

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

VICERRECTORADO

CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO PARA EL SUMINISTRO DE GAS NATURAL
PARA LA POBLACIÓN DE OCURÍ DEL NORTE DE POTOSÍ POR EL SISTEMA DE GAS
VIRTUAL**

**TRABAJO EN OPCIÓN A DIPLOMADO EN TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO
Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS**

KENNETH TERRAZAS QUISBERT

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.

Kenneth Terrazas Quisbert

Sucre, 01 de Diciembre de 2023

DEDICATORIA

A mi madre Elizabeth Quisbert Mendoza, cuya dedicación y amor han sido la base de mi vida y éxito académico. Sin tu apoyo incondicional, este trabajo no habría sido posible. Gracias por ser mi guía y mi inspiración en cada paso del camino. Deseo que estas páginas sean un tributo a tu amor y sacrificio, y espero hacerte sentir orgullosa con este logro.

A mi padre Edgar Terrazas Apaza, mi protector y mi confidente. Papá, gracias por ser mi ejemplo de fortaleza y valentía. Te admiro más de lo que puedo decir y por eso dedico a él este trabajo; la dedico en acto de reconocimiento por su esfuerzo y compromiso con mi vida y con mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Primero y, ante todo, doy gracias a Dios por iluminar mi camino y darme la fuerza y la sabiduría para superar cada desafío en este viaje académico.

A mis padres Edgar Terrazas y Elizabeth Quisbert que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos, me siento orgullo de ser su hijo.

A mi familia por su apoyo y confianza. Gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante.

A Belén Baeny, mi enamorada siendo la mayor motivación en mi vida y complemento perfecto para lograr un éxito tan importante, me siento muy agradecido con ella que se preocupó por mí en cada momento y que siempre estuvo para mí con su apoyo incondicional, Te Amo

Mi sincero agradecimiento a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca. Esta prestigiosa institución no solo me ha brindado una educación excepcional, sino que también ha fomentado mi crecimiento personal y profesional.

Agradezco profundamente a todos los profesores y personal de la Facultad de Ciencias y Tecnología, cuya dedicación y pasión por la enseñanza han enriquecido mi experiencia educativa. Sus lecciones trascienden las aulas y me han preparado para enfrentar los retos profesionales con confianza y competencia.

Un especial reconocimiento al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación por su invaluable apoyo y orientación en mi trayectoria académica. Su compromiso con la excelencia ha sido una inspiración constante y un recordatorio del poder transformador de la educación.

RESUMEN

El documento titulado "Análisis Técnico – Económico para el Suministro de Gas Natural para la Población de Ocurí del Norte de Potosí por el Sistema de Gas Virtual" se centra en la evaluación de la viabilidad de implementar un sistema de gas virtual en Ocurí, una región en el norte de Potosí, Bolivia. El trabajo analiza el aumento en la adopción de gas natural en distintas zonas urbanas, destacando su impacto en el fortalecimiento de las economías locales y el desarrollo de infraestructura de gas. Se señala que la región de Ocurí enfrenta desafíos significativos en cuanto a la disponibilidad y distribución eficiente de energía, especialmente del gas natural vehicular. La población local ha sufrido limitaciones en el acceso a fuentes de energía confiables y asequibles, dependiendo en gran medida de suministros externos de GLP, lo que incrementa los costos y la ineficiencia en la distribución.

El estudio propone como solución la implementación de un sistema de gas virtual, que incluiría una estación satelital de regasificación (ESR) para mejorar el suministro de gas natural a la población local. Este enfoque se justifica tanto teórica como prácticamente.

La metodología del estudio involucra un enfoque mixto no experimental, combinando análisis cuantitativo y cualitativo. Se efectuó una recopilación documental exhaustiva y se utilizaron técnicas de investigación como la observación indirecta y entrevistas técnicas para recoger información relevante para el proyecto.

El marco teórico aborda la composición, ventajas y desventajas del gas natural, así como las etapas de la cadena de valor del gas natural y del GNL, incluyendo extracción, tratamiento, licuefacción, almacenamiento, transporte, regasificación y distribución. Además, se describe la función de las ESR en el proceso de regasificación del GNL para su distribución en áreas sin acceso a gasoductos convencionales.

El documento también realiza un análisis de la demanda de gas natural, incluyendo el cálculo de la demanda futura y el volumen mínimo requerido en los tanques de almacenaje de GNL para Ocuri. Se ofrece un contexto detallado sobre Ocuri, resaltando su topografía variada, economía basada en la agricultura y minería, y los desafíos específicos que enfrenta la comunidad en términos de acceso y coste del gas natural.

