

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE UNA ESTACION SATELITAL DE
DESCARGA PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL EN LA POBLACION DE
SAN LUCAS EN EL DEPARTAMENTO DE CHUQUISACA**

**TRABAJO EN OPCION A DIPLOMADO EN TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO
Y DISTRIBUCION DE HIDROCARBUROS**

LUIS FERNANDO MUNGUIA ZAMURIANO

Sucre – Bolivia

2023

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Munguía Zamuriano Luis Fernando

Sucre, 01 de diciembre de 2023

DEDICATORIA

A mis padres Edwin Eddy Munguía Gonzales, Magali Mónica Zamuriano Corrales, a mis hermanas Ericka Munguía Zamuriano y Natalia Munguía Zamuriano y mi tío Erick Zamuriano Corrales que fueron el apoyo fundamental para realizar mi objeto de salir profesional.

Especialmente a mi abuela Edda Corrales Nuñez, la cual me apoyo siempre dándome el impulso que necesitaba para poder culminar mis estudios sin ella no podría haber concluido esta importante etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer primeramente a Dios por darme las fuerzas para no decaer en toda la etapa de mi formación profesional.

A mi familia que me apoyo desde un inicio, desde mi primer día de clases hasta el último, que me dieron el impulso necesario para verme salir adelante, los quiero y que Dios los bendiga siempre.

A la universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca, gracias por abrirme las puertas, a la facultad de Ciencias y Tecnología, al plantel docente que me brindaron sus conocimientos para mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros de carrera con los cuales nos apoyamos para lograr este importante logro en nuestra vida.

RESUMEN

La presente monografía es una propuesta de distribución de Gas Natural, mediante la implementación de una Estación Satelital de Descarga (ESD), donde se recopila toda la información necesaria acerca de esta, que oriente a los lectores la importancia de la distribución de Gas Natural y la función que desempeña este tipo de sistemas de distribución de Gas Natural.

Este proyecto por ello tiene como meta principal realizar una propuesta de implementación de una Estación Satelital de Descarga (ESD) en la población de San Lucas en departamento de Chuquisaca, el cual no se beneficia de un sistema de distribución de gas domiciliario.

En la propuesta de implementación de la estación se concediera el número de usuarios proyectados de la población de San Lucas, posteriormente se calcula la demanda de Gas Natural y con esta demanda el volumen total requerido de Gas Natural Comprimido (GNC) para suministrar a la estación.

Se pasará posteriormente a una selección de los equipos de almacenamiento y transporte más convenientes y disponibles del mercado, basándose previamente en el volumen que fue estimado para optar por la selección de estos.

Aplicando la normativa del Decreto Supremo N.º 1539 el cual reglamenta los trabajos con Gas Natural Comprimido (GNC) se hará la selección del terreno donde se instalará la Estación Satelital de Descarga (ESD).

Pasando finalmente a un análisis económico de la propuesta, consultando páginas y catálogos con los precios establecidos para estos tipos de sistemas de transporte de Gas Natural por un gasoducto virtual.

Con todas las anteriores descripciones mencionadas, se verá la factibilidad de la propuesta en la presente monografía, analizando los datos de demanda y costos en su implementación para el suministro de Gas Natural en la población de San Lucas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.1.1 Planteamiento del problema	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.3.1 Justificación Practica.....	3
1.3.2 Justificación Teórica	4
1.4 METODOLOGÍA	4
1.4.1 Técnicas de Investigación.....	4
1.4.2 Instrumentos de Investigación	4
CAPÍTULO II: DESARROLLO.....	5
2.1 MARCO TEÓRICO	5
2.1.1 Marco Conceptual	5
2.1.1.1 Gas Natural.....	5
2.1.1.1.1 Composición del Gas Natural.....	5

2.1.1.1.2 Características Físico-Químicas del Gas Natural.....	6
2.1.1.1.3 Usos Del Gas Natural	7
2.1.1.1.4 Ventajas del Gas Natural.....	8
2.1.1.1.5 Cadena del Gas Natural (Extracción, transporte, distribución y comercialización del Gas Natural).....	8
2.1.1.2 Elementos constituyentes del transporte y distribución del Gas Natural.....	12
2.1.1.2.1 Gasoductos	12
2.1.1.2.2 Estación de Recepción y Despacho (City Gate)	12
2.1.1.2.3 Red Primaria.....	12
2.1.1.2.4 Puente de regulación (PRM).....	12
2.1.1.2.5 Red Secundaria.....	12
2.1.1.3 Gas Natural comprimido	13
2.1.1.3.1 Características del Gas Natural Comprimido.....	13
2.1.1.4 Cadena de distribución del Gas Natural Comprimido	13
2.1.1.4.1 Estación de compresión.....	14
2.1.1.4.2 Vehículo transportador de GNC.....	14
2.1.1.4.3 Estación de descompresión.....	14
2.1.1.5 Componentes y proceso de una Estación Satelital de Descarga.....	14
2.1.1.5.1 Unidad de compresión.....	14
2.1.1.5.2 Proceso de Recepción de la Unidad de Transporte	15
2.1.1.5.3 Puente o cabezal de descarga automática.....	16
2.1.1.5.4 Módulo de filtración	18
2.1.1.5.5 Proceso de regulación.....	19
2.1.1.5.6 Módulo de calentamiento	19
2.1.1.5.7 Módulo de control	20

2.1.1.6 Normativa.....	21
2.1.1.6.1 Decreto Supremo N.º 1539 de 20 de marzo de 2014. Reglamento Técnico para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Abandono de Plantas de Gas Natural Comprimido y Sistemas de Descarga de Gas Natural Comprimido – GNC	21
2.1.1.7 Cálculo de demanda del Gas Natural.....	22
2.1.1.7.1 Proyección de habitantes y número de viviendas.....	22
2.1.1.7.2 Consumo Domestico	23
2.1.1.7.3 Consumo Comercial	23
2.1.1.7.4 Consumo Total	24
2.1.1.7.5 Volumen mínimo requerido de GNC	24
2.1.2 Marco Contextual.....	25
2.1.2.1 Descripción General	25
2.1.2.2 Ubicación Geográfica.....	26
2.1.2.3 Contexto Económico	26
2.1.2.4 Diagnóstico sobre la distribución de Gas en la población de San Lucas.....	27
2.1.2.5 Opciones para el abastecimiento de GNC.....	28
2.1.2.5.1 Culpina.....	28
2.1.2.5.2 City Gate Betanzos	29
2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS	30
2.2.1 Información Población y vivienda San Lucas.....	30
2.2.2 Cálculo de habitantes y viviendas en la población de San Lucas.....	31
2.2.3 Consumo Doméstico	32
2.2.4 Consumo Comercial	33
2.2.5 Consumo Total	33
2.2.6 Cálculo del volumen mínimo requerido de GNC	33

2.2.6.1 Selección del contenedor portátil de GNC.....	34
Los cilindros de almacenamiento tienen que cumplir con las normas ISO9809-1 y la norma ISO9809-2 que norman las presiones de trabajo de los cilindros.....	35
2.2.6.2 Plataformas.....	35
2.2.6.3 Sistema de transporte.....	36
2.2.7 Propuesta de selección del área para implementación de la estación satelital de descarga	37
2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	38
2.3.1 Estimación económica.....	38
2.3.2 Evaluación de datos obtenidos	39
CAPITULO III CONCLUSIONES	40
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ANEXOS.....	44
Anexo 1: Plano P&ID de una estación satelital de descarga (ESD).	44
Anexo 2: Diagrama de flujo y proceso ESD (PFD).	45
Anexo 3: Ejemplo de instalación de una plataforma de Almacenamiento y Carga/Descarga.....	46
Anexo 4: Ejemplo de Instalación de los Módulos de Almacenamiento y transporte.	47
Anexo 5: Figura de una Estación de Descompresión de gas natural comprimido.	48
Anexo 6: Normas técnicas del Decreto Supremo N.º 1539.	49
Anexo 7: Mapa informativo de San Lucas.	50
Anexo 8: Información de combustibles utilizados para cocinar.	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Distancia Gasoducto más cercano a San Lucas (gasoducto Sucre-Potosí)</i>	2
Figura 2: <i>Construcción del Gasoducto Sucre-Potosí</i>	9
Figura 3: <i>Transporte de Gas Natural por buques metaneros</i>	9
Figura 4: <i>Transporte de Gas Natural Comprimido</i>	10
Figura 5: <i>Transporte de Gas Natural Licuado</i>	11
Figura 6: <i>Esquema sobre el transporte del Gas Natural Comprimido</i>	13
Figura 7: <i>Unidad de compresión</i>	15
Figura 8: <i>Recepción de las Unidades de Transporte en la ESD</i>	16
Figura 9: <i>Cabezal de descarga del Gas Natural Comprimido</i>	17
Figura 10: <i>Manifold de recarga de GNC hacia los cilindros de almacenaje</i>	17
Figura 11: <i>Módulo de filtración</i>	18
Figura 12: <i>Módulo de calentamiento</i>	19
Figura 13: <i>Módulo de control</i>	20
Figura 14: <i>Municipio San Lucas y sus cantones</i>	25
Figura 15: <i>Ubicación geográfica de San Lucas</i>	26
Figura 16: <i>Distancia desde San Lucas a Culpina</i>	29
Figura 17: <i>City Gate Betanzos</i>	30
Figura 18: <i>Vista de los módulos de almacenamiento y transporte (Empresa Galileo)</i>	35
Figura 19: <i>Estructura de una PAC y PAD</i>	36
Figura 20: <i>Remolque de los módulos de almacenamiento</i>	37
Figura 21: <i>Ubicación de la Estación Satelital de Descarga (ESD)</i>	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Composición promedio del Gas Natural en Bolivia.</i>	6
Tabla 2: <i>Características físico químicas del Gas Natural.</i>	7
Tabla 3: <i>Normativa para estaciones de GNC.</i>	22
Tabla 4: <i>Coordenadas UTM de la población de San Lucas.</i>	26
Tabla 5: <i>Medios utilizados para la cocción de alimentos.</i>	27
Tabla 6: <i>Datos de Población y Vivienda del Municipio de San Lucas.</i>	30
Tabla 7: <i>Proyección de Población y Vivienda de la población de San Lucas.</i>	31
Tabla 8: <i>Información de equipos.</i>	32
Tabla 9: <i>Características de los módulos de almacenamiento y transporte (MAT).</i>	34
Tabla 10: <i>Características Técnicas de una Plataforma de Almacenamiento.</i>	35
Tabla 11: <i>Coordenadas UTM selección del terreno.</i>	38
Tabla 12: <i>Costos de inversión para una estación satelital de descarga (ESD).</i>	38

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En Bolivia desde el año 2014, YPFB puso en marcha la Planta de GNL (gas virtual) con el ensayo de carga, transporte y distribución del Sistema Virtual de gas natural licuado a tres poblaciones de las 27 que serán beneficiadas en una primera fase (Decreto Supremo 2159). Siendo estos los primeros departamentos que gozan con este sistema de distribución de gas natural, los cuales son: La Paz que cuenta con 8 (ESR), Pando con 2 (ESR), Beni con 3 (ESR), Santa Cruz con 7 (ESR), Potosí con 3 (ESR) y Oruro con 3 (ESR), de los cuales ya se encuentran en funcionamiento y otros en proceso de construcción según la ficha técnica de la ANH. (ANH, Planta de GNL entra en operación para proveer de gas a 27 ciudades, 2016)

En Chuquisaca, en la población de Culpina, se tiene planificado la primera estación satelital de regasificación del departamento. (Consejo Municipal Culpina, 2021)

Como investigación universitaria se tiene un proyecto de grado correspondiente a la facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad San Francisco Xavier de Chuquisaca con el tema de “Suministro de gas natural por el sistema virtual a la población de puna-Potosí” en el año 2017, siendo la autora de este proyecto la Srta. Quispe Vedia Belinda Ada. (Quispe Vedia, 2017).

Ya en investigaciones nacionales se tiene un proyecto titulado “Estudio técnico para la implementación de una estación satelital de regasificación en la población Santiago de Cotagaita”, realizada por Elvis Yamil Segovia Gonzales en el año 2019, en la universidad privada Domingo Savio. (Segovia Gonzales , 2019)

Estos proyectos mencionados servirán de apoyo para la investigación de la monografía, ya que el tema central es la de realizar un sistema de distribución de gas natural por un sistema virtual.

En Bolivia no se tienen antecedentes de una estación satelital de descarga (ESD) en funcionamiento o construcción, lo cual es una alternativa en el suministro de gas natural a poblaciones alejadas de los gasoductos convencionales y de la planta de licuefacción de Rio Grande.

1.1.1 Planteamiento del problema

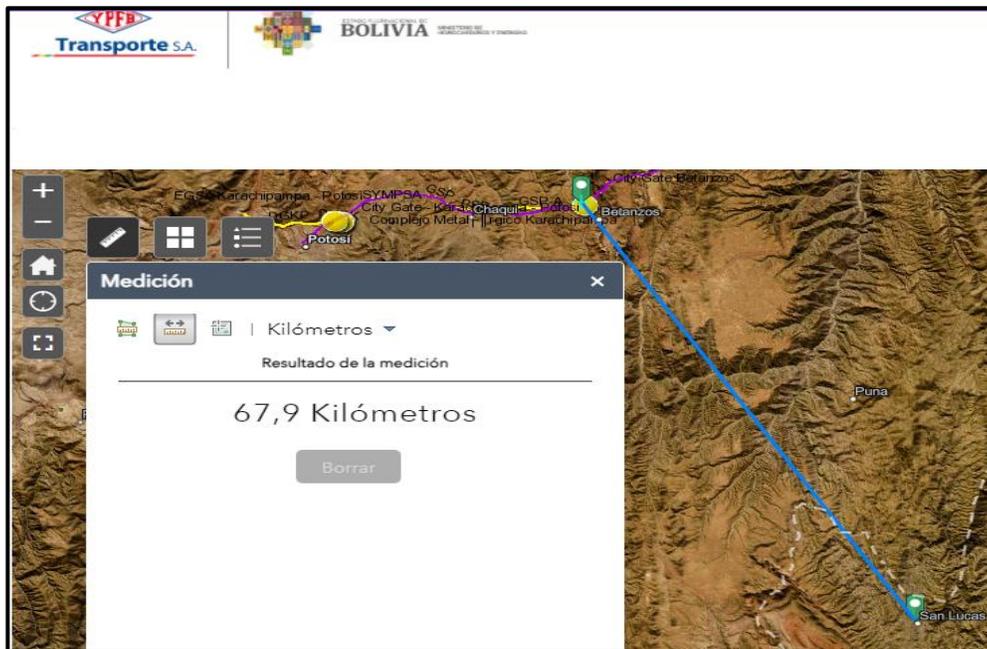
En las poblaciones del país las conexiones de gas natural domiciliario son limitadas, ya sea por la baja densidad poblacional, las condiciones topográficas o la lejanía de los gasoductos, estos factores afectan al momento de querer realizar un suministro de gas natural por cañería.

En el caso de San Lucas se presenta esta situación de la que no goza de un suministro de gas natural por redes de gas, ya que el gasoducto más cercano está a más de 60 Km de la población.

El único abastecimiento de este carburante se lo hace mediante las garrafas de GLP, la cual su distribución es irregular en la población y elevándose su costo.

Por estos motivos se ve afectada la población de San Lucas, impidiendo de tal manera el desarrollo productivo que podría llegar a alcanzar la población con un suministro constante de gas natural.

Figura 1: Distancia Gasoducto más cercano a San Lucas (gasoducto Sucre-Potosí).



Fuente: Extraído de la página web YPFB Transporte Mapa Interactivo.

En la anterior figura se puede observar la distancia desde la población de San Lucas hasta el Gasoducto Sucre-Potosí (GSP), el cual está a 67.9 Km, también mostrando las condiciones topográficas del trayecto donde se aprecia un terreno accidentado.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Realizar el estudio para proponer la implementación de una estación satelital de descarga (ESD) para el suministro de gas natural en la población de San lucas en el departamento de Chuquisaca.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual del sistema de distribución de gas natural en la población de San Lucas.
- Realizar la proyección de la demanda de consumo de gas natural en la población de San Lucas para 20 años.
- Establecer el volumen de almacenamiento y selección de los módulos de distribución de Gas Natural Comprimido (GNC) para la estación satelital de descarga (ESD).
- Seleccionar el terreno para la ubicación de la estación satelital de descarga (ESD) de acuerdo a la normativa establecida.
- Realizar un análisis de costos para la implementación.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Practica

La presente investigación que pretende proponer la implementación de una estación satelital de descarga, que podrá abastecer de este recurso energético de manera continua así la población de San Lucas con el abastecimiento de gas natural tendrá beneficios en la población como: dejar de depender de la leña como fuente de combustible, un menor daño económico en la compra de garrafas de GLP. Además, la instalación de la estación satelital de descarga generaría nuevas fuentes de empleos indirectos por la construcción de esta, por otra parte, es de interés personal aplicar lo aprendido respecto a la temática de transporte de hidrocarburos como especialidad en downstream.

1.3.2 Justificación Teórica

En el siguiente trabajo se desarrolló lo aprendido en los módulos de Almacenamiento, Transporte Distribución de Hidrocarburos, Ingeniería del Gas Natural I Y II y Legislación de los Hidrocarburos, mediante los cuales se pudo desarrollar el trabajo de mejor manera.

1.4 METODOLOGÍA

La presente monografía es una investigación propositiva, con un enfoque cuantitativo (Sampieri, 2014)

1.4.1 Técnicas de Investigación

La información necesaria para el desarrollo de la presente monografía fue extraída a través de la página del INE (Instituto Nacional de Estadística) que son los datos estadísticos del último censo de población y vivienda del año 2012 de la población de San Lucas, por otra parte, de publicaciones realizadas por la Gerencia Nacional de Redes de Gas y Ductos, donde se muestran las operaciones del trabajo del sistema de gas virtual y sus características.

1.4.2 Instrumentos de Investigación

La información se recopiló en un cuaderno de notas, apuntando los datos extraídos para posteriormente introducir en tablas elaboradas en Excel para la interpretación de los cálculos correspondientes.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Marco Conceptual

2.1.1.1 Gas Natural

Durante millones de años, microorganismos vegetales y animales arrastrados por los ríos, junto con lodo y arena se depositaron en el fondo de los antiguos mares, mezclándose con enormes cantidades de microorganismos marinos. Con el transcurrir de los milenios, se fueron formando capas de cientos de metros de espesor que, bajo el peso de nuevas capas, se compactaron generando las rocas sedimentarias, en las cuales se empezaron a formar el petróleo y el gas, en un largo proceso por efecto de la presión, la temperatura, las bacterias y posiblemente otras fuerzas naturales y reacciones químicas.

El gas natural era desconocido en Europa hasta su descubrimiento en Inglaterra en 1659, e incluso entonces, no se masificó su utilización.

El transporte de gas por largas distancias se hizo practicable a fines de la segunda década del siglo XX por un mayor avance de la tecnología de tuberías. (Arevalo Ropain, Orlando Rafael; Ortiz Ayala, Jorge Andrés, 2011, págs. 3-6)

La utilización del gas tiene un pasado reciente en nuestro país, durante la década de los años setenta se pasó del máximo de exportación de crudo a la crisis que obligó a encontrar nuestra riqueza gasífera. (Medinaceli, Mauricio, 2021, págs. 169-226)

2.1.1.1.1 Composición del Gas Natural

Los tipos más comunes de gas natural que ocurren en el mundo son los siguientes:

Gas ácido: Gas que contiene más de 6 mg/m³ de H₂S.

Gas dulce: Gas que contiene menos del 6 mg/m³ de H₂S.

Gas húmedo: Gas con contenido de humedad mayor a 14 cm³ de agua por m³ de gas.

Gas seco: Gas con contenido menor a 14 cm³ de agua por m³ de gas.

Gas rico: Gas que contiene una cantidad significativa de compuestos más pesados que el etano, alrededor de 95 cm³ de C₃⁺ por m³ de gas.

Gas pobre: Gas que contiene pocas cantidades de propano y más pesados. (Escalera, Saúl J., 2004, pág. 518)

Tabla 1: *Composición promedio del Gas Natural en Bolivia.*

Componente	Mezcla (% Vol.)	Carrasco (% Vol.)
Metano	88,36	84,25
Etano	7,17	6,89
Propano	1,57	2,74
Butanos	0,19	1,13
Más Pesados	0,63	0,68
Dióxido de Carbono	1,14	3,99

Fuente: Extraído del estudio de Gas natural boliviano de Escalera Saul (2004).

En la tabla 1 se presenta un detalle de la composición promedio del gas natural como mezcla de varios lugares de Bolivia y de la Provincia Carrasco en Cochabamba.

2.1.1.1.2 Características Físico-Químicas del Gas Natural

El gas natural es del 35 a 40% más liviano que el aire, lo que significa que se disipa en la atmosfera en caso de fuga, no tiene sabor ni color por lo que se agrega mercaptano para detectar su presencia, no produce envenenamiento al ser inhalado; la combustión se produce con la presencia de combustible, oxígeno y calor, estos tres elementos forman el llamado triangulo de combustión. (Ormeño Salcedo, Victor; Espinosa Quiñones, Luis; Palacios Olivera, Carlos; Barreda Grados, Virginia; Echegaray Pacheco, Oscar, 2012, págs. 3-4).

En la siguiente tabla se observa las características Físico-químicas del Gas Natural, describiendo las propiedades de: gravedad específica, poder calorífico, presión de suministro, estado físico y el color/olor.

Tabla 2: *Características físico químicas del Gas Natural.*

Propiedad	Gas Natural
Gravedad Especifica	0,60
Poder Calorífico	9 200 kcal/m ³
Presión de Suministro	19 mbar
Estado Físico	Gaseoso sin límite de compresión Líquido a -160 °C y a presión atmosférica
Color/Olor	Incoloro/ Inodoro

Fuente: Extraído de El gas natural y sus diferencias con el GLP.

Con la información de la tabla 2 se la puede usar para un diseño de procesos industriales, el transporte y almacenamiento, el control de emisiones y la calidad del gas natural.

2.1.1.1.3 Usos Del Gas Natural

En la actualidad, las aplicaciones del gas natural son múltiples, tanto a nivel productivo como de uso diario, ya sea en los hogares, comercio, industrias y transporte, siendo una alternativa segura, eficiente y competitiva. Algunas de sus aplicaciones son:

- Combustible doméstico para cocción de alimentos, calentamiento de agua y calefacción, proveyendo energía limpia para el hogar, entre otras múltiples aplicaciones.
- Climatización que sirve para acondicionar el aire, uso que fue descubierto en la década de los cuarenta.
- Cogeneración en producción de energía eléctrica y de vapor.
- Combustible para generación de energía eléctrica en centrales termoeléctricas.
- Combustible para vehículos: automóviles, camionetas, buses.

- Utilizado como materia prima para industrias petroquímicas. Es adecuado para la fabricación de amoníaco, producto base de toda la industria de abonos nitrogenados, y de Metanol. (Yanet, 2015)

2.1.1.1.4 Ventajas del Gas Natural

Las ventajas del uso del Gas natural son:

- En el ámbito ambiental facilita el cumplimiento exigente de normas ambientales y la baja emisión de contaminantes en su combustión
- En el ámbito económico el gas natural es el combustible de menor precio y permite obtener importantes ahorros en relación con otros combustibles.
- En operaciones con el Gas Natural No requiere almacenamiento, no requiere preparación previa a su utilización, los equipos son fáciles de limpiar, el rendimiento del gas es mayor que al de otros combustibles.
- En mantenimiento el control, la limpieza, y la verificación de los equipos utilizados en el mantenimiento del gas se realiza en menor tiempo y con mayor precisión que los de cualquier otro combustible. (Yanet, 2015)

2.1.1.1.5 Cadena del Gas Natural (Extracción, transporte, distribución y comercialización del Gas Natural)

- **Extracción del Gas Natural**

El Gas Natural se extrae de pozos subterráneos o submarinos, proceso de extracción muy similar al del petróleo. Posteriormente se le extrae el exceso de agua, así como también sus impurezas. (Arevalo Ropain, Orlando Rafael; Ortiz Ayala, Jorge Andrés, 2011, pág. 18)

- **Transporte del Gas Natural**

El Gas Natural es transportado mediante gasoductos hacia las ciudades para su consumo, sin embargo, en algunas ocasiones, por temas de distancias y costos se utilizan otras

formas de transporte como ser:

Gasoductos: Es la forma más conocida y usada de transporte del Gas Natural a gran escala, suelen tener una red de gasoductos que se conectan al gasoducto principal con el fin de abastecer a las poblaciones cercanas en la trayectoria del mismo.

En la figura que se presenta a continuación, se observa la construcción de un sistema de distribución de Gas Natural a través de un gasoducto, el gasoducto Sucre-Potosí que inicio su construcción el año 1979 que entró en operación el año 1982 con una longitud de 110.6 Km con un diámetro nominal de 6 y 4 pulgadas. (Energía Bolivia, 2017)

Figura 2: Construcción del *Gasoducto Sucre-Potosí*.



Fuente: Extraído del sitio web Energía Bolivia.

Buques Metaneros: Este sistema de transporte se usa cuando las distancias son bastante amplias entre el punto de producción y el de consumo. En este caso la opción de la construcción de un gasoducto llegaría a ser demasiado costosa.

Figura 3: Transporte de Gas Natural por buques metaneros.



Fuente: Extraído de la página web ABC economía.

En la figura anterior se puede observar un buque metanero transportando Gas Natural Licuado, llegando al puerto de España en Barcelona para su descarga.

Gasoductos Virtuales: Este sistema consiste en el transporte terrestre de Gas Natural a distancias relativamente cortas utilizando camiones especialmente acondicionados para este fin. Existen diversas tecnologías desarrolladas en este campo que permiten abastecer a lugares cuya demanda resulta pequeña y no justifica económicamente la construcción de un gasoducto.

Hay dos opciones de hacer uso de este transporte de gas virtual como ser:

Usando Gas Natural Comprimido (GNC): El gas natural comprimido se obtiene mediante la compresión del mismo gas, es decir reduciendo su volumen 100 veces. En su uso se destaca como combustible para vehículos al ser un combustible más limpio, también en procesos industriales que requieren de mucho calor, para la generación de energía y como uso doméstico donde no llegan los gasoductos.

Figura 4: *Transporte de Gas Natural Comprimido.*



Fuente: Extraído de la página web Galileo Technologies.

En la figura anterior se puede observar el procedimiento de transporte de los módulos de almacenamiento y transporte de Gas Natural Comprimido, donde son descargados en plataformas para su descarga y descompresión y distribución.

Usando Gas Natural Licuado (GNL): Para este sistema de transporte se replica lo indicado en el caso buques metaneros, debido a que se enfría el Gas Natural a menos

161°C, convirtiéndolo en líquido (GNL) y reduciéndolo en 600 veces su volumen. (Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía , 2015, págs. 1-6)

En la siguiente figura se puede observar el transporte de Gas Natural Licuado (GNL) mediante cisternas en Bolivia:

Figura 5: *Transporte de Gas Natural Licuado.*



Fuente: Extraído de la página web de YPFB Transporte.

En Bolivia la distribución de Gas Natural Licuado (GNL) se la hace desde la planta de Licuefacción de Rio Grande ubicada en el departamento de Santa Cruz.

- **Distribución por redes de Gas Natural**

Las redes de distribución tienen la tarea de transportar el gas natural desde el “City Gate” o lugar de entrega del gas, hasta los usuarios conectados a esta red. Estas redes se dividen en: redes primarias y redes secundarias. (Alvarez Molina, Franklin, 2006, pág. 42).

- **Comercialización del Gas Natural**

El Reglamento de Comercialización de Gas Natural crea lo que se denomina el Comité Agregador, constituido por YPFB y productores de gas natural. Este Comité tiene entre otras funciones la de nominar los volúmenes efectivos que serán bombeados de acuerdo a cada contrato y la participación de las empresas productoras. De la misma manera, establece la modalidad de los reportes de reservas probadas en el territorio nacional. La comercialización de gas natural en el país está destinado a la exportación del gas natural a través de gasoductos, con el objeto de cumplir contratos de compra y venta con países

vecinos, la comercialización en el mercado interno corresponde a las categorías: comercial, doméstico, industrial y a las estaciones de servicio. (ANH, Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2018).

2.1.1.2 Elementos constituyentes del transporte y distribución del Gas Natural

2.1.1.2.1 Gasoductos

Consiste en una conducción de tuberías para que el gas natural, circule a alta presión, desde un punto de origen hasta un centro de distribución por lo que consiste en una infraestructura que transporta el gas a lo largo de grandes distancias. (Structuralia, 2021).

2.1.1.2.2 Estación de Recepción y Despacho (City Gate)

Son instalaciones destinadas a la recepción, filtrado, medición, odorización, control de calidad y despacho del Gas Natural. Es el punto que separa el sistema de transporte con el sistema de distribución. (ANH, Resolución administrativa de normas , 2015).

2.1.1.2.3 Red Primaria

Es el conjunto de tuberías de acero que conforman la matriz del sistema de distribución a partir de la estación de recepción y despacho, cuya presión de operación supera los 4 bar hasta los 42 bares, por lo cual también se denominan Sistemas de Alta Presión. (ANH, Resolución administrativa de normas , 2015)

2.1.1.2.4 Puente de regulación (PRM)

El puente de regulación y medición (PRM) tiene por objeto asegurar una presión de salida de valor constante, independiente de las variaciones de presiones de suministro fijada por la distribuidora, en caso de usuarios directos el PRM estará conectado a la red de transporte a través de la línea de acometida de Gas Natural. (ANH, Resolución administrativa de normas , 2015).

2.1.1.2.5 Red Secundaria

Es el conjunto de tuberías de polietileno que conforman sistemas reticulares a partir de los puestos de regulación distrital y operan a una presión entre los 0,4 bar hasta los 4 bar por lo cual

también se denominan Sistemas de Media Presión. (ANH, Resolución administrativa de normas , 2015).

2.1.1.3 Gas Natural comprimido

El gas natural comprimido, más conocido por la sigla GNC, es un combustible para uso, domestico, comercial y vehicular que, por ser económico y ambientalmente más limpio, es considerado una alternativa sustentable para la sustitución de combustibles líquidos. (carburagas, 2023)

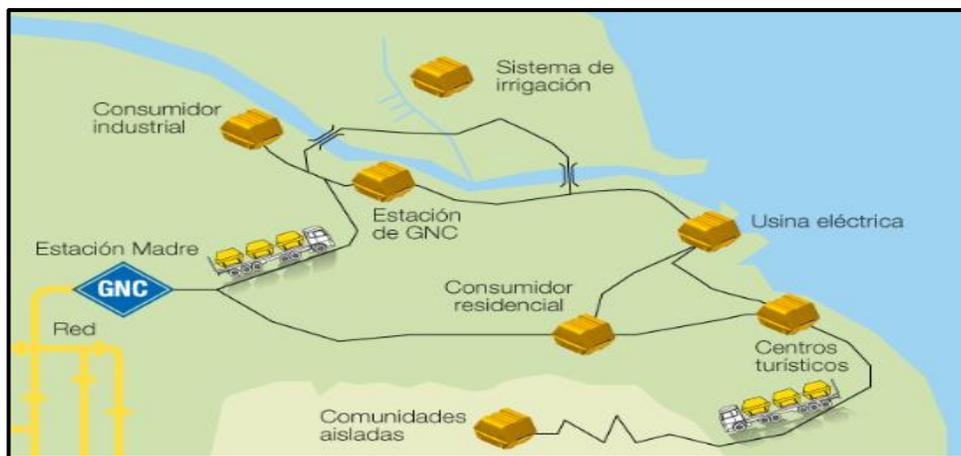
2.1.1.3.1 Características del Gas Natural Comprimido

El GNC es esencialmente gas natural almacenado a altas presiones, habitualmente entre 200 y 250 bar, según la normativa de cada país. Este gas natural es principalmente metano, que al tener un alto índice de hidrógeno por carbono (4) produce menos CO₂ por unidad de energía entregada, en comparación con otros hidrocarburos más pesados (con más átomos de carbono y un menor radio H/C). (carburagas, 2023)

2.1.1.4 Cadena de distribución del Gas Natural Comprimido

En la siguiente figura se puede observar la cadena de suministro de gas natural mediante Gas Natural Comprimido transportado en tractocamiones, portando los contenedores portátiles de almacenamiento de 200 a 250 bar de presión para su descompresión en la estación satelital de descarga y posteriormente para la distribución y consumo.

Figura 6: Esquema sobre el transporte del Gas Natural Comprimido.



Fuente: Extraído del sitio web Galileo Technologies.

En la figura anterior se observa que el Gas Natural Comprimido es abastecido a diferentes áreas para su consumo, ya sea industrial, vehicular o domiciliario.

2.1.1.4.1 Estación de compresión

Donde el gas natural se comprime y almacena, para su posterior transporte y comercialización como GNC. Incluye los módulos contenedores o de almacenamiento de GNC (conjunto de cilindros o tubos de almacenamiento de GNC unidos por un colector que los soporta, conformando una unidad transportable).

2.1.1.4.2 Vehículo transportador de GNC

Se realiza en contenedores portátiles de Gas Natural Comprimido especialmente diseñados para altas presiones, los mismos son dispuestos en diferentes tecnologías (Racks de Cilindros, Módulos, Skids, entre otros), estos contenedores portátiles son desplazados en camiones o tracto camiones hasta las poblaciones donde se tiene instalada una ESD.

2.1.1.4.3 Estación de descompresión

instalaciones de recepción y descompresión de GNC, para la descarga a Consumidores Directos o usuarios de GNC, disminuyendo su presión a 4 bar para su distribución y consumo (industrias, redes residenciales y otros). (Duran , 2021)

2.1.1.5 Componentes y proceso de una Estación Satelital de Descarga

La Estación Satelital de Descarga (ESD) está compuesta por un conjunto de equipos, instrumentos e instalaciones que permiten efectuar la descarga, almacenamiento, filtrado, regulación, calentamiento y medición del gas natural, para su posterior distribución a consumidores directos e indirectos (Doméstico, Comercial, Industrial y GNV), donde se da lugar el acondicionamiento del GNC a presiones de distribución requeridas.

2.1.1.5.1 Unidad de compresión

Para optimizar el sistema de recarga de GNC a los contenedores portátiles ubicados en la estación satelital de descarga, se debe contemplar un sistema de compresión que permita la

optimización del trasvase de Gas Natural Comprimido, peso del mismo y condiciones operativas.

La unidad de compresión debe contar con sistema de protección por baja presión de succión y por sobrepresión.

Debe comprender entre 10 (o la menor presión de succión posible) a 200 bar y poseer la capacidad de descarga del gas natural a 250 bar de presión.

La unidad de compresión debe ser de baja potencia en su motor, lo que permitirá tener una fase de carga lenta para que el gas no se caliente o bien contar con sistema de enfriamiento que garantice la temperatura de descarga próxima a la temperatura ambiente.

Figura 7: *Unidad de compresión.*



Fuente: Extraído de la página web de Sinocleansky (2019).

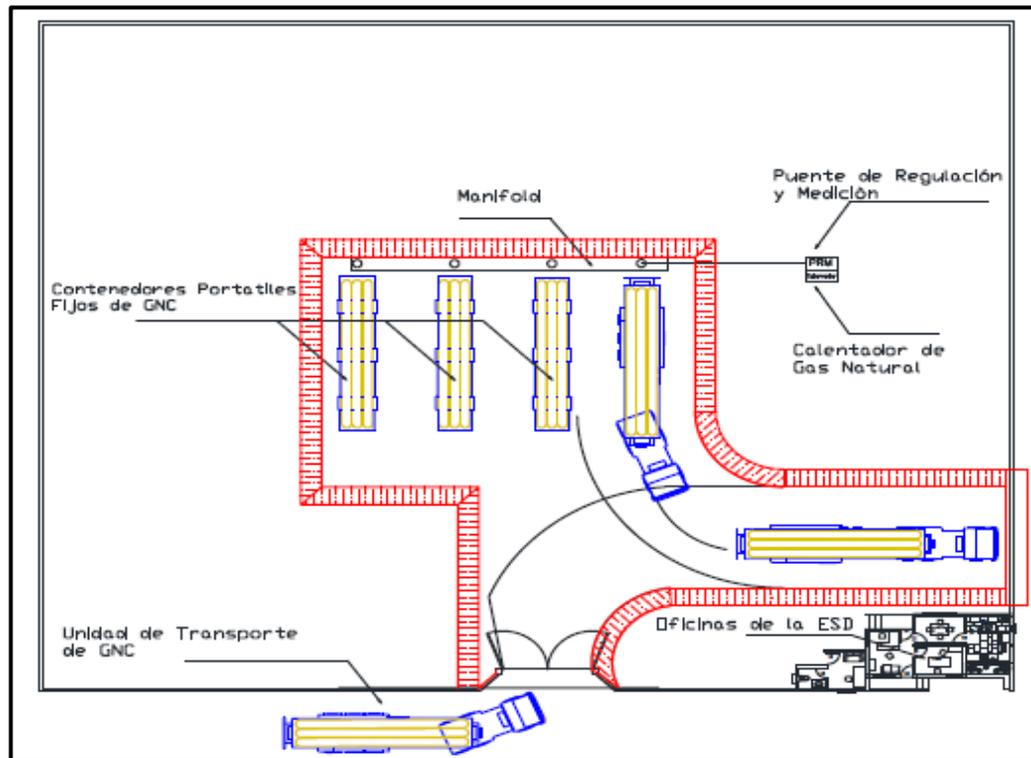
La figura anterior se puede observar la unidad de compresión, la cual sirve como apoyo para el trasvase del gas natural comprimido a los contenedores del gas natural comprimido.

2.1.1.5.2 Proceso de Recepción de la Unidad de Transporte

Antes del ingreso de los contenedores portátiles que van adosados a la unidad de transporte (tracto camión o camión) a la ESD para la descarga de GNC (trasvase), deberán ser inspeccionados dichos contenedores portátiles por el encargado de la ESD o bien el conductor de la unidad de transporte, quien verificará las condiciones de seguridad para la descarga, el

buen estado general de los contenedores portátiles y de la unidad de transporte. no se admitirá la descarga si hay evidencia de pérdidas o deterioros hasta que sean reparadas satisfactoriamente, cumpliendo con los requisitos se procede a apagar el motor del camión y hacer una conexión a tierra para realizar el trasvase del GNC a la estación.

Figura 8: Recepción de las Unidades de Transporte en la ESD.



Fuente: Extraído de Gas virtual-YPFB Redes de Gas

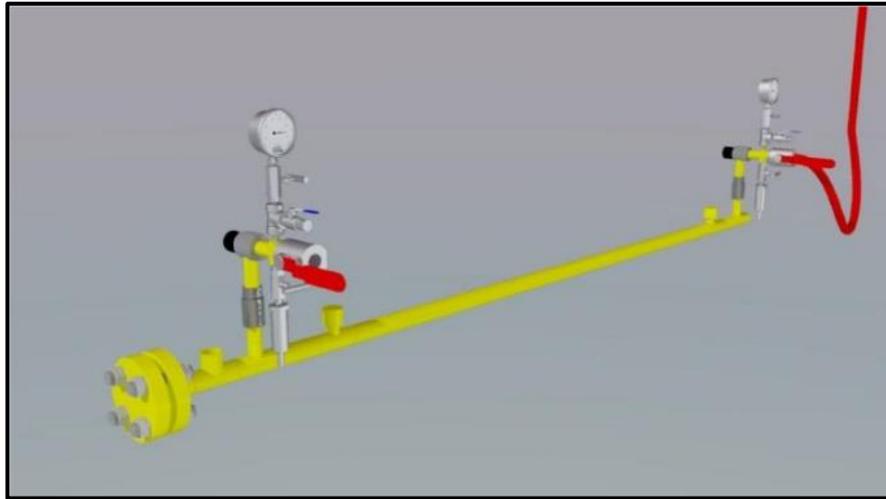
En la figura 7 observa un plano del proceso de entrada, descarga y salida de los camiones transportadores de Gas Natural Comprimido a la estación de descompresión.

2.1.1.5.3 Puente o cabezal de descarga automática

El cabezal de descarga automática consta de dos líneas independientes, cada una equipada con mangueras especiales para GNC, dos válvulas bolas accionadas manualmente, dos válvulas solenoides de alta presión, dos válvulas check sin retorno, transmisores e indicadores de presión. La manguera está especialmente fabricada para el transporte de GNC, está construida con un núcleo de nylon eléctricamente conductivo, tiene una presión de operación máxima de 345 bar y una temperatura de operación de -40°C a 85°C.

En la siguiente Figura se observa el cabezal de descarga, el cual es conectado a los módulos de almacenamiento para la descarga del Gas Natural Comprimido hasta la estación de descompresión con manómetros instalados para controlar la presión de descarga.

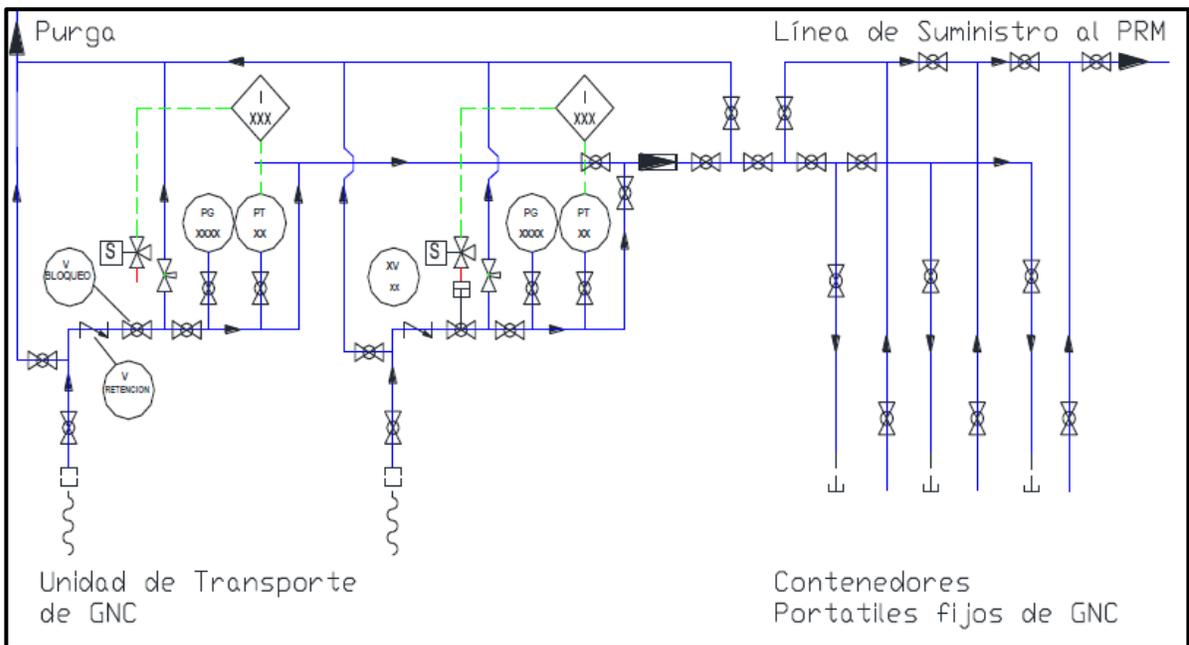
Figura 9: Cabezal de descarga del Gas Natural Comprimido.



Fuente: Extraído de NEOMEXICANA DE GNC (2018).

En la siguiente figura describe un plano P&ID del manifold re recarga de Gas Natural Comprimido, identificando los instrumentos de operación como válvulas y manómetros.

Figura 10: Manifold de recarga de GNC hacia los cilindros de almacenaje.



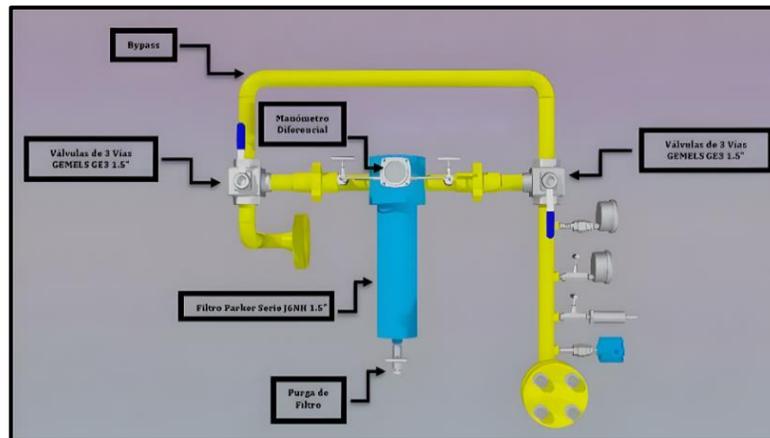
Fuente: Extraído de Gas virtual-YPFB Redes de Gas

2.1.1.5.4 Módulo de filtración

a) Filtro de entrada

Consta de un filtro Parker diseñado para filtrar óxido y sarro de las tuberías, aceites de los compresores y partículas sólidas en el gas natural comprimido, los elementos filtrantes desechables que utilizan, están diseñados para resistir presiones hasta 345 bar y temperaturas hasta 177°C y está equipado con un indicador de presión diferencial, el filtro, está seccionado con válvulas de tipo bola de paso completo de 3 vías. Para realizar el mantenimiento del filtro se deben de utilizar las válvulas de 3 vías para derivar el flujo por el bypass que está integrado en este sistema, antes de realizar el mantenimiento del filtro es necesario despresurizar lentamente el sistema hasta que se encuentre a presión atmosférica.

Figura 11: Módulo de filtración.



Fuente: Extraído de NEOMEXICANA DE GNC (2018).

b) Filtro de salida

Consta de un filtro coalescedor fabricado de acero al carbón con conexiones bridadas de 3" ANSI 150, presión máxima de operación 19 bar y está equipado con indicador de presión diferencial con aguja de arrastre, está seccionado con válvulas de acero al carbón de tipo bola flotantes de paso completo de 3" ANSI 150", con una presión máxima de operación de 19 bar.

2.1.1.5.5 Proceso de regulación

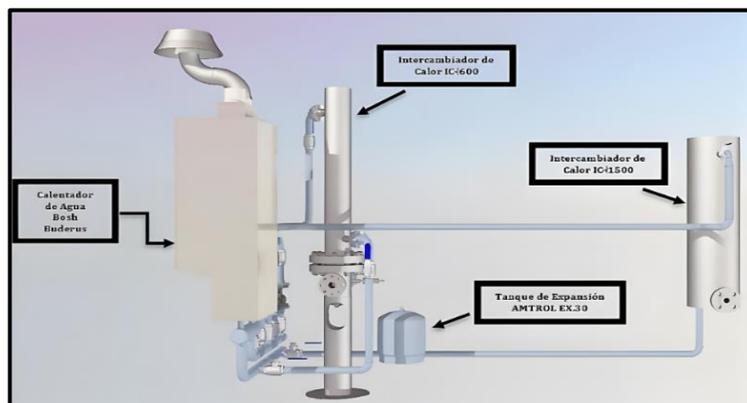
Después del proceso de filtrado, el GNC pasa al puente de regulación con la finalidad de reducir la presión hasta la presión requerida de servicio, para tal efecto es recomendable el diseño de un puente de regulación que permita reducir la presión de 250 bar a 20 bar presión, sin embargo este proceso de regulación de presión provoca una gran caída de temperatura en el gas (Efecto Joule Thomson) por lo que es necesario la instalación de un sistema de calentamiento de gas natural aguas abajo del sistema de regulación.

2.1.1.5.6 Módulo de calentamiento

El módulo de calentamiento consiste en:

- Dos intercambiadores de calor antes de cada etapa de regulación de presión.
- Un calentador de agua.
- Un tanque de almacenamiento de agua suavizada con capacidad de 500 L.
- Bombas centrífugas de velocidad variable (en operación y en standby) que recirculan el fluido caliente a través de los intercambiadores con el objetivo de calentar el gas natural antes de cada etapa de regulación para evitar el efecto de congelamiento.

Figura 12: Módulo de calentamiento.



Fuente: Extraído de NEOMEXICANA DE GNC (2018).

El llenado del sistema de calentamiento utiliza una mezcla de agua y glicol al 50/50, mediante una bomba centrífuga de motor fraccionario y un tanque de almacenamiento de 35 galones

(132.5 litros) de capacidad. Bajo condiciones normales de operación, un sensor óptico de nivel de líquido instalado en la parte más alta del sistema de calentamiento, detectará pérdida de líquido en el sistema, enviando una señal al sistema de control que encenderá la bomba centrífuga para reponer el líquido faltante.

El módulo de calentamiento cuenta con un tanque de expansión térmica, su función es amortiguar el aumento de presión en el interior de los circuitos cuando aumenta la temperatura del agua y está diseñado para realizar una operación máxima de trabajo de 100 psig, una temperatura máxima de operación de 115.55 °C y un volumen de 2.5 galones (9.4 litros).

Se garantizará que la temperatura del gas natural a la salida del sistema de calefacción no sea inferior a 5 °C.

2.1.1.5.7 Módulo de control

El sistema de control de la estación es por medio de una unidad de transmisión remota que permite realizar el control y seguimiento de la seguridad de la estación y de los parámetros básicos de proceso, así mismo permiten ajustar local y remotamente los parámetros de trabajo a las necesidades del cliente.

Figura 13: *Módulo de control.*



Fuente: Extraído de NEOMEXICANA DE GNC (2018).

Cuenta con un modem que permite enlazar a la estación a un sistema SCADA para monitorear variables y para modificar parámetros operativos, realizar paros remotos, etc.

El sistema se abastece de energía del gabinete de control al cual ingresan 110/120 VCA para después transformarla a 12/24 VDC. En el gabinete se localizan los interruptores de iluminación, computador, calentador de agua y bombas centrifugas.

En la siguiente figura se puede observar el módulo de control de la estación satelital de descarga (ESD), del cual se hará el control de las operaciones de la estación.

El sistema de control es capaz de producir alarmas de paro, que cuenta con un botón de emergencia la cual activa las válvulas solenoides ubicadas en el cabezal de descarga que se cierran automáticamente

2.1.1.6 Normativa

2.1.1.6.1 Decreto Supremo N.º 1539 de 20 de marzo de 2014. Reglamento Técnico para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Abandono de Plantas de Gas Natural Comprimido y Sistemas de Descarga de Gas Natural Comprimido – GNC

Artículo 1. - (Objeto)

El presente Reglamento tiene por objeto establecer los requisitos mínimos para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Abandono de Plantas de Gas Natural Comprimido - GNC y Sistemas de Descarga de GNC, así como los derechos y obligaciones de las personas jurídicas que intervienen en dichas actividades. (Gaceta Oficial de Bolivia, 2013)

Artículo 5.- (Normativa Técnica Aplicable)

- I. Los siguientes documentos normativos referenciados, son indispensables para la aplicación del presente Reglamento, constituyéndose en requisitos para los Proyectos de Plantas de GNC, así como de los Sistemas de Descarga. La aplicación de estas normas no será consideradas excluyentes entre sí:

Se menciona las Normas ISO que debe cumplir los cilindros de almacenamiento y la norma NFPA en seguridad.

En la siguiente tabla figura las normativas vigentes de este artículo.

Tabla 3: Normativa para estaciones de GNC.

Normativa técnica aplicable	
ISO 9809-1	Cilindros de gas de acero sin costura recargables – Diseño Construcción y pruebas. Parte 1: cilindros de acero templado y revenido con tracción resistencia inferior a 1.100 MPa.
ISO 9809-2:	Cilindros de gas de acero sin costura recargables – diseño Construcción y pruebas. Parte 2: Cilindros de acero templado y con resistencia a la tracción resistencia mayor o igual a 1100 MPa.
NFPA 55	Código de seguridad humana que se encarga de establecer las medidas de seguridad específicas necesarias para el almacenamiento y manejo de gases comprimidos y fluidos criogénicos.

Fuente: Extraído de la Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia (2013).

Estas normativas de la Tabla 3 serán aplicadas como parte de los objetivos específicos de la monografía, las demás normativas del artículo serán presentadas en anexos.

Artículo 20.- (Instalaciones para carga y descarga de gas natural comprimido)

- IV. Ubicación: Las Plantas de GNC y Sistema de Descarga deben estar ubicadas en zona de baja densidad edilicia, como mínimo, a cien (100) metros de edificios públicos o lugares de concentración de más de ciento cincuenta (150) personas, tales como escuelas, hospitales, centros recreativos, etc., respetando las normas de seguridad. (Gaceta Oficial de Bolivia, 2013)

2.1.1.7 Cálculo de demanda del Gas Natural

2.1.1.7.1 Proyección de habitantes y número de viviendas

Existen 3 métodos, el método aritmético que se emplea para un crecimiento nulo o poco crecimiento de población, el método geométrico que se aplica para un crecimiento notable y el método exponencial para un crecimiento elevado de la población.

_ Método Geométrico

$$Pob_F = Pob_O * (1 + i)^t \quad \text{Ec. (1)}$$

Dónde:

Pob_F = Población Futura [=] Habitantes

Pob_0 = Población inicial [=] Habitantes

i = Índice de crecimiento poblacional

t = Tiempo [=] años

2.1.1.7.2 Consumo Domestico

$$Q_{dom} = \left[\left(A * \frac{P}{PCS} * S \right)_{Cocina} + \left(A * \frac{P}{PCS} * S \right)_{Calentador\ de\ baño} \right] * N \quad \text{Ec. (2)}$$

Dónde:

A = Porcentaje de cobertura del aparato [=] %

C = Consumo del Aparato [=] m³/h

S = Coeficiente de Simultaneidad del aparato [=] %

Q_{dom} = Caudal demandado Categoría doméstico [=] m³/h

P = Potencia del equipo [=] KW/h

PCS = Poder Calorífico Superior [=] KW/m³

N = Número de usuarios [=] habitantes

2.1.1.7.3 Consumo Comercial

Se ha establecido como valor para el consumo comercial a un 20% del valor del consumo horario doméstico.

$$Q_{com} = \frac{\%}{100} * Q_{dom} \quad \text{Ec. (3)}$$

Dónde:

Q_{com} = Caudal demandado Categoría comercial [=] m³/h

2.1.1.7.4 Consumo Total

$$Q_{Total} = Q_{dom} + Q_{com} \quad \text{Ec. (4)}$$

Dónde:

$Q_{industrial}$ = Caudal demandado Categoría industrial [=] m³/h

Q_{gnv} = Caudal demandado Categoría GNV [=] m³/h

Q_{Total} = Caudal total [=] m³/h

2.1.1.7.5 Volumen mínimo requerido de GNC

$$Vm = Dd * 2.5 * Tv \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

Vm (m³) = Volumen mínimo requerido de GNC

Dd = Demanda diaria (m³/días)

Tv = Tiempo de Viaje (días)

2.5 = Factor de seguridad

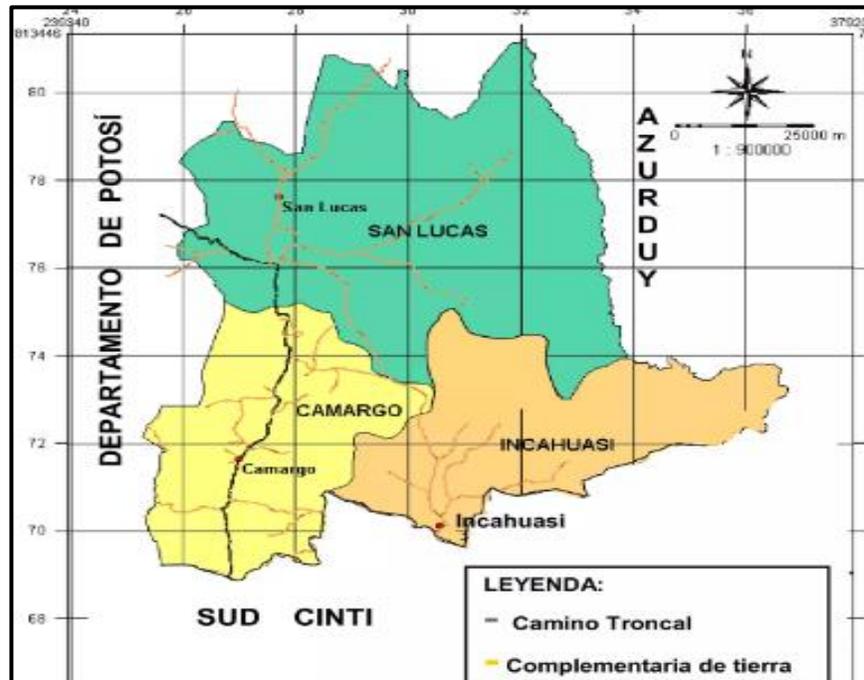
En este cálculo final servirá, para poder seleccionar el número de unidades de contenedores de GNC, los que suministrarán el gas natural a la población.

2.1.2 Marco Contextual

2.1.2.1 Descripción General

San Lucas segunda sección de la provincia Nor Cinti, hoy Municipio, fue creada el 24 de septiembre de 1928 mediante Ley de la República N.º 646.

Figura 14: *Municipio San Lucas y sus cantones.*



Fuente: Extraído de ONG AADUR (2005).

está ubicada al suroeste del departamento de Chuquisaca, limitando hacia al norte con la provincia José María Linares del departamento de Potosí y al sur con el municipio de Camargo. (ONG-AADUR, 2009).

El municipio de San Lucas cuenta con 15 distritos, siendo la población de **San Lucas** el distrito número 9 que cuenta con 14 comunidades las cuales son: Avichuca, Quirpini, Tambo Mogo, San Cristóbal, Yapusiri, Querquehuasi, Kanaja, Caichoca, La Palca, Sunchu Pampa, Astola, Anjou, Churqui Pampa, Saka Pampa.

Los centros más Poblados del municipio son: **San Lucas**, Padcoyo, Palacio Tambo, Cinteño Tambo, Malliri, Chinimayu. (GAMSANLUCAS, 2023)

Teniendo la población de San lucas una población de 2125 (INE 2012) personas además de encontrarse a una elevación de 3047 m.s.n.m.

2.1.2.2 Ubicación Geográfica

El camino de entrada y salida de San Lucas conecta a la carretera Nacional 1 la cual tiene accesos a las poblaciones de Padcoyo, Sulcata, Camargo y Vila Avecia.

Por un desvío de Padcoyo se conduce hasta el departamento de Potosí a la población de Belén.

Figura 15: *Ubicación geográfica de San Lucas.*



Fuente: Extraído de Google Hearth (2023).

La ubicación geográfica de San Lucas es:

Tabla 4: *Coordenadas UTM de la población de San Lucas.*

Este	276888.849
Norte	7775778.296

Fuente: Extraído de Google Heart (2023).

2.1.2.3 Contexto Económico

Las actividades económicas principales en el municipio de San Lucas son de la producción de frutas como ser: el Durazno con 66 comunidades, en 7 distritos, con más de 3.081 familias, que se dedican a la producción de esta fruta.

La producción de Uva con 7 comunidades, más de 200 familias que se dedican a la producción de esta fruta.

La Naranja, como un producto potencial. Son más de 250 familias, 15 comunidades y 5 distritos.

La Chirimoya son más 100 familias de 15 comunidades y 5 Distritos que se dedican a la producción de esta fruta.

Además de la producción de Papa, Trigo, haba y Maíz, cebada y Arveja y con una actividad minera, los cuales explotan minerales como ser: Plomo, zinc, antimonio y estaño. (GAMSANLUCAS, 2023)

2.1.2.4 Diagnóstico sobre la distribución de Gas en la población de San Lucas

En la población de San Lucas se tiene una distribución de gas natural mediante la distribución de GLP, esta distribución es irregular ya que las garrafas son suministradas desde el departamento de Potosí por la cercanía que tiene, el precio varía entre los 30 a 35 bs por garrafa de esta manera la población opta por la leña como fuente de combustible.

El gasoducto Mariaca-Potosí es el más cerno a la población, pero este está a más de 60 Km de distancia y las condiciones topográficas del terreno no son los más accesibles para un intento de construcción.

De esta manera el estado actual de la población es un suministro de GLP irregular con un elevado porcentaje de habitantes que usan la leña como fuente de combustión para la elaboración de sus alimentos.

Tabla 5: *Medios utilizados para la cocción de alimentos.*

Combustible o energía utilizados para cocinar	Casos	%	Acumulado %
Gas en Garrafa	2167	27,06	27,06

Combustible o energía utilizados para cocinar	Casos	%	Acumulado %
Gas domiciliario por cañería	0	0	0
Electricidad	6	0,07	27,14
Energía solar	11	0,14	27,27
Leña	5742	71,70	98,99
Guano, bosta o taquia	43	0,54	99,51
otros	5	0,05	99,56
No cocina	35	0,44	100
Total	8008	100	100

Fuente: Extraído del (INE, 2012)

La Tabla 5 describe la fuente del combustible más utilizado en la población de San Lucas, figurando la leña como el más utilizado.

Debido al crecimiento de la densidad poblacional es necesario realizar una implementación de un sistema de distribución de gas natural, que brinde las facilidades de acceso a una fuente de energía de manera continua.

De no poder implementarse un sistema de distribución para los consumidores de la población, los usuarios continuarán bajo la dependencia de la leña y del GLP.

2.1.2.5 Opciones para el abastecimiento de GNC

Las estaciones satelitales de descarga por su configuración pueden ser abastecidas de plantas de compresión de gas, de estaciones satelitales de regasificación o de City Gates.

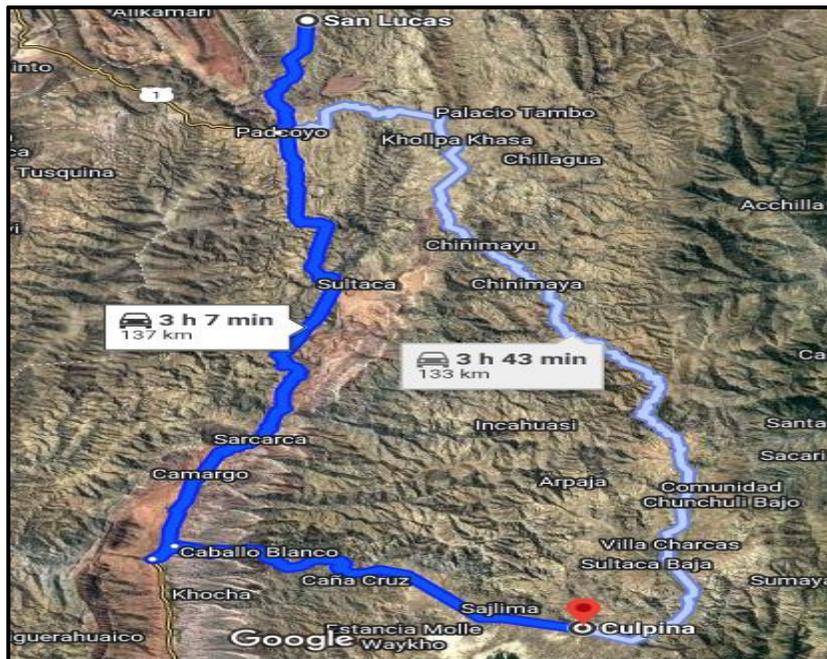
2.1.2.5.1 Culpina

La estación satelital de regasificación (ESR) de Culpina fue aprobada mediante la Ley N.º 1180 en el año 2019, haciendo la transferencia de terrenos a YPF para la construcción de la ESR.

El lote de terreno está ubicado en el sector de la comunidad de La Banda sector San Luis; tiene una extensión de 7.577 metros cuadrados. Ese lote fue donado por la comunidad a la Alcaldía que, luego de sanear la documentación a su nombre, lo transfirió a YPFB. (DelosCintis, 2019)

Esta estación está diseñada para poder suministrar de gas natural no solo a Culpina sino a poblaciones cercanas de ella, la cual la población de San Lucas es una opción ya que se encuentra a 137 Km d distancia.

Figura 16: *Distancia desde San Lucas a Culpina.*



Fuente: Extraído de Google Mapas (2023)

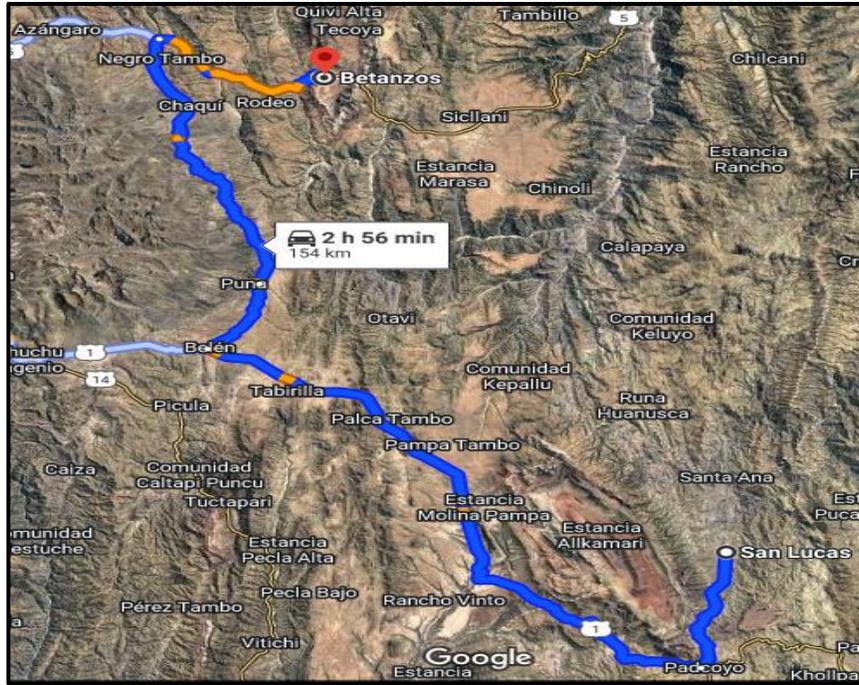
La figura 16 describe el trayecto de viaje desde la población de San Lucas hasta Culpina.

2.1.2.5.2 City Gate Betanzos

Las estaciones satelitales de descarga (ESD), por su configuración pueden ser abastecidas desde los City Gate, siendo el más próximo a la población de San Lucas es el City Gate de Betanzos en el departamento de Potosí. El cual está a 154 Km. Para llegar hasta Betanzos se debe llegar hasta Padcoyo y tomar la carreta nacional 1, pasando las poblaciones de, Tabirilla, Belén, Puna, Chaqui, Negro Tambo y finalmente Betanzos.

En la siguiente figura se puede visualizar el recorrido desde San Lucas hasta el City Gate de Betanzos.

Figura 17: *City Gate Betanzos*



Fuente: Extraído de Google Maps (2023).

El City Gate de Betanzos, perteneciente al departamento de Potosí se suministra del gasoducto Sucre-Potosí (GSP)

2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

2.2.1 Información Población y vivienda San Lucas

Según el último censo realizado de población y vivienda en el país el año 2012, el número de viviendas y número de habitantes de la población son:

Tabla 6: *Datos de Población y Vivienda del Municipio de San Lucas.*

Municipio	Población	N.º de viviendas	Tasa de crecimiento anual (%)
San Lucas	2125	758	0.50 %

Fuente: Extraído de INE (2015).

2.2.2 Cálculo de habitantes y viviendas en la población de San Lucas

Con la información de población y vivienda que corresponde al año 2012 (Tabla 6), se emplea la ecuación (1).

Se calcula la población y el número de viviendas que será proyectado hasta el año 2033, de esta manera garantizar el suministro de gas natural por el periodo de tiempo establecido.

Reemplazando los datos (Tabla 6) en la ecuación (1), se tiene:

Municipio de san Lucas:

$$Pob_{San\ Lucas(2013)} = 2125\ hab * \left(1 + \frac{0.50}{100}\right)^{1\ año} = 2125,6\ habitantes$$

$$Pob_{San\ Lucas(2012)} = 758\ viv * \left(1 + \frac{0.50}{100}\right)^{1\ año} = 761,79\ viviendas$$

$$Pob_{San\ Lucas(2033)} = 2125\ hab * \left(1 + \frac{0.50}{100}\right)^{21\ años} = 2360\ habitantes$$

$$Pob_{San\ Lucas(2033)} = 758\ viv * \left(1 + \frac{0.50}{100}\right)^{21\ años} = 842\ viviendas$$

Los cálculos realizados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 7: *Proyección de Población y Vivienda de la población de San Lucas.*

t	Año	Pob. Total	Número de viviendas
0	2012	2125	758
1	2013	2136	762
2	2014	2146	766
3	2015	2157	769
4	2016	2168	773
5	2017	2179	777
6	2018	2190	781
7	2019	2200	785
8	2020	2212	789
9	2021	2223	793
10	2022	2234	797
11	2023	2245	801
12	2024	2256	805

t	Año	Pob. Total	Número de viviendas
13	2025	2267	809
14	2026	2279	813
15	2027	2290	817
16	2028	2302	821
17	2029	2313	825
18	2030	2325	829
19	2031	2336	833
20	2032	2348	838
21	2033	2360	842

Fuente: Elaboración propia en base a datos estadísticos del INE.

En la tabla 7 se puede observar la proyección del número de viviendas y habitantes hasta el año 2034, el cual servirá para determinar la proyección de la demanda del caudal de Gas Natural.

2.2.3 Consumo Doméstico

Para el cálculo del consumo doméstico, se considera que cada usuario cuenta con al menos una cocina y un calefón, los datos de cada equipo se muestran a continuación:

Tabla 8: Información de equipos.

Equipo	Poder Calorífico Superior [PCS] (KW/m ³)	Potencia [P] (KW/h)	Simultaneidad [S] (%)	Porcentaje de cobertura del aparato [A] (%/100)
Cocina	10,87	10,56	15	1
Calefón	10,87	14	*30	*0,20

Fuente: Extraído de ANH – Resolución administrativa de normas (2019).

Reemplazando los datos anteriores en la ecuación (2), se tiene:

$$Q_{dom} = \left[\left(1 * \frac{10,56 \text{ KW/h}}{10,87 \text{ KW/m}^3} * 0,15 \right)_{Cocina} + \left(0,2 * \frac{14 \text{ KW/h}}{10,87 \text{ KW/m}^3} * 0,3 \right)_{Calefón} \right] * 842$$

$$Q_{dom} = 187,66 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

2.2.4 Consumo Comercial

Para el cálculo de consumo comercial se considera el 20% del caudal doméstico, reemplazando este valor en la ecuación (3), se tiene:

$$Q_{\text{com}} = \frac{20\%}{100} * 187.66 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$
$$Q_{\text{com}} = 37,532 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

2.2.5 Consumo Total

Se reemplaza los valores obtenidos en la ecuación (4), se obtiene

$$Q_{\text{Total}} = 187.66 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} + 37,532 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$
$$Q_{\text{Total}} = 225,197 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

2.2.6 Cálculo del volumen mínimo requerido de GNC

Esta ecuación proyectará el volumen que será requerido en la población de San Lucas, de tal manera también servirá para la selección de los contenedores portátiles.

Para el suministro de GNC se considera la estación satelital de regasificación de Culpina, que está a 143 km de san lucas.

Reemplazando en la ecuación (5):

Se convierte el caudal total de $\frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ a $\frac{\text{m}^3}{\text{día}}$ se tiene:

Seleccionando la ESR de Culpina como ubicación de carga de GNC se tiene un tiempo de viaje de 0.65 días

$$Vm = 5404,6 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 2.5 * 0.65 \text{ dias}$$

$$Vm = 8782,47 \text{ m}^3$$

2.2.6.1 Selección del contenedor portátil de GNC

Una opción para la selección de la unidad de transporte de GNC, son los módulos de almacenamiento y transporte (MAT) de la empresa Argentina Galileo.

Estos módulos de almacenamiento son los más cotizados del mercado en cuanto a transporte de Gas Natural Comprimido, por su facilidad en el carguío, transporte y despacho. Tienen diversas configuraciones diseñadas al requerimiento o demanda.

En la tabla siguiente se mostrará las características de cada unidad:

Tabla 9: Características de los módulos de almacenamiento y transporte (MAT).

		MAT	CRYO-MAT	MAT-B
Cantidad máxima de cilindros		39	39	28
Presión nominal de carga	bar	250	250	250
	psi	3.625	3.625	3.625
Capacidad hidráulica por cilindro	litros	150	150	150
	galones	40	40	40
Capacidad hidráulica máxima	litros	11.700	17.550	4.200
	galones	3.091	4.637	1.100
Capacidad máxima de almacenaje de GNC	Sm ³	1.500	2.100	1.050
	GGE	420	580	294

Fuente: Extraído de Galileo Technologies (2023).

El contenedor CRYO-MAT de 39 cilindros es el más adecuado, con un volumen de almacenamiento por unidad de módulo de almacenamiento y transporte de 2.100 Sm³, considerando el volumen mínimo requerido calculado es de 8782,47 m³, teniendo que dar por lo menos 3 días de autonomía a la estación, la cantidad de módulos de almacenamiento y transporte serán de 10, el cual tiene un volumen total de almacenamiento de 21.000 Sm³

Se puede observar los módulos de almacenamiento y transporte, el cual en su interior contiene cilindros recubiertos por una carcasa proyectora, los cilindros están conectados entre sí para

descargar el Gas Natural Comprimido con ayuda de las plataformas que las soportan por medio de tuberías instaladas en esta.

Figura 18: Vista de los módulos de almacenamiento y transporte (Empresa Galileo).



Fuente: Extraído de Galileo Technologies (2023).

Los cilindros de almacenamiento tienen que cumplir con las normas ISO9809-1 y la norma ISO9809-2 que norman las presiones de trabajo de los cilindros.

2.2.6.2 Plataformas

La Plataforma de Almacenamiento y Carga (PAC) y plataforma de Almacenamiento y Descarga (PAD) presentan una estructura autoportante, diseñada y construida en acero. Tiene una tubería específicamente dimensionada para la capacidad de consumo y cuenta con válvulas, sensores y accesorios de operación.

Tabla 10: Características Técnicas de una Plataforma de Almacenamiento.

Características	Descripción
Modelo	PAC / PAD
Certificados de seguridad y calidad	NAG-E-406 / NTP 111.031
Estructura / Material / Tratamiento	Autoportante / acero comercial anticorrosivo Tubo 1" y 1 ½" ASTM A179
Elementos de seguridad	Válvulas, sensores y accesorios de operación y control
Dimensiones	Largo 1,5 m Alto 1,35 m Ancho 1,76 m

Fuente: Extraído de Galileo Technologies (2023)

La plataforma de almacenamiento y carga está diseñada para sostener los módulos de almacenamiento y transporte ya sea par recarga o para descargar el Gas Natural Comprimido,

teniendo instalaciones de tuberías que se conectan al módulo de almacenamiento por donde se hace la descarga del Gas Natural Comprimido. De tal manera facilitando la tarea de descompresión.

Figura 19: Estructura de una PAC y PAD.



Fuente: Extraído de la página web Galileo Technologies (2023)

Esta plataforma es fabricada, distribuida y patentada por la empresa Galileo perteneciente al país de Argentina.

2.2.6.3 Sistema de transporte

El transporte consiste en llevar mediante un camión los módulos MAT llenos de gas Natural Comprimido desde la ubicación de suministro hasta la estación de descompresión para su posterior regulación y distribución por red.

Donde la carrocería también es pereciente a la empresa Galileo, tiene la capacidad de llevar hasta 10 módulos de almacenamiento y trasporte, esta va remolcada a un tractocamión hasta el destino de descarga del Gas Natural Comprimido.

Este sistema de carrocería tiene la característica de que cuenta con un sistema hidráulico que facilita el intercambio unitario de los módulos de almacenamiento y transporte

Figura 20: *Remolque de los módulos de almacenamiento.*



Fuente: Extraído de Galileo Technologies (2023).

Para consumos muy elevados las carrocerías están dotadas de columnas de carga para una conexión directa en la estación, esta característica permite reemplazar el tráiler completo en lugar de hacerlo por módulo de almacenamiento y transporte.

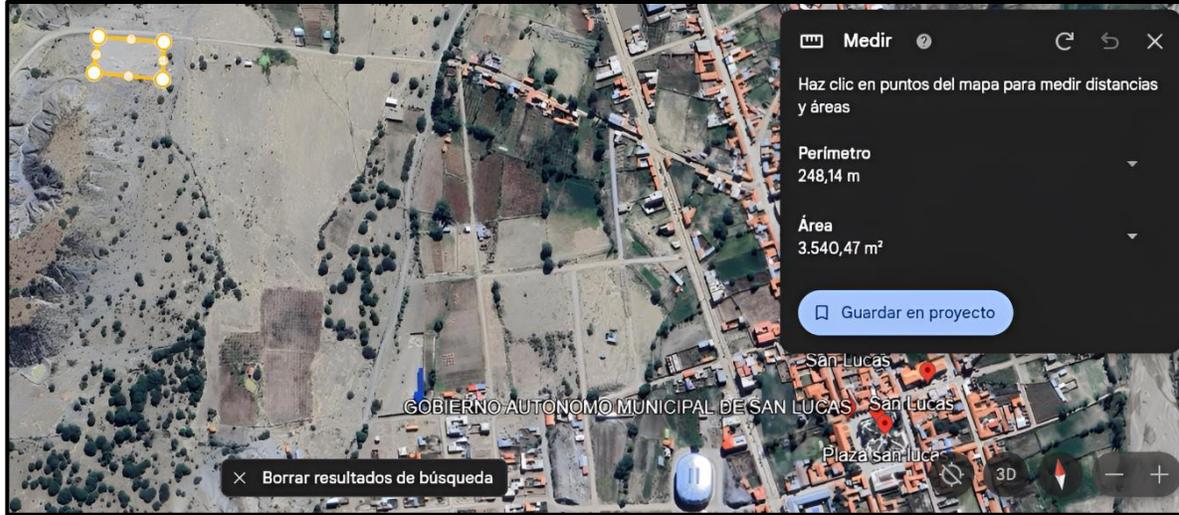
2.2.7 Propuesta de selección del área para implementación de la estación satelital de descarga

Por norma establecida de YPFB, el área de montaje de una estación satelital de descarga es de 3500 m², a comparación de una estación satelital de regasificación donde el área de construcción es de 6000 m².

El área seleccionada de estar por lo menos a 100 metros de edificios públicos o lugares de concentración de más de ciento cincuenta 150 personas, tales como escuelas, hospitales, centros recreativos, etc., respetando las normas de seguridad. Así mismo debe contar con acceso a vías de transporte ya sean calles de asfalto, de ripio o de tierra, previendo el tránsito de los camiones transportadores de Gas Natural Comprimido. (Decreto Supremo N° 1539, 2013)

En la siguiente figura se puede observar la ubicación seleccionada para la construcción de la estación, la cual está remarcada con un rectángulo amarillo.

Figura 21: *Ubicación de la Estación Satelital de Descarga (ESD).*



Fuente: Extraído de Google Earth (2023).

Esta selección tiene que cumplir con la norma **NFPA 55** y el que establece la seguridad humana en el tema de manejo de sustancias comprimidas y criogénicas.

Tabla 11: *Coordenadas UTM selección del terreno.*

Este	276038.779
Norte	7776351.845

Fuente: Extraído de Google Earth (2023)

2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

2.3.1 Estimación económica

Tabla 12: *Costos de inversión para una estación satelital de descarga (ESD).*

Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$ USD)	Costo total (\$ USD)
Estudios de Ingeniería	1	30.102,00	30.102,00
Puente de regulación	1	67.372,00	67.372,00
Inversión de montaje PEM	1	500.000,00	500.000,00
Estación de descompresión	1	250.000,00	250.000,00

Descripción	Cantidad	Costo unitario (\$ USD)	Costo total (\$ USD)
Obras Civiles	1	206.927,00	206.927,00
Plataforma de carga (PAC)	2	5.000,00	10.000,00
Plataforma de descarga (PAD)	10	5.000,00	50.000,00
Módulos de almacenamiento y transporte (MAT)	10	90.000,00	900.000,00
Carrocería para los MAT	2	90.000,00	90.000,00
Sistema SCADA	1	14.000,00	14.000,00
Total			2.118.401,00 \$

Fuente: Extraído de Gas virtual-YPFB Redes de Gas y del sitio web www.Galileo.com.

En la elaboración de los costos se toma como referencia el dólar americano (USD), convirtiendo a bolivianos con el tipo de cambio oficial de 6.96 se tiene un monto de: Bs 14.744.070,96

2.3.2 Evaluación de datos obtenidos

Analizando datos del INE (Instituto Nacional de Estadística), los cuales fueron el índice de crecimiento poblacional, el número de habitantes y el porcentaje de la fuente de energía utilizados para la cocción de alimentos, los cuales se usaron para diagnosticar el estado actual de suministro de gas natural en la población de San Lucas.

Estos datos sirvieron como base de cálculo para determinar la demanda en la población de San Lucas en el consumo de gas natural proyectado en 20 años.

Con estos resultados se puede evaluar el volumen de gas natural comprimido que se tendrá que tener almacenado en la estación para una distribución proyectada en 20, de tal manera se hace la selección de los módulos de almacenaje y transporte (MAT) con sus respectivos accesorios y así mismo la elección de la ubicación del área de implementación de la estación satelital de descarga (ESD), siguiendo la normativa vigente en el país, que para las instalaciones de gas natural comprimido que están normadas por el decreto nacional N.º 1539.

En el análisis económico se revisó los precios establecidos en trabajos de gasoductos virtuales de la Gerencia Nacional de Redes y Ductos de YPFB y de la empresa Galileo del país de Argentina, que es la que suministra los insumos para el trabajo de almacenamiento, transporte y descarga de gas natural comprimido.

CAPITULO III CONCLUSIONES

- Se diagnosticó el estado actual del sistema de distribución de gas natural a la población de San Lucas, recabando información del INE (Instituto Nacional de Estadística), existiendo una evidente falta del consumo de GLP como fuente principal de energía para la cocción de alimentos. Esta información es descrita en el marco contextual, página 27.
- Se pudo establecer la proyección de la demanda de gas natural en la población de San Lucas, mediante datos extraídos del INE (Instituto Nacional de Estadística) que servirán como base para el cálculo del volumen de almacenamiento de GNC para la estación satelital de descarga (ESD). Esta información es descrita en Información y Datos obtenidos, páginas 31 al 33.
- Se estableció el volumen mínimo requerido para la estación satelital de descarga (ESD) gracias a la demanda de gas natural previamente calculada, se **seleccionó** los módulos de almacenamiento y transporte (MAT) considerando el volumen que será necesitado en la proyección a 20 años en la población de San Lucas. Esta información es descrita en Información y Datos obtenidos, páginas 33 al 36.
- Se seleccionó el terreno para la ubicación de la estación satelital de descarga (ESD) considerando las normativas de seguridad que establecen para su selección. Esta información es descrita en Información y Datos obtenidos, página 37.
- Se realizó un análisis de costos de inversión general, extrayendo la información de YPFB- GNRDG-DGV, que menciona los costos que alcanzan los sistemas de distribución de gasoductos virtuales, los costos del sistema de almacenamiento y transporte fueron extraídos del sitio web de la empresa Galileo de Argentina, la cual es la más importante del continente en distribución de gas natural comprimido. Página 38

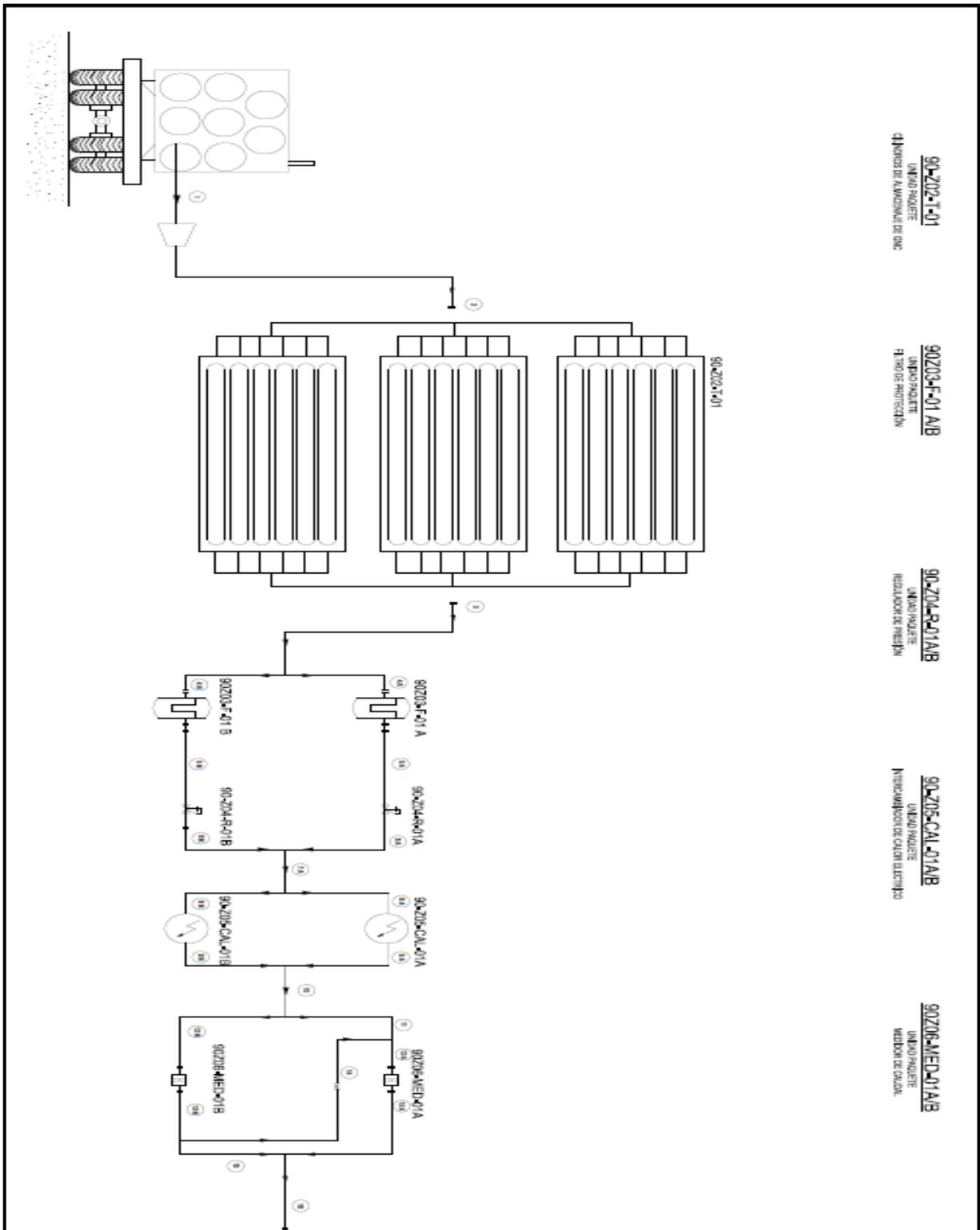
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez Molina, Franklin. (2006). *EL IMPACTO ECONÓMICO DEL USO MASIVO DEL GAS NATURAL*. La Paz: UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS.
- ANH. (27 de Julio de 2015). *Resolución administrativa de normas* . Obtenido de Resolución administrativa de normas RAN-ANH-UN:
<https://www.anh.gob.bo/g.php?myfile=InsideFiles/Actividad/Dj/RA-2015/RAN-ANH-UN-0016-2015.pdf>
- ANH. (2016). *Planta de GNL entra en operación para proveer de gas a 27 ciudades*. La Paz. Obtenido de <https://www.anh.gob.bo/w2019/contenido.php?s=5&O=927#:~:text=La%20Paz%2C%2015%20de%20febrero,Pando%2C%20Potos%C3%AD%20y%20Santa%20Cruz.>
- ANH. (5 de Julio de 2018). *Agencia Nacional de Hidrocarburos*. Obtenido de Noticias : <https://www.anh.gob.bo/w2019/contenido.php?s=5&O=2079#:~:text=El%20gas%20natural%20en%20el,incremento%20del%2012%2C5%25.>
- ANH Noticias, A. (31 de marzo de 2015). *ANH*. Obtenido de <https://www.anh.gob.bo/w2019/contenido.php?s=5&O=743>
- Arevalo Ropain, Orlando Rafael; Ortiz Ayala, Jorge Andrés. (2011). *Evaluación Financiera para la ampliación de la Red de Distribución de Gas Natural para el sector de Menzuly en el Municipio de Piedecuesta Santander*. Bucamaranga: Universidad Autónoma de Bucamaranga.
- carburagas. (2023). *Carburagas*. Obtenido de <https://www.carburagas.com.mx/que-es-el-gas-gnc/>
- Consejo Municipal Culpina, C. (22 de julio de 2021). *Consejo Municipal Culpina*. Obtenido de <https://www.facebook.com/101813462088310/photos/a.101816852087971/136107068658949/>

- Decreto Supremo N° 1539.* (2013). Obtenido de <http://gacetaoficialdebolivia.gob.bo/normas/buscar/1539>
- DelosCintis. (12 de junio de 2019). *DelosCintis*. Obtenido de <https://www.deloscintis.com.bo/actualidad/culpina/evo-promulga-ley-de-transferencia-de-terreno-para-la-esr.html>
- Duran , G. (2021). ANÁLISIS E IMPLICANCIAS DEL SISTEMA DE GASODUCTOS VIRTUALES.
- Eergía Bolivia, E. (23 de octubre de 2017). *Eergía Bolivia*. Obtenido de https://www.energiabolivia.com/index.php?option=com_content&view=article&id=4171&Itemid=182
- Escalera, Saúl J. (2004). Industrialización del Gas Natural Boliviano. *Revista Acta Nova*, 518-532.
- Gaceta Oficial de Bolivia, G. (20 de marzo de 2013). Obtenido de <http://gacetaoficialdebolivia.gob.bo/normas/buscar/1539>
- Galileo. (2020). *Galileo Technologies*. Obtenido de <https://www.galileoar.com/www-gasoductovirtual-com/>
- GAMSANLUCAS. (2023). *Gobierno Autónomo Municipal de San Lucas*. Obtenido de www.gamsanlucas.gob.bo
- INE. (2012). Obtenido de http://fichacomunidad.ine.gob.bo/c_listadof/listar_comunidades
- Medinaceli, Mauricio. (2021). Breve análisis y prospectiva de la industria del gas natural boliviano: 1980-2021. *Revista Latinoamericana De Desarrollo Económico*, 169-226.
- ONG-AADUR. (2009). *Ajuste del plan de desarrollo municipal municipio San Lucas*. San Lucas.

- Ormeño Salcedo, Victor; Espinosa Quiñones, Luis; Palacios Olivera, Carlos; Barreda Grados, Virginia; Echegaray Pacheco, Oscar. (2012). *El gas natural y sus diferencias con el GLP*. Lima: Teps Group S.A.C.
- Quispe Vedia, B. A. (2017). *Suministro de gas natural por el sistema virtual a la población de puna-potosí*. Sucre.
- Sampieri. (2014). *Metodología de la Investigación* (Vol. sexta edición). Mexico . Obtenido de <https://www.uncuyo.edu.ar/ices/libro-metodologia-de-la-investigacion-6ta-edicion>
- Segovia Gonzales , E. Y. (2019). *Estudio Técnico para la implementación de una estación saelital de regasificación en la población Santiago de Cotagaita*. Universidad Domingo Savio.
- Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía . (2015). *Sistema de Transporte de gas natural*. Lima: snmpe.
- Structuralia. (31 de Mayo de 2021). *Structuralia*. Obtenido de ¿Cómo se realiza el transporte del gas natural?: <https://blog.structuralia.com/el-transporte-del-gas-natural>
- Yanet, Q. (2015). *IMPLEMENTACION DE UNA ESTACION HIJA CON GASODUCTO VIRTUAL*. Lima: UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR.
- YPFB Redes de Gas. (2016). *Gas Virtual*.
- YPFBTRANSPORTE. (2023). *YPFB TRANSPORTE*. Obtenido de Mapa interactivo: <https://www.yxfbtransporte.com.bo/mapa-interactivo>

Anexo 2: Diagrama de flujo y proceso ESD (PFD).



Fuente: Extraído de Gas virtual-YPFB Redes de Gas.

Anexo 3: Ejemplo de instalación de una plataforma de Almacenamiento y Carga/Descarga.



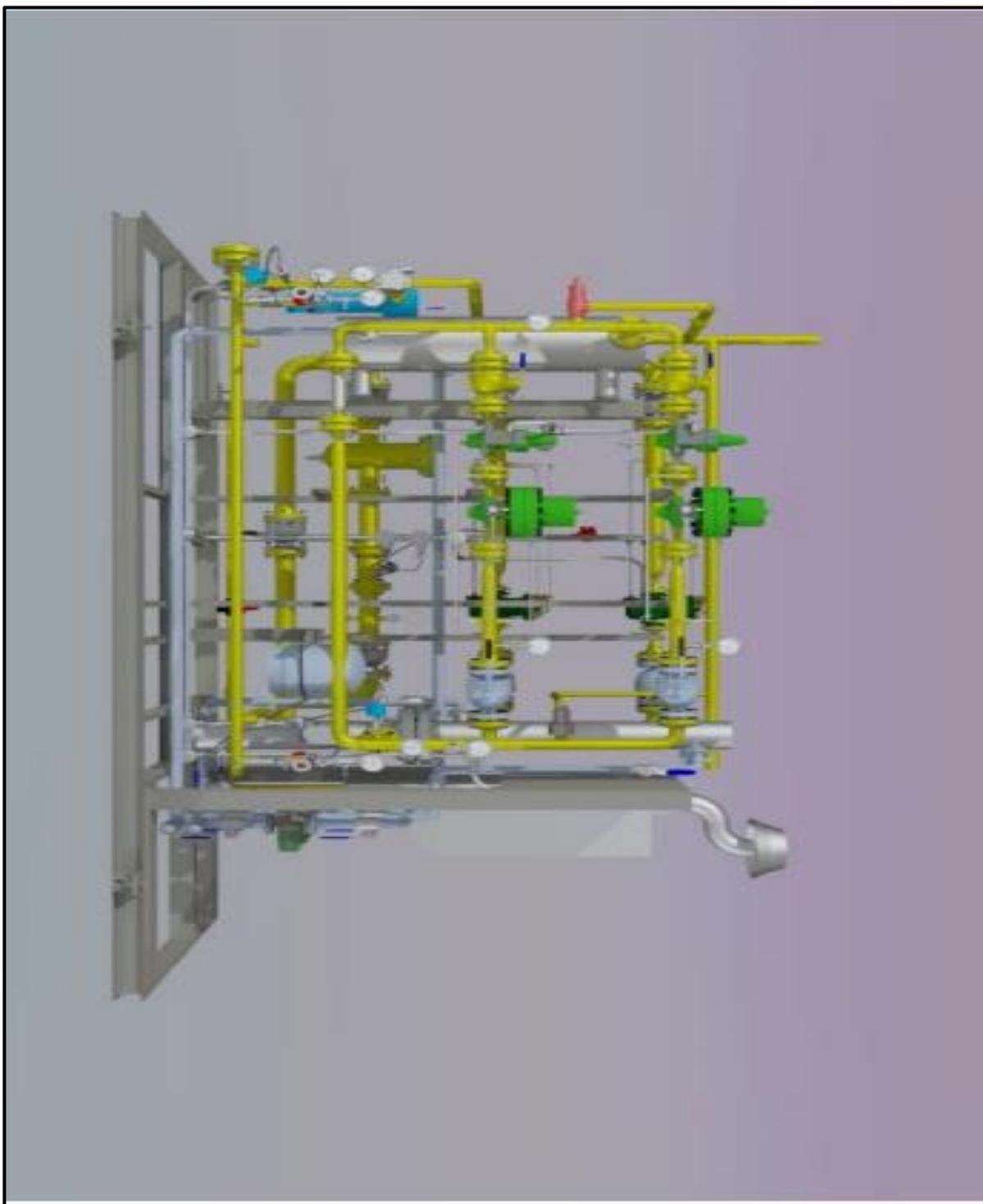
Fuente: Extraído de Implementación de una estación con gasoducto virtual, Quispe Yanet.

Anexo 4: Ejemplo de Instalación de los Módulos de Almacenamiento y transporte.



Fuente: Extraído de Implementación de una estación con gasoducto virtual, Quispe Yanet.

Anexo 5: Figura de una Estación de Descompresión de gas natural comprimido.



Fuente: Extraído de NEOMEXICANA DE GNC.

Anexo 6: Normas técnicas del Decreto Supremo N.º 1539.

Normativa técnica aplicable Artículo 5

ISO 9809-1	Cilindros de gas de acero sin costura recargables – Diseño Construcción y pruebas. Parte 1: cilindros de acero templado y revenido con tracción resistencia inferior a 1.100 MPa.
ISO 9809-2:	Cilindros de gas de acero sin costura recargables – diseño Construcción y pruebas. Parte 2: Cilindros de acero templado y con resistencia a la tracción resistencia mayor o igual a 1100 MPa.
ISO 13341	Cilindros de gas transportables - Montaje de válvulas en cilindros de gas.
ASME B 31.3	Regulación de aspectos relacionados con tuberías a presión, desde su correcta instalación y diseño hasta los métodos de inspección y mantenimiento adecuados.
NFPA 55	Código de seguridad humana que se encarga de establecer las medidas de seguridad específicas necesarias para el almacenamiento y manejo de gases comprimidos y fluidos criogénicos.
API 5L	Especificaciones para tuberías de acero al carbono utilizados para el transporte de hidrocarburos.
NB/NA 0018	Gas Natural – composición del gas natural para su uso como combustible en los sectores termoeléctrico, industrial, comercial, gas natural vehicular (GNV) y residencial
NB 136001-16004	Requisitos de calidad para soldadura.
NB 136005	Examen para cualificación de soldadores - Soldeo por fusión.
NB 136008:	Guía para la inspección visual de soldaduras.
NB/ISO 5579	Ensayos no destructivos - Examen radiográficos de materiales metálicos por rayos “X” y “gamma”.
NB 148009	Instalaciones eléctricas - Sistema de puesta a tierra - Criterios de diseño ejecución de puesta a tierra.
148010-1-4	Instalaciones eléctricas - Protección contra el rayo - Sistema de puesta a tierra.
NAG-418	Reglamentación para Estaciones de Carga de GNC.
NAG-441	Reglamentación para Estaciones de Carga de GNC - Equipos de compresión para Estaciones de Carga de Gas Natural Comprimido.
NAG-443	Norma Argentina para el proyecto, construcción, operación y mantenimiento de Plantas de Carga y Descarga de GNC y GNP a granel.

Normativa técnica aplicable Artículo 5

ET-ENRG-GD N°3 Especificación Técnica para Equipos paquetizados y encasetados para compresión y almacenamiento de GNC, que no requieren Muro perimetral.

Fuente: Extraído de la Gaceta Oficial del Estado Plurinacional de Bolivia (2013).

Anexo 7: Mapa informativo de San Lucas.



Fuente: Extraído de la página del INE, Mapa Interactivo (2023).

Anexo 8: Información de combustibles utilizados para cocinar.

Combustible o energía más utilizados para cocinar	Total
Total	8.008
Gas en garrafa	2.167
Gas domiciliario (por cañería)	0
Leña	5.742
Otros (electricidad, energía solar, guano, bosta o taquia y otro)	64
No cocina	35

Fuente: Extraído la página web del INE-Fichas comunidades.