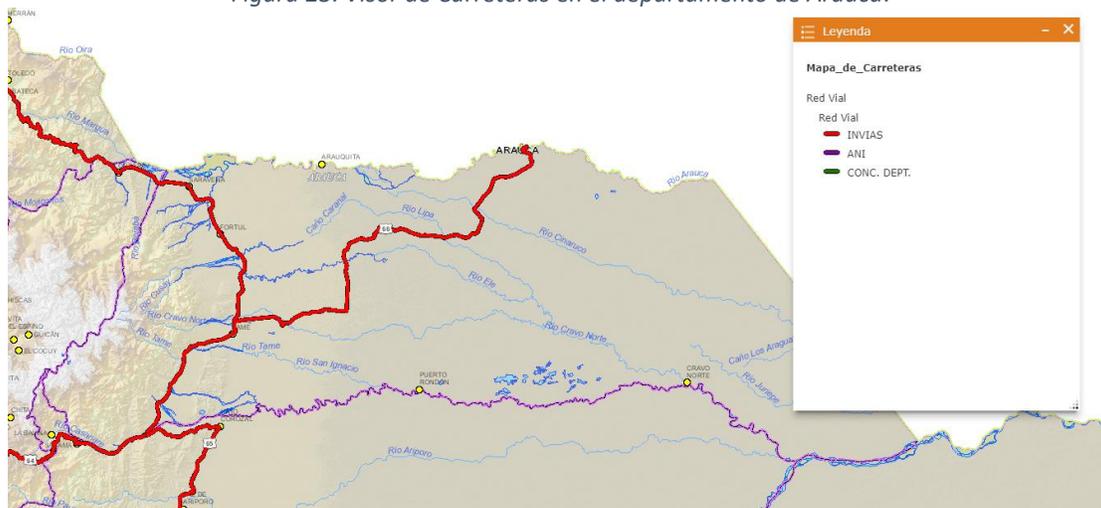
	<p>Un Punto de almacenamiento por parte de cada cliente que permite la compresión del gas natural desde el módulo de transporte.</p>	<p>4</p>
--	--	----------

Fuente: Elaboración propia a partir de información suministrada por 'Gases del futuro'.

6.4.4.2 Diseños de ruta

En el departamento de Arauca existen rutas de carácter departamental que permiten el tránsito de vehículos de carga pesada. Según lo anterior, en el Departamento no existen vías concesionadas y, por ende, al ser vías manejadas por el mismo Departamento no existe cobro por peajes. Como se observa en la Figura 23, existe una carretera que conecta el departamento de Arauca (límites departamentales marcados en morado), con la zona norte y sur del país, además de contar con una ramificación para la capital del Departamento, por lo que la propuesta de operación se realiza sobre una vía sin cobro y en buen estado de pavimento, lo que representa una disminución del costo por uso de la carretera y por cambio de neumáticos.

Figura 23. Visor de Carreteras en el departamento de Arauca.



Fuente: Visor de carreteras del INVIAS.

Luego de conocer a detalle que existe tan solo una vía para realizar la operación, y que la misma se encuentra en óptimas condiciones debido a las actividades extractivas en la zona, se elegirán las rutas de distribución en dos escenarios, el primero, con los puntos de cargue ya firmados y que se encuentran a la fecha disponibles para realizar los mismos de manera inmediata(Punto Paz de Ariporo y Punto Aguazul), y un segundo escenario, en donde entra como proveedor el pozo petrolero ‘Capachos’, y donde por cercanía es el punto más óptimo de distribución para la operación.

6.4.4.2.1 Escenario uno

En el escenario uno se propone principalmente utilizar el punto más cercano de los clientes para realizar la distribución (situación actual punto Paz de Ariporo), por lo que el punto de Aguazul se convierte en el punto de cargue respaldo para la operación. Dicho esto, a continuación, se presentan cada una de las rutas y la cantidad de viajes por punto en cada una de las fases propuestas anteriormente, además de su respectiva longitud total por punto. Para la fase 1, se proponen dos rutas, cada una de ellas con origen en el punto de cargue Paz de Ariporo, y se dirigen a Tame y Saravena respectivamente. La ruta uno cuenta con una distancia de **99 kilómetros** y **15 viajes**, para un total de **1.485 kilómetros** en el mes. Para la ruta dos tenemos **1 viaje** en el mes y una distancia de **166 kilómetros**, como se observa en la Tabla 18.

Tabla 18. Rutas para el escenario Uno en la Fase 1 de operación.

	Rutas	Origen	Parada 1	Destino	Distancia por viaje en km	Número de viajes	Distancia total en km/mes
FASE 1	Ruta 1	Paz de Ariporo	-	Tame	99	15	1485.00
	Ruta 2	Paz de Ariporo	-	Saravena	166	1	166.00

Fuente: Elaboración propia.

Para la fase 2, se proponen tres rutas, cada una de ellas con origen en el punto de cargue Paz de Ariporo, y se dirigen a Tame, Saravena, y a Saravena con parada en Cubará respectivamente. La ruta 1 cuenta con una distancia de **99 kilómetros** y **15 viajes**, para un total de **1.485 kilómetros** en el mes. Para la ruta 2 tenemos **7 viajes** en el mes y una distancia de **166 kilómetros** por trayecto, para un total de **1.162 kilómetros** en el mes.

Para la ruta 3 se propone una parada en el municipio de cubará que cuenta con menor capacidad de almacenaje, y se termina el descargue en el municipio de Saravena, siendo punto del mismo cliente, con **2 viajes** y **228 kilómetros** por trayecto, para un total de **456 kilómetros** en el mes, como se observa en la Tabla 19.

Tabla 19. Rutas para el escenario Uno en la Fase 2 de operación.

	Rutas	Origen	Parada 1	Destino	Distancia por viaje en km	Número de viajes	Distancia total en km/mes
FASE 2	Ruta 1	Paz de Ariporo	-	Tame	99	15	1485.00
	Ruta 2	Paz de Ariporo	-	Saravena	166	7	1162.00
	Ruta 3	Paz de Ariporo	Cubará	Saravena	228	2	456.00

Fuente: Elaboración propia.

Para la fase 3, se proponen tres rutas como en la fase 2, cada una de ellas con origen en el punto de cargue Paz de Ariporo, y se dirigen a Tame, Saravena, y a Saravena con parada en Cubará respectivamente. La ruta 1 cuenta con una distancia de **99 kilómetros** y **15 viajes**, para un total de **1.485 kilómetros** en el mes. Para la ruta 2 tenemos una reducción de tres viajes que cubre la ruta tres para un total de **4 viajes** en el mes y una distancia de **166 kilómetros** por trayecto, para un total de **664 kilómetros** en el mes.

Para la ruta 3 se propone una parada en el municipio de cubará que cuenta con menor capacidad de almacenaje, y se termina el descargue en el municipio de Saravena, siendo punto del mismo cliente, con **8 viajes** y **228 kilómetros** por trayecto, para un total de **1.824 kilómetros** en el mes, como se observa en la Tabla 20.

Tabla 20. Rutas para el escenario Uno en la Fase 3 de operación.

	Rutas	Origen	Parada 1	Destino	Distancia por viaje en km	Número de viajes	Distancia total en km/mes
FASE 3	Ruta 1	Paz de Ariporo	-	Tame	99	15	1485.00
	Ruta 2	Paz de Ariporo	-	Saravena	166	4	664.00
	Ruta 3	Paz de Ariporo	Cubará	Saravena	228	8	1824.00

Fuente: Elaboración propia.

Para la fase 4, se proponen cinco rutas, las primeras cuatro cuentan con origen en el punto de cargue Paz de Ariporo, y una ruta adicional que parte desde el municipio de Aguazul debido al límite de cargues en el punto Paz de Ariporo. cada una de las rutas se dirigen a Tame, Saravena, a Saravena con parada en Cubará, y a Tame con parada en Fortul respectivamente. La ruta 1 cuenta con una distancia de **99 kilómetros** y una reducción con respecto a las demás fases debido a las rutas que pasan por Fortul, con un total de **11 viajes**, para un total de **1.089 kilómetros** en el mes. Para la ruta 2 tenemos una reducción de tres viajes que cubre la ruta tres para un total de **4 viajes** en el mes y una distancia de **166 kilómetros** por trayecto, para un total de **664 kilómetros** en el mes. Para la ruta 3 se propone una parada en el municipio de cubará que cuenta con menor capacidad de almacenaje, y se termina el descargue en el municipio de Saravena, siendo punto del mismo cliente, con **8 viajes** y **228 kilómetros** por trayecto, para un total de **1.824 kilómetros** en el mes. Finalmente, las rutas 4 y 5, se dirigen al municipio de Tame con parada en Fortul con puntos de origen en Paz de Ariporo y Aguazul respectivamente, el número de trayectos es de **7 viajes** y **1 viaje** respectivamente y cuentan con una distancia de recorrido total al mes de **1.372 kilómetros** y **312 kilómetros** respectivamente, como se observa en la Tabla 21.

Tabla 21. Rutas para el escenario Uno en la Fase 4 de operación.

	Rutas	Origen	Parada 1	Destino	Distancia por viaje en km	Número de viajes	Distancia total en km/mes
FASE 4	Ruta 1	Paz de Ariporo	-	Tame	99	11	1089.00
	Ruta 2	Paz de Ariporo	-	Saravena	166	4	664.00
	Ruta 3	Paz de Ariporo	Cubará	Saravena	228	8	1824.00
	Ruta 4	Paz de Ariporo	Fortul	Tame	196	7	1372.00
	Ruta 5	Aguazul	Fortul	Tame	312	1	312

Fuente: Elaboración propia.

6.4.4.2.2 Escenario Dos

En el escenario Dos se propone principalmente utilizar el punto más cercano de los clientes para realizar la distribución (propuesta de contrato de cargue en punto Capachos), por lo que el punto de Paz de Ariporo se convierte en el punto de cargue respaldo para la operación. Dicho esto, a continuación, se presentan cada una de las rutas y la cantidad de viajes por punto en cada una de las fases propuestas anteriormente, además de su respectiva longitud total por punto. Para la fase 1, se proponen dos rutas, cada una de ellas con origen en el punto de cargue Capachos, y se dirigen a Tame y Saravena respectivamente. La ruta uno cuenta con una distancia de **19 kilómetros** y **15 viajes**, para un total de **285 kilómetros** en el mes. Para la ruta dos tenemos **1 viaje** en el mes y una distancia de **66 kilómetros**, como se observa en la Tabla 22.

Tabla 22. Rutas para el escenario Dos en la Fase 1 de operación.

FASE 1	Rutas	Origen	Parada 1	Destino	Distancia por viaje en km	Número de viajes	Distancia total en km/mes
	Ruta 1	Capachos	-	Tame	19	15	285.00
	Ruta 2	Capachos	-	Saravena	66	1	66.00

Fuente: Elaboración propia.

Para la fase 2, se proponen tres rutas, cada una de ellas con origen en el punto de cargue Capachos, y se dirigen a Tame, Saravena, y a Saravena con parada en Cubará respectivamente. La ruta 1 cuenta con una distancia de **19 kilómetros** y **15 viajes**, para un total de **285 kilómetros** en el mes. Para la ruta 2 tenemos **7 viajes** en el mes y una distancia de **66 kilómetros** por trayecto, para un total de **462 kilómetros** en el mes. Para la ruta 3 se propone una parada en el municipio de cubará que cuenta con menor capacidad de almacenaje, y se termina el descargue en el municipio de Saravena, siendo punto del mismo cliente, con **2 viajes** y **126 kilómetros** por trayecto, para un total de **252 kilómetros** en el mes, como se observa en la Tabla 23.

Tabla 23. Rutas para el escenario Dos en la Fase 2 de operación.

FASE 2	Rutas	Origen	Parada 1	Destino	Distancia por viaje en km	Número de viajes	Distancia total en km/mes
	Ruta 1	Capachos	-	Tame	19	15	285.00

	Ruta 2	Capachos	-	Saravena	66	7	462.00
	Ruta 3	Capachos	Cubará	Saravena	126	2	252.00

Fuente: Elaboración propia.

Para la fase 3, se proponen tres rutas como en la fase 2, cada una de ellas con origen en el punto de Capachos, y se dirigen a Tame, Saravena, y a Saravena con parada en Cubará respectivamente. La ruta 1 cuenta con una distancia de **19 kilómetros** y **15 viajes**, para un total de **285 kilómetros** en el mes. Para la ruta 2 tenemos una reducción de tres viajes que cubre la ruta tres para un total de **4 viajes** en el mes y una distancia de **66 kilómetros** por trayecto, para un total de **264 kilómetros** en el mes. Para la ruta 3 se propone una parada en el municipio de cubará que cuenta con menor capacidad de almacenaje, y se termina el descargue en el municipio de Saravena, siendo punto del mismo cliente, con **8 viajes** y **126 kilómetros** por trayecto, para un total de **1.008 kilómetros** en el mes, como se observa en la Tabla 24.

Tabla 24. Rutas para el escenario Dos en la Fase 3 de operación.

	Rutas	Origen	Parada 1	Destino	Distancia por viaje en km	Número de viajes	Distancia total en km/mes
FASE 3	Ruta 1	Capachos	-	Tame	19	15	285.00
	Ruta 2	Capachos	-	Saravena	66	4	264.00
	Ruta 3	Capachos	Cubará	Saravena	126	8	1008.00

Fuente: Elaboración propia.

Para la fase 4, se proponen cinco rutas, las primeras cuatro cuentan con origen en el punto de cargue Capachos, y una ruta adicional que parte desde el municipio de Paz de Ariporo debido al límite de cargues en el punto Capachos. cada una de las rutas se dirigen a Tame, Saravena, a Saravena con parada en Cubará, y a Tame con parada en Fortul respectivamente. La ruta 1 cuenta con una distancia de **19 kilómetros** y una reducción con respecto a las demás fases debido a las rutas que pasan por Fortul, con un total de **11 viajes**, para un total de **209 kilómetros** en el mes. Para la ruta 2 tenemos una reducción de tres viajes que cubre la ruta tres para un total de **4 viajes** en el mes y una distancia de **66 kilómetros** por trayecto, para un total de **264 kilómetros** en el mes.

Para la ruta 3 se propone una parada en el municipio de cubará que cuenta con menor capacidad de almacenaje, y se termina el descargue en el municipio de Saravena, siendo punto del mismo cliente, con **8 viajes** y **126 kilómetros** por trayecto, para un total de **1.008 kilómetros** en el mes. Finalmente, las rutas 4 y 5, se dirigen al municipio de Tame con parada en Fortul con puntos de origen en Paz de Ariporo y Aguazul respectivamente, el número de trayectos es de **7 viajes** y **1 viaje** respectivamente y cuentan con una distancia de recorrido total al mes de **651 kilómetros** y **196 kilómetros**, como se observa en la Tabla 25.

Tabla 25. Rutas para el escenario Dos en la Fase 4 de operación.

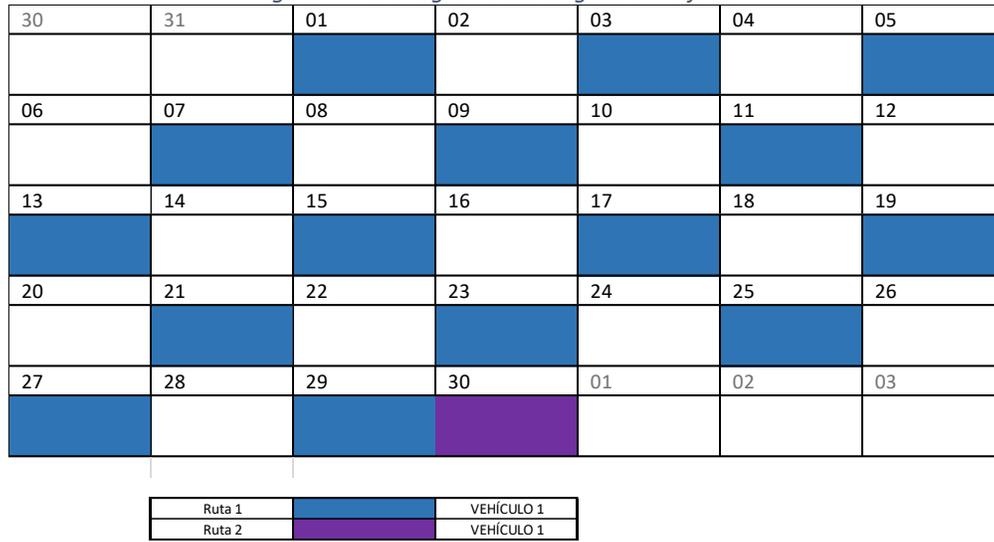
	Rutas	Origen	Parada 1	Destino	Distancia por viaje en km	Número de viajes	Distancia total en km/mes
FASE 4	Ruta 1	Capachos	-	Tame	19	11	209.00
	Ruta 2	Capachos	-	Saravena	66	4	264.00
	Ruta 3	Capachos	Cubará	Saravena	126	8	1008.00
	Ruta 4	Capachos	Fortul	Tame	93	7	651.00
	Ruta 5	Paz de Ariporo	Fortul	Tame	196	1	196

Fuente: Elaboración propia.

6.4.4.3 Cronogramas de cargue

En síntesis, las rutas y el tamaño de la flota requieren de una programación fiable que garantice la demanda en cada uno de sus clientes, por lo que es de gran importancia asignar los viajes en el mes y observar que no existan traslajos en la operación. Como se observa en la Figura 24, la operación no se ve afectada atendiendo la demanda de los dos clientes, y la cantidad de cargues se pueden realizar en el punto principal sin tener que usar el punto de cargue de respaldo.

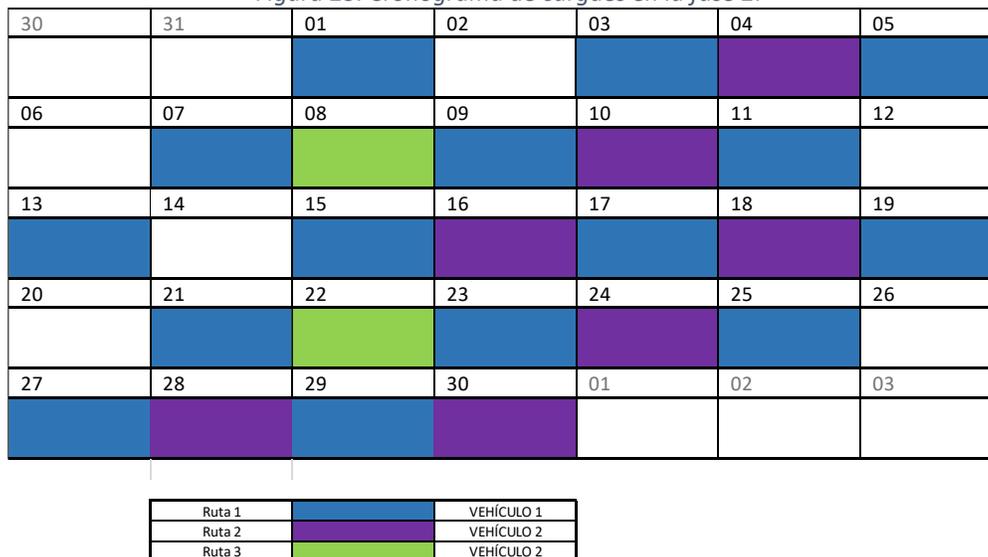
Figura 24. Cronograma de cargues en la fase 1.



Fuente: Elaboración propia.

Para el caso de los cargues en la fase dos, aun no se alcanza la capacidad del punto de cargue principal y con la entrada de operación del segundo vehículo se suple la demanda de los clientes.

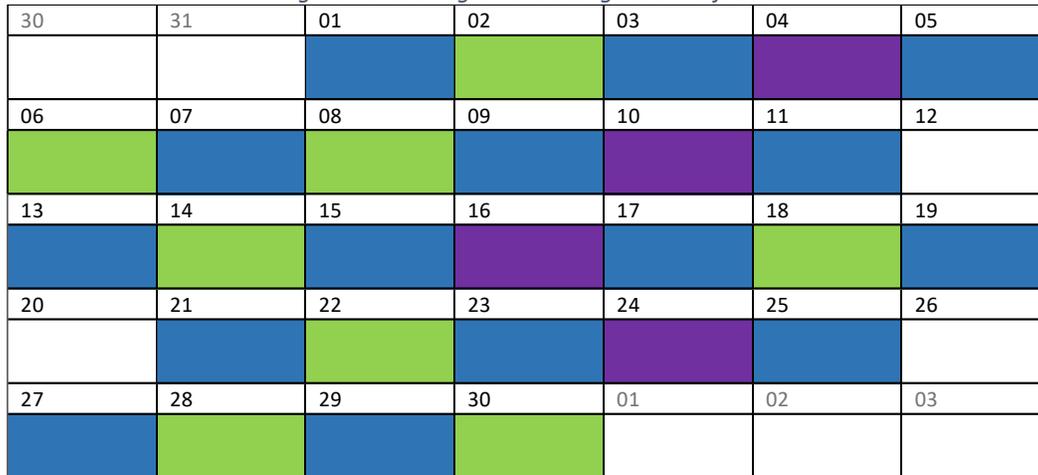
Figura 25. Cronograma de cargues en la fase 2.



Fuente: Elaboración propia.

En la fase 3, se reducen los cargues de la ruta dos y por consiguiente el punto principal del cargue sigue sin exceder su capacidad, reduciendo costos adicionales por kilómetros recorridos del punto de respaldo.

Figura 26. Cronograma de cargues en la fase 3.

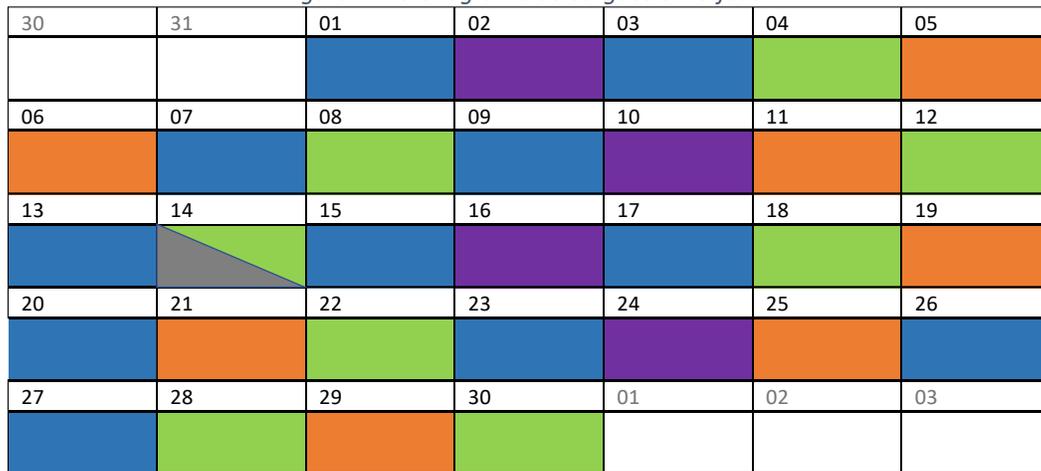


Ruta 1	Blue	VEHÍCULO 1
Ruta 2	Purple	VEHÍCULO 2
Ruta 3	Green	VEHÍCULO 2

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para la fase 4 y con todas las rutas en operación, se aprovecha la capacidad máxima del punto de cargue y se utiliza tan solo un cargue en el punto de respaldo con el fin de no generar traslapos que afecten la operación.

Figura 27. Cronograma de cargues en la fase 4.

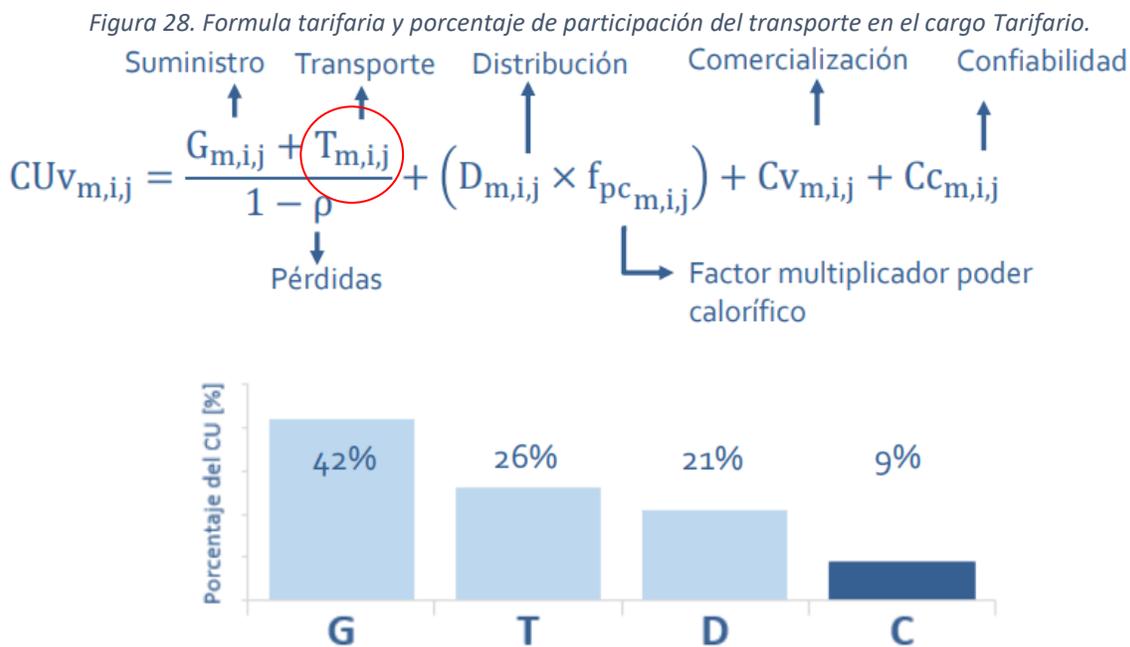


Ruta 1	Blue	VEHÍCULO 1
Ruta 2	Purple	VEHÍCULO 2
Ruta 3	Green	VEHÍCULO 2
Ruta 4	Orange	VEHÍCULO 2
Ruta 5	Grey	VEHÍCULO 3

Fuente: Elaboración propia.

7 Costes del modelo

El presente capítulo describe los dos escenarios propuestos en cada fase realizando una caracterización en el coste de la operación en cada uno de ellos, y la utilidad generada que podría recibir la compañía en la propuesta de operación. El gobierno colombiano a través de la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), estipula en la Resolución CREG 137 de 2013 la metodología tarifaria para las empresas distribuidoras de Gas natural y Gas licuado de Petróleo; En ella podemos observar un componente “ $T_{m, i, j}$ ” dentro del cálculo tarifario llamado Transporte que compone el 26% del cargo tarifario total, como se observa en la siguiente figura.



Fuente: Resolución CREG 137 de 2013.

Dentro de la metodología el Gobierno estipuló los costos de transporte para Gas Natural Comprimido por metro cúbico, a través de una matriz origen destino por municipio. Dicha matriz estipula el cobro tope por concepto de transporte en la formula tarifaria, por lo que esta se convierte en el precio techo que los clientes de gases del futuro pueden pagar por la operación, como se observa en la Figura 29.

Figura 29. Matriz origen – destino estipulado por la CREG.

Costos de Transporte Para GNC.

Origen		Destino	
Departamento:	CASANARE	Departamento:	ARAUCA
Ciudad:	PAZ DE ARIPORO	Ciudad:	TAME
Vehículo:	Articulado	Consultar	<ul style="list-style-type: none"> TAME ARAUCA ARAUQUITA CRAVO NORTE FORTUL PUERTO RONDON SARAVENA

Fuente: <http://cregas.creg.gov.co:8082/reportesGN/matrizGNC.jsp>.

A manera de ejemplo, se calcula en la página web el origen – destino desde el punto de cargue Paz de Ariporo hasta Tame, el Costo máximo unitario en \$/m³ para el transporte de gas natural comprimido en vehículos de carga, dando como resultado un valor de 479.132 pesos por cada metro cúbico transportado, como se observa en la Figura 30.

Figura 30. Matriz origen – destino desde Paz de Ariporo – Tame estipulado por la CREG.

Costos de Transporte Para GNC.

Origen		Destino		Costos de Transporte Para GNC																
Departamento:	CASANARE	Departamento:	ARAUCA	Costo IPC DIC 2004 \$/m ³	Costo IPC DIC 2005 \$/m ³	Costo IPC DIC 2006 \$/m ³	Costo IPC DIC 2007 \$/m ³	Costo IPC DIC 2008 \$/m ³	Costo IPC DIC 2009 \$/m ³	Costo IPC DIC 2010 \$/m ³	Costo IPC DIC 2011 \$/m ³	Costo IPC DIC 2012 \$/m ³	Costo IPC DIC 2013 \$/m ³	Costo IPC DIC 2014 \$/m ³	Costo IPC DIC 2015 \$/m ³	Costo IPC DIC 2016 \$/m ³	Costo IPC DIC 2017 \$/m ³	Costo IPC DIC 2018 \$/m ³	Costo IPC DIC 2019 \$/m ³	Costo IPC DIC 2020 \$/m ³
Ciudad:	PAZ DE ARIPORO	Ciudad:	TAME	254.3	266.642	278.988	294.495	317.056	323.382	333.667	346.982	354.53	361.38	374.601	389.964	422.840	440.235	454.248	471.505	479.132
Vehículo:	Articulado	Consultar		Costo IPC DIC 2017 \$/M³				Costo IPC DIC 2018 \$/M³				Costo IPC DIC 2019 \$/M³				Costo IPC DIC 2020 \$/M³				
				440.235				454.248				471.505				479.132				

Fuente: <http://cregas.creg.gov.co:8082/reportesGN/matrizGNC.jsp>.

Como se observó anteriormente, dicha matriz se utilizará con el fin de conocer la remuneración (utilizada actualmente) y poder tener una comparación real entre los costos asociados a la operación, el ingreso de cada fase, y la utilidad obtenida a raíz de esta.



Las principales variables que influyen en el coste son: el promedio de la cantidad de kilómetros recorridos por galón de combustible consumido (expresado en km/Galón), que a partir de mediciones realizadas en el estado actual se obtuvo un valor de **6,25 kilómetros/galón**; los cambios de aceite que se realizan cada **17.000 kilómetros**, y los neumáticos, que deben ser cambiados cada **80.000 kilómetros**. al contar con distancias menores que las que se necesitan para realizar los respectivos cambios de aceite y cambio de neumáticos, se calculó el valor porcentual con la cantidad de kilómetros recorridos en el mes.

si bien los costos que dependen de la cantidad de kilómetros recorridos impactan la operación a tal modo que pueden causar que la gestión de la flota sea inviable, es importante tener en cuenta los costos fijos anuales respecto a los documentos y revisiones técnicas que exige el gobierno colombiano a la hora de permitir el tránsito de un vehículo de carga pesada, como lo es el SOAT (Seguro obligatorio de Accidentes de Tránsito), Seguro todo Riesgo, Póliza de hidrocarburos, y Revisión Técnico-mecánica (en España se referiría a la ITV: inspección técnica de vehículos); para este tipo de costos se obtuvo un valor mensual a partir del valor anual de cada uno de ellos.

Es importante tener en cuenta los costos mensuales que no dependen de la cantidad de kilómetros recorridos como los mantenimientos preventivos (engrase, inspección y/o cambio de frenos, pastillas de frenos, calibración de neumáticos, puesta a punto del vehículo, etc...), y Lavado del vehículo. Existe un costo mensual adicional por pertenecer a una empresa de transporte que permite y garantiza la prestación del servicio (encargada de pólizas de circulación, inspecciones de entrada y salida de los vehículos, veeduría de prestaciones sociales de los conductores, zonas de descanso de conductores, estacionamientos y prestación de zonas para mantenimiento de los vehículos y remolques) que se calcula como el 15% de la utilidad mensual de cada vehículo.

Finalmente, es primordial conocer el costo de los conductores de cada uno de los vehículos, en donde se les remunera el salario base que corresponde al salario mínimo mensual en Colombia para el 2021 (908.526,00 COP, equivalente a 201,13 euros) más prestaciones sociales (que en Colombia corresponde al 545% del salario), y un 10% adicional de la utilidad mensual de los viajes realizados con el vehículo, por lo que, en las diferentes fases, se calcula el coste de cada conductor al tener número de viajes y utilidades diferente.

7.1 Escenario uno

El escenario uno contempla dentro de la propuesta realizar el mayor número de viajes en el municipio de Paz de Ariporo, y un cargue desde el municipio de Aguazul. Según la matriz origen – destino que dispone la CREG, el valor unitario por metro cúbico descargado en Tame es de 479,132 \$/m³, 719,132 \$/m³ para Saravena, 902,775 \$/m³ para el municipio de Cubará, y 639,223 \$/m³ para el municipio de Fortul. En síntesis, para la Fase 1 ingresarían debido a la operación 42.648.052,00 COP (pesos colombianos) equivalentes a 9.440,42 euros al mes. Para la Fase 2, se prevé un ingreso por operación de 75.408.818,00 COP equivalentes a 16.692,23 euros mensuales. Para la Fase 3 de la operación se recaudaría un valor de 90.219.604,00 COP equivalentes a 19.970,69 euros mensuales. Finalmente, para la Fase 4 se recaudaría por la prestación del servicio un total de 119.784.580,00 COP equivalentes a 26.515,09 euros mensuales, lo que nos muestra un aumento en los ingresos a medida que se supera cada fase de operación.

Tabla 26. Remuneración por demanda de GNC de los clientes a 'Gases del Futuro' mensual en el escenario 1.

Fase	Municipio	Demanda mensual de Gas Natural (m3)	Tarifa CREG / m3	subtotal	Total
Fase 1	Tame	80000.00	\$ 479.132	\$ 38,330,560.00	\$ 42,648,052.00
	Saravena	6000.00	\$ 719.582	\$ 4,317,492.00	
Fase 2	Tame	80000.00	\$ 479.132	\$ 38,330,560.00	\$ 75,408,818.00
	Saravena	44000.00	\$ 719.582	\$ 31,661,608.00	
	Cubará	6000.00	\$ 902.775	\$ 5,416,650.00	
Fase 3	Tame	80000.00	\$ 479.132	\$ 38,330,560.00	\$ 90,219,604.00
	Saravena	42000.00	\$ 719.582	\$ 30,222,444.00	
	Cubará	24000.00	\$ 902.775	\$ 21,666,600.00	
Fase 4	Tame	80000.00	\$ 479.132	\$ 38,330,560.00	\$ 119,784,580.00
	Saravena	44000.00	\$ 719.582	\$ 31,661,608.00	
	Cubará	24000.00	\$ 902.775	\$ 21,666,600.00	
	Fortul	44000.00	\$ 639.223	\$ 28,125,812.00	

Fuente: Elaboración propia.

Luego de conocer la remuneración por el servicio, es importante conocer los costos mensuales asociados a la operación con el fin de saber que tan viable puede llegar a ser la gestión de la flota como se propone en el capítulo 6.

En la Tabla 27 se observan los costos asociados a la operación en la Fase 1, en donde se observa que el coste mensual total es de 14.974.194,25 COP, equivalente a 3.314,93

euros, aportado en gran medida por el costo del conductor, del mantenimiento general y lavados, Combustible, y la afiliación mensual de servicios de la empresa de transporte.

Tabla 27. Costos operativos en fase 1 – escenario 1.

ítem	Unidad	Valor unidad	Cantidad	Valor	Subtotal
Combustible	km/Galón	6.25	1651.00	\$ 8,335.75	\$ 2,201,972.98
conductor 1	viajes	16.00	1.00	\$ 5,663,935.24	\$ 5,663,935.24
Cambio de aceite	Und / 17.000 km	1.00	0.097	\$ 1,240,000.00	\$ 120,425.88
Cambio de neumáticos	Und / 80.000	18.00	0.021	\$ 1,325,000.00	\$ 492,204.38
Mantenimiento general y Lavado	UND	1.00	1.00	\$ 3,500,000.00	\$ 3,500,000.00
SOAT	UND	1.00	0.083	\$ 1,190,000.00	\$ 99,166.67
Seguro todo riesgo	UND	1.00	0.083	\$ 8,000,000.00	\$ 666,666.67
Revisión técnico-mecánica	UND	1.00	0.083	\$ 320,000.00	\$ 26,666.67
póliza Hidrocarburos	UND	1.00	0.083	\$ 3,000,000.00	\$ 250,000.00
Coste mensual de Afiliación	UND	1.00	1.00	\$ 1,953,155.77	\$ 1,953,155.77
TOTAL				\$ 14,974,194.25	

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 28, los costos asociados a la operación en la Fase 2 demuestran que el coste mensual total es de 33.625.168,33 COP, equivalente a 7.443,81 euros, principalmente debido al vehículo adicional en operación, el costo de los conductores de los dos vehículos, del mantenimiento general y lavados de los mismos, el Combustible, y la afiliación mensual de servicios de la empresa de transporte.

Tabla 28. Costos operativos en fase 2 – escenario 1.

ítem	Unidad	Valor unidad	Cantidad	Valor	Subtotal
Combustible	km/Galón	6.25	3103.00	\$ 8,335.75	\$ 4,138,535.53
conductor 1	viajes	15.00	1.00	\$ 6,112,181.17	\$ 6,112,181.17
conductor 2	viajes	9.00	1.00	\$ 4,226,960.72	\$ 4,226,960.72
Cambio de aceite	Und / 17.000 km	2.00	0.18	\$ 1,240,000.00	\$ 452,672.94
Cambio de neumáticos	Und / 80.000	36.00	0.04	\$ 1,325,000.00	\$ 1,850,163.75
Mantenimiento general y Lavado	UND	2.00	1.00	\$ 3,500,000.00	\$ 7,000,000.00
SOAT	UND	2.00	0.083	\$ 1,190,000.00	\$ 198,333.33

Seguro todo riesgo	UND	2.00	0.083	\$ 8,000,000.00	\$ 1,333,333.33
Revisión técnico-mecánica	UND	2.00	0.083	\$ 320,000.00	\$ 53,333.33
póliza Hidrocarburos	UND	2.00	0.083	\$ 3,000,000.00	\$ 500,000.00
Coste mensual de Afiliación	UND	2.00	1.00	\$ 3,879,827.11	\$ 7,759,654.23
TOTAL				\$ 33,625,168.33	

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en los costos de la Fase 2, se observa en la Tabla 29 los costos asociados a la operación en la Fase 3, demostrando que el coste mensual total es de 36.622.789,88 COP, equivalente a 8.107,41 euros, diferenciándose en la fase anterior por el aumento en los kilómetros recorridos causados por el aumento de viajes, y principalmente debido al vehículo adicional en operación, el costo de los conductores de los dos vehículos, del mantenimiento general y lavados de los mismos, el Combustible, y la afiliación mensual de servicios de la empresa de transporte.

Tabla 29. Costos operativos en fase 3 – escenario 1.

ítem	Unidad	Valor unidad	Cantidad	Valor	Subtotal
Combustible	km/Galón	6.25	3973.00	\$ 8,335.75	\$ 5,298,872.59
conductor 1	viajes	15.00	1.00	\$ 5,920,726.22	\$ 5,920,726.22
conductor 2	viajes	12.00	1.00	\$ 4,918,286.18	\$ 4,918,286.18
Cambio de aceite	Und / 17.000 km	2.00	0.23	\$ 1,240,000.00	\$ 579,590.59
Cambio de neumáticos	Und / 80.000	36.00	0.05	\$ 1,325,000.00	\$ 2,368,901.25
Mantenimiento general y Lavado	UND	2.00	1.00	\$ 3,500,000.00	\$ 7,000,000.00
SOAT	UND	2.00	0.083	\$ 1,190,000.00	\$ 198,333.33
Seguro todo riesgo	UND	2.00	0.083	\$ 8,000,000.00	\$ 1,333,333.33
Revisión técnico-mecánica	UND	2.00	0.083	\$ 320,000.00	\$ 53,333.33
póliza Hidrocarburos	UND	2.00	0.083	\$ 3,000,000.00	\$ 500,000.00
Coste mensual de Afiliación	UND	2.00	1.00	\$ 4,225,706.52	\$ 8,451,413.05
TOTAL				\$ 36,622,789.88	

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se observa en la Tabla 30Tabla 29 los costos asociados a la operación en la Fase 4, demostrando que el coste mensual total es de 43.942.045,22 COP, equivalente a 9.727,72 euros, en donde predominan los conceptos del costo de los conductores de los

dos vehículos, del mantenimiento general y lavados de los mismos, el Combustible, y la afiliación mensual de servicios de la empresa de transporte.

Tabla 30. Costos operativos en fase 4 – escenario 1.

ítem	Unidad	Valor unidad	Cantidad	Valor	Subtotal
Combustible	km/Galón	6.25	5261.00	\$ 8,335.75	\$ 7,016,704.94
conductor 1	viajes	18.00	1.00	\$ 7,863,759.68	\$ 7,863,759.68
conductor 2	viajes	13.00	1.00	\$ 5,931,750.32	\$ 5,931,750.32
Cambio de aceite	Und / 17.000 km	2.00	0.31	\$ 1,240,000.00	\$ 767,487.06
Cambio de neumáticos	Und / 80.000	36.00	0.07	\$ 1,325,000.00	\$ 3,136,871.25
Mantenimiento general y Lavado	UND	2.00	1.00	\$ 3,500,000.00	\$ 7,000,000.00
SOAT	UND	2.00	0.083	\$ 1,190,000.00	\$ 198,333.33
Seguro todo riesgo	UND	2.00	0.083	\$ 8,000,000.00	\$ 1,333,333.33
Revisión técnico-mecánica	UND	2.00	0.083	\$ 320,000.00	\$ 53,333.33
póliza Hidrocarburos	UND	2.00	0.083	\$ 3,000,000.00	\$ 500,000.00
Coste mensual de Afiliación	UND	2.00	1.00	\$ 5,070,235.99	\$ 10,140,471.97
TOTAL				\$ 43,942,045.22	

Fuente: Elaboración propia.

7.2 Escenario dos

El escenario dos contempla dentro de la propuesta realizar el mayor número de viajes en el pozo Capachos, y un cargue desde el municipio de Paz de Ariporo. Según la matriz origen – destino que dispone la CREG, el valor unitario por metro cúbico descargado en Tame es de 160,091 \$/m³, 240,450 \$/m³ para Saravena, 423,543 \$/m³ para el municipio de Cubará, y 160,091 \$/m³ para el municipio de Fortul.

Según lo anterior, para la Fase 1 ingresarían debido a la operación 14.249.980,00 COP (pesos colombianos) equivalentes a 3.154,33 euros al mes. Para la Fase 2, se prevé un ingreso por operación de 25.928.338,00 COP equivalentes a 5.739,41 euros mensuales. Para la Fase 3 de la operación se recaudaría un valor de 33.071.212,00 COP equivalentes a 7.320,53 euros mensuales. Finalmente, para la Fase 4 se recaudaría por la prestación del servicio un total de 36.201.884,00 COP equivalentes a 8.013,52 euros

mensuales, lo que nos muestra un aumento en los ingresos a medida que se supera cada fase de operación.

Tabla 31. Remuneración por demanda de GNC de los clientes a 'Gases del Futuro' mensual en el escenario 2.

Fase	Municipio	Demanda mensual de Gas Natural (m3)	Tarifa CREG / m3	Subtotal	Total
Fase 1	Tame	80000.00	\$ 160.091	\$ 12,807,280.00	\$ 14,249,980.00
	Saravena	6000.00	\$ 240.450	\$ 1,442,700.00	
Fase 2	Tame	80000.00	\$ 160.091	\$ 12,807,280.00	\$ 25,928,338.00
	Saravena	44000.00	\$ 240.450	\$ 10,579,800.00	
	Cubará	6000.00	\$ 423.543	\$ 2,541,258.00	
Fase 3	Tame	80000.00	\$ 160.091	\$ 12,807,280.00	\$ 33,071,212.00
	Saravena	42000.00	\$ 240.450	\$ 10,098,900.00	
	Cubará	24000.00	\$ 423.543	\$ 10,165,032.00	
Fase 4	Tame	80000.00	\$ 160.091	\$ 12,807,280.00	\$ 36,201,884.00
	Saravena	44000.00	\$ 240.450	\$ 10,579,800.00	
	Cubará	24000.00	\$ 240.450	\$ 5,770,800.00	
	Fortul	44000.00	\$ 160.091	\$ 7,044,004.00	

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 32 se observan los costos asociados a la operación en la Fase 1, en donde se observa que el coste mensual total es de 6.859.759,49 COP, equivalente a 1.518,59 euros, aportado en gran medida por el costo del conductor, del mantenimiento general y lavados, Combustible, y la afiliación mensual de servicios de la empresa de transporte.

Tabla 32. Costos operativos en fase 1 – escenario 2.

ítem	Unidad	Valor unidad	Cantidad	Valor	Subtotal
Combustible	km/Galón	6.25	351.00	\$ 8,335.75	\$ 468,135.99
conductor 1	viajes	16.00	1.00	\$ 2,824,128.04	\$ 2,824,128.04
Cambio de aceite	Und / 17.000 km	1.00	0.0206471	\$ 1,240,000.00	\$ 25,602.35
Cambio de neumáticos	Und / 80.000	18.00	0.0043875	\$ 1,325,000.00	\$ 104,641.88
Mantenimiento general y Lavado	UND	1.00	1.00	\$ 1,500,000.00	\$ 1,500,000.00
SOAT	UND	1.00	0.0833333	\$ 1,190,000.00	\$ 99,166.67
Seguro todo riesgo	UND	1.00	0.0833333	\$ 8,000,000.00	\$ 666,666.67
Revisión técnico-mecánica	UND	1.00	0.0833333	\$ 320,000.00	\$ 26,666.67

póliza Hidrocarburos	UND	1.00	0.0833333	\$ 3,000,000.00	\$ 250,000.00
Coste mensual de Afiliación	UND	1.00	1.00	\$ 894,751.24	\$ 894,751.24
TOTAL				\$ 6,859,759.49	

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 33, los costos asociados a la operación en la Fase 2 demuestran que el coste mensual total es de 16.314.832,49 COP, equivalente a 3.611,62 euros, principalmente debido al vehículo adicional en operación, el costo de los conductores de los dos vehículos, del mantenimiento general y lavados de los mismos, el Combustible, y la afiliación mensual de servicios de la empresa de transporte.

Tabla 33. Costos operativos en fase 2 – escenario 2.

ítem	Unidad	Valor unidad	Cantidad	Valor	Subtotal
Combustible	km/Galón	6.25	999.00	\$ 8,335.75	\$ 1,332,387.04
conductor 1	viajes	15.00	1.00	\$ 3,019,651.17	\$ 3,019,651.17
conductor 2	viajes	9.00	1.00	\$ 2,371,442.72	\$ 2,371,442.72
Cambio de aceite	Und / 17.000 km	2.00	0.0587647	\$ 1,240,000.00	\$ 145,736.47
Cambio de neumáticos	Und / 80.000	36.00	0.0124875	\$ 1,325,000.00	\$ 595,653.75
Mantenimiento general y Lavado	UND	2.00	1.00	\$ 1,500,000.00	\$ 3,000,000.00
SOAT	UND	2.00	0.0833333	\$ 1,190,000.00	\$ 198,333.33
Seguro todo riesgo	UND	2.00	0.0833333	\$ 8,000,000.00	\$ 1,333,333.33
Revisión técnico-mecánica	UND	2.00	0.0833333	\$ 320,000.00	\$ 53,333.33
póliza Hidrocarburos	UND	2.00	0.0833333	\$ 3,000,000.00	\$ 500,000.00
Coste mensual de Afiliación	UND	2.00	1.00	\$ 1,882,480.67	\$ 3,764,961.34
TOTAL				\$ 16,314,832.49	

Fuente: Elaboración propia.

Al igual que en los costos de la Tabla 34, se observa en la Tabla 29 los costos asociados a la operación en la Fase 3, demostrando que el coste mensual total es de 17.473.659,45 COP, equivalente a 3.868,25 euros, diferenciándose en la fase anterior por el aumento en los kilómetros recorridos causados por el aumento de viajes, y principalmente debido al

vehículo adicional en operación, el costo de los conductores de los dos vehículos, del mantenimiento general y lavados de los mismos, el Combustible, y la afiliación mensual de servicios de la empresa de transporte.

Tabla 34. Costos operativos en fase 3 – escenario 2.

ítem	Unidad	Valor unidad	Cantidad	Valor	Subtotal
Combustible	km/Galón	6.25	1557.00	\$ 8,335.75	\$ 2,076,603.23
conductor 1	viajes	15.00	1.00	\$ 2,745,815.56	\$ 2,745,815.56
conductor 2	viajes	12.00	1.00	\$ 2,378,357.64	\$ 2,378,357.64
Cambio de aceite	Und / 17.000 km	2.00	0.0915882	\$ 1,240,000.00	\$ 227,138.82
Cambio de neumáticos	Und / 80.000	36.00	0.0194625	\$ 1,325,000.00	\$ 928,361.25
Mantenimiento general y Lavado	UND	2.00	1.00	\$ 1,500,000.00	\$ 3,000,000.00
SOAT	UND	2.00	0.0833333	\$ 1,190,000.00	\$ 198,333.33
Seguro todo riesgo	UND	2.00	0.0833333	\$ 8,000,000.00	\$ 1,333,333.33
Revisión técnico-mecánica	UND	2.00	0.0833333	\$ 320,000.00	\$ 53,333.33
póliza Hidrocarburos	UND	2.00	0.0833333	\$ 3,000,000.00	\$ 500,000.00
Coste mensual de Afiliación	UND	2.00	1.00	\$ 2,016,191.48	\$ 4,032,382.95
TOTAL				\$ 17,473,659.45	

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, se observa en la Tabla 35Tabla 29 los costos asociados a la operación en la Fase 3, demostrando que el coste mensual total es de 19.961.274,39 COP, equivalente a 4.418,95 euros, en donde predominan los conceptos del costo de los conductores de los dos vehículos, del mantenimiento general y lavados de los mismos, el Combustible, y la afiliación mensual de servicios de la empresa de transporte.

Tabla 35. Costos operativos en fase 4 – escenario 2.

ítem	Unidad	Valor unidad	Cantidad	Valor	Subtotal
Combustible	km/Galón	6.25	2328.00	\$ 8,335.75	\$ 3,104,901.94
conductor 1	viajes	18.00	1.00	\$ 3,010,570.88	\$ 3,010,570.88
conductor 2	viajes	13.00	1.00	\$ 2,426,669.52	\$ 2,426,669.52
Cambio de aceite	Und / 17.000 km	2.00	0.1369412	\$ 1,240,000.00	\$ 339,614.12

Cambio de neumáticos	Und / 80.000	36.00	0.0291	\$ 1,325,000.00	\$ 1,388,070.00
Mantenimiento general y Lavado	UND	2.00	1.00	\$ 1,500,000.00	\$ 3,000,000.00
SOAT	UND	2.00	0.0833333	\$ 1,190,000.00	\$ 198,333.33
Seguro todo riesgo	UND	2.00	0.0833333	\$ 8,000,000.00	\$ 1,333,333.33
Revisión técnico-mecánica	UND	2.00	0.0833333	\$ 320,000.00	\$ 53,333.33
póliza Hidrocarburos	UND	2.00	0.0833333	\$ 3,000,000.00	\$ 500,000.00
Coste mensual de Afiliación	UND	2.00	1.00	\$ 2,303,223.97	\$ 4,606,447.94
TOTAL				\$ 19,961,274.39	

Fuente: Elaboración propia.

8 Viabilidad del proyecto

Tras conocer los ingresos y costos asociados a la operación en el mes, es importante realizar un contraste con el fin de determinar cuál escenario termina siendo beneficioso y óptimo. Obtenidos los ingresos, y la cantidad de viajes realizados, obtenemos el valor de por trayecto en cada Fase. Obtenido el valor por trayecto y los kilómetros recorridos al mes, se calculó el indicador de coste por kilómetro.

Finalmente, se halló la utilidad bruta de la operación, calculando la diferencia entre el ingreso y el costo, y una vez calculado, obtenemos el porcentaje de utilidad con la relación entre utilidad e ingreso.

8.1 Escenario uno

El escenario uno demuestra un ingreso por trayecto en la Fase 1 de 2.665.503,25 COP, y un ingreso de 1.614,48 pesos por kilómetro recorrido. Para la Fase 2, se obtiene un ingreso por trayecto de 3.142.034,08 COP, traducido en 1.012,58 pesos por kilómetro recorrido. Para la Fase 3, se obtiene un ingreso por trayecto de 3.341.466,81 COP, traducido en 841,04 pesos por kilómetro recorrido. Finalmente, para la Fase 4 se obtiene un ingreso por trayecto de 3.864.018,71 COP, traducido en 734,46 pesos por kilómetro recorrido, como se observa en la Tabla 36.

Tabla 36. Indicador de Ingreso por kilómetro recorrido en escenario 1.

Fase	Ingreso	viajes	Ingreso por Trayecto	km/mes	Ingreso \$/km
Fase 1	\$ 42,648,052.00	16	\$ 2,665,503.25	1.651	\$ 1,614.48
Fase 2	\$ 75,408,818.00	24	\$ 3,142,034.08	3.103	\$ 1,012.58
Fase 3	\$ 90,219,604.00	27	\$ 3,341,466.81	3.973	\$ 841.04
Fase 4	\$ 119,784,580.00	31	\$ 3,864,018.71	5.261	\$ 734.46

Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma, se calculan los valores unitarios de costo por kilómetro recorrido y utilidad por kilómetro recorrido, en donde la utilidad más alta se presenta en la Fase 1. La menor utilidad se presenta en la fase 4 de la operación.

Tabla 37. Indicador de Coste y Utilidad por kilómetro recorrido en escenario 1.

Fase	Ingreso \$/km	Costo \$/km	Utilidad \$/km
Fase 1	\$ 1,614.48	\$ 566.86	\$ 1,047.62
Fase 2	\$ 1,012.58	\$ 451.51	\$ 561.07
Fase 3	\$ 841.04	\$ 341.40	\$ 499.64
Fase 4	\$ 734.46	\$ 269.43	\$ 465.03

Fuente: Elaboración propia.

Si bien en el indicador de utilidad por kilómetro en la Fase 4 es la más baja respecto a las fases anteriores, se observa en la Tabla 38 que la utilidad más alta se presenta en la misma, obteniendo un 63% en la utilidad con el ingreso más alto, por lo que el escenario uno resulta ser viable de implementación en la compañía.

Tabla 38. Indicador de Utilidad de la operación en escenario 1.

Fase	Ingreso	Coste de operación	Utilidad	Utilidad en %
Fase 1	\$ 42,648,052.00	\$ 14,974,194.25	\$ 27,673,857.75	65
Fase 2	\$ 75,408,818.00	\$ 33,625,168.33	\$ 41,783,649.67	55
Fase 3	\$ 90,219,604.00	\$ 36,622,789.88	\$ 53,596,814.12	59
Fase 4	\$ 119,784,580.00	\$ 43,942,045.22	\$ 75,842,534.78	63

Fuente: Elaboración propia.

8.2 Escenario dos

El escenario dos demuestra un ingreso por trayecto en la Fase 1 de 890.623,75 COP, y un ingreso de 2.537,39 pesos por kilómetro recorrido. Para la Fase 2, se obtiene un

ingreso por trayecto de 1.080.347,42 COP, traducido en 1.081,43 pesos por kilómetro recorrido. Para la Fase 3, se obtiene un ingreso por trayecto de 1.224.859,70 COP, traducido en 786,68 pesos por kilómetro recorrido. Finalmente, para la Fase 4 se obtiene un ingreso por trayecto de 1.167.802,71 COP, traducido en 501,63 pesos por kilómetro recorrido, como se observa en la Tabla 36.

Tabla 39. Indicador de Ingreso por kilómetro recorrido en escenario 2.

Fase	Ingreso	viajes	Ingreso por Trayecto	km/mes	\$/km
Fase 1	\$ 14,249,980.00	16	\$ 890,623.75	351	\$ 2,537.39
Fase 2	\$ 25,928,338.00	24	\$ 1,080,347.42	999	\$ 1,081.43
Fase 3	\$ 33,071,212.00	27	\$ 1,224,859.70	1557	\$ 786.68
Fase 4	\$ 36,201,884.00	31	\$ 1,167,802.71	2328	\$ 501.63

Fuente: Elaboración propia.

De la misma forma, se calculan los valores unitarios de costo por kilómetro recorrido y utilidad por kilómetro recorrido, en donde la utilidad más alta se presenta en la Fase 4. La menor utilidad se presenta en la fase 2 de la operación.

Tabla 40. Indicador de Utilidad de la operación en escenario 2.

Fase	Ingreso \$/km	Costo \$/km	Utilidad \$/km
Fase 1	\$ 2,537.39	\$ 1,221.47	\$ 393.01
Fase 2	\$ 1,081.43	\$ 680.47	\$ 332.11
Fase 3	\$ 786.68	\$ 415.65	\$ 425.39
Fase 4	\$ 501.63	\$ 276.59	\$ 457.87

Fuente: Elaboración propia.

Si bien en el indicador de utilidad por kilómetro en la Fase 4 es la más alta respecto a las fases anteriores, se observa en la Tabla 41; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que la utilidad más baja se presenta en la misma, obteniendo un 45% en la utilidad con el ingreso más alto. Sin embargo, debido a que la utilidad y los ingresos son mayores en el escenario uno, el escenario dos resulta ser viable en menor medida que el escenario uno.

Tabla 41. Indicador de Coste y Utilidad por kilómetro recorrido en escenario 2.

Fase	Ingreso	Coste de operación	Utilidad	Utilidad en %
Fase 1	\$ 14,249,980.00	\$ 6,859,759.49	\$ 7,390,220.51	0.52
Fase 2	\$ 25,928,338.00	\$ 16,314,832.49	\$ 9,613,505.51	0.37
Fase 3	\$ 33,071,212.00	\$ 17,473,659.45	\$ 15,597,552.55	0.47



Fase 4	\$ 36,201,884.00	\$ 19,961,274.39	\$ 16,240,609.61	0.45
--------	------------------	------------------	------------------	------

Fuente: Elaboración propia.

9 Conclusiones y recomendaciones

Tras evaluar cada una de las propuestas contenidas en el presente estudio, es indispensable indicar las recomendaciones fundamentales encontradas en el análisis de las propuestas, escenarios y fases de operación en la gestión de la compañía 'Gases del Futuro'. Según lo anterior, a continuación, se relacionan las conclusiones y recomendaciones para la compañía:

- Para la compañía 'Gases del Futuro' le es viable prescindir tercerizar la operación y gestión de la flota para operarla de manera propia, de manera que implementando algunos de los escenarios propuestos, la utilidad generada por concepto de transporte aumentaría la rentabilidad de la compañía, teniendo en cuenta que actualmente no se recibe utilidad de las actividades de transportes aquí descritas.
- Al observar cada uno de los escenarios propuestos, se encontró que es rentable para la compañía utilizar el punto de cargue de Paz de Ariporo como su punto principal, dejando como respaldo el punto de Aguazul o Capachos, lo anterior debido principalmente a que los porcentajes de utilidad en el escenario uno, en sus fases 1 y 4, se encuentran al alza y por encima del 60%, mientras que en el escenario dos, los porcentajes de utilidad a medida que se cumplen las fases de operación tienden a la baja.
- Al tener en cuenta que la tarifa de cobro a los usuarios por transporte se justifica en la normativa de transporte de Gas Natural Comprimido dispuesta por la Comisión de Regulación de Energía y Gas de Colombia, es viable para los clientes la propuesta económica y no sufriría variación alguna en los cobros anteriormente realizados, ya que se propone utilizar el mismo punto de cargue de la operación inicial.
- Se recomienda a la compañía 'Gases del Futuro' realizar un estudio que permita optimizar los tiempos de descarga del Gas Natural Comprimido, ya que es la actividad que ocupa mayor porcentaje en la operación y distribución de Gas y que limita la cantidad de viajes que se puedan realizar en el mes.



10 Bibliografía

- Decreto N° 173, Presidencia de la República de Colombia, 5 de febrero de 2001.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4308>
- Decreto N° 1079, Ministerio de Transporte de la Republica de Colombia, 26 de mayo de 2015. <https://www.mintransporte.gov.co>
- De Colombia, C. P. (1991). Constitución política de Colombia. Bogotá, Colombia: Leyer, 1.
- Icontec Internacional (2005) Transporte. Mercancías Peligrosas Clase 2. Condiciones de Transporte Terrestre. (NTC 2880) <https://www.misgsst.com/pagina/NTC-2880>
- Icontec Internacional (2012) Tipología para vehículos de transporte de carga por carretera (NTC 4788-2) http://www.nuevalegislacion.com/files/susc/cdj/conc/ntc_4788_2_12.pdf
- Ley N° 105, Congreso de Colombia, 30 de diciembre de 1993 <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=296>
- López, J. R. F. (2017). Movilidad con gas natural: una solución rentable para el transporte. Cuadernos de energía, (52), 69-77
- Moral, L. (2014). Logística del transporte y distribución de carga. Ecoe Ediciones.
- Osorio-Tejada, J., Llera, E., & Scarpellini, S. (2015). LNG: an alternative fuel for road freight transport in Europe. WIT Transactions on The Built Environment, 168, 235-246
- Sattari, S. y Roshandel, R. (2007, octubre). Análisis del sistema de transporte móvil de GNC como forma de abastecimiento temporal de energía a los usuarios finales. En Actas de la Conferencia Internacional WSEAS sobre Planificación Energética, Ahorro de Energía, Educación Ambiental, Arcachon, Francia (págs. 14-16).
- Tanco, P. (2019). Propuesta de Implementación de Herramientas Lean Manufacturing para reducir los costos de transporte virtual de gas natural comprimido de una Empresa en el Norte del Perú.
- Resolución N° 744 Ministerio de Transporte de la Republica de Colombia, 4 de marzo de 2009 <https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/990-resolucion-000744-del-04-de-marzo-de-2009/file>
- Comisión de Regulación de Energía y Gas. (24 de Febrero de 2005). *RESOLUCIÓN No.008 del 24 de Febrero de 2005*. Obtenido de <http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/Indice01/Resoluci%C3%B3n-2005-CREG008-2005>
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC). (2000). *NTC - 4788 TIPOLOGÍA PARA VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGA TERRESTRE*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