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.....	4
1.3.1. Justificación Teórica	4
1.3.2. Justificación Práctica.	4
1.4. METODOLOGÍA.....	5
1.4.1. Técnicas de investigación.	5
1.4.2. Instrumentos de investigación.....	5

CAPÍTULO II: DESARROLLO.....	6
2.1. MARCO TEÓRICO	6
2.1.1. Marco Conceptual.....	6
2.1.1.1. Gas Natural.....	6
2.1.1.2. Composición de gas natural	6
2.1.1.3. Ventajas y Desventajas Del Gas Natural	7
2.1.1.4. Cadena del gas natural (extracción, transporte, distribución y comercialización del gas natural)	8
2.1.1.5. Transporte de gas (GN).....	9
2.1.1.6. Gasoductos (GN).....	10
2.1.1.7. Estación de Recepción y Despacho (City Gate).....	11
2.1.1.8. Red Primaria.....	12
2.1.1.9. Puentes de Regulación y Medición (PRM)	13
2.1.1.10. Red Secundaria.....	13
2.1.1.11. Gas natural licuado (GNL).....	14
2.1.1.11.1. Características del GNL.....	14
2.1.1.11.2. Usos de GNL.	14
2.1.1.11.3. Etapas de la cadena de GNL.....	15
2.1.1.11.4. Almacenamiento de GNL.....	16
2.1.1.11.5. Transporte de GNL.....	17

2.1.1.11.6.	Distribución de GNL.	17
2.1.1.12.	Estación satelital de Regasificación ESR.....	18
2.1.1.12.1.	Funcionamiento de la Estación Satelital de Regasificación	18
2.1.1.12.2.	Componentes de una Estación Satélite de Regasificación	19
2.1.1.12.3.	Almacenamiento de gas natural licuado.....	19
2.1.1.12.4.	Estación de descarga de cisterna.....	20
2.1.1.12.5.	Depósito de almacenamiento.....	21
2.1.1.12.6.	Vaporizador depósito (PPR)	21
2.1.1.12.7.	Regasificadores.....	22
2.1.1.12.8.	Evaporadores ambientales	23
2.1.1.12.9.	Intercambiadores de calor.....	23
2.1.1.13.	Normativa Técnica Aplicable Para Estaciones Satélite de Regasificación	23
2.1.1.14.	Cálculo de demanda del Gas Natural	24
2.1.1.14.1.	Proyección Geométrica de habitantes y número de viviendas	24
2.1.1.14.2.	Consumo del Sector Domestico	25
2.1.1.14.3.	Consumo del Sector Comercial	26
2.1.1.14.4.	Volumen mínimo requerido en los tanques de almacenaje de GNL.....	26
2.1.2.	MARCO CONTEXTUAL	27
2.1.2.1.	Municipio de Ocurí.	27

2.1.2.2.	Topografía de Ocurí.	29
2.1.2.3.	Demanda de GNL como alternativa al GLP.....	29
2.1.2.4.	Diagnóstico sobre la distribución de gas en la población de Ocurí.	31
2.1.2.5.	Estaciones Satelitales de Descarga.....	32
2.1.2.6.	Abastecimiento de GNL desde la Planta de Río Grande.....	32
2.2.	INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS	33
2.2.1.	Información población y vivienda de Ocurí	33
2.2.2.	Cálculo de habitantes y viviendas en la población de Ocurí.	33
2.2.3.	Evaluación del Volumen Mínimo Requerido en los Tanques de Almacenaje de GNL. 36	
2.2.4.	Propuesta de selección del área para implementación de la Estación Satelital de Regasificación	37
2.3.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	38
2.3.1.	Costo de Inversión para el Sistema Convencional.....	38
2.3.2.	Comparación con la ESR.....	39
2.3.3.	Estimación de costo total de inversión.....	39
	CAPÍTULO III: CONCLUSIONES	40
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	41
	ANEXOS	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: <i>Cadena de valor.</i>	9
Figura 2: <i>Trampa de rascadores.</i>	10
Figura 3: <i>Inspección de Red Primaria.</i>	12
Figura 4: <i>Estación ERD, Coroico.</i>	18
Figura 5: <i>Tanques de almacenamientos YPFB</i>	20
Figura 6: <i>Estación De Descarga De Cisterna.</i>	21
Figura 7: <i>Vaporización de gas natural.</i>	22
Figura 8: <i>Ubicación del Municipio de Ocurí.</i>	25
Figura 9: <i>Mapa de ductos Bolivia.</i>	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: <i>Composición del gas natural en Bolivia.</i>	6
Tabla 2: <i>Normativa aplicable.</i>	23
Tabla 3: <i>Coordenadas geográficas de Ocurí.</i>	28
Tabla 4: <i>Tipos de energía utilizada para cocinar, calefacción, otros.</i>	31
Tabla 5: <i>Datos de Población y Vivienda del Municipio de Ocurí.</i>	33
Tabla 6: <i>Tabla de proyecciones de Población y Viviendas.</i>	34
Tabla 7: <i>Información de Equipos</i>	34
Tabla 8: <i>Capacidad de almacenamiento de la ESR</i>	36

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES.

En los últimos años, se observó un aumento notable en la adopción del gas natural en diversos sectores urbanos, abarcando desde las principales ciudades hasta comunidades en rápido crecimiento demográfico. Este fenómeno tuvo un impacto considerable en el fortalecimiento de las economías locales, con ejemplos destacados como el de Uyuni.

El 10 de noviembre de 2016, se inauguró la primera Estación de Regasificación Satelital de Gas Domiciliario en Uyuni, un evento que representó un hito significativo. Esta estación proporcionó conexiones de gas a 2.057 hogares, beneficiando a más de 10.285 residentes en la región. La inauguración impulsó notablemente el turismo local y fortaleció sectores clave como la industrialización del litio y la quinua.

En el ámbito académico, las carreras de Ingeniería y Técnico Superior en Petróleo y Gas Natural de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier sobresalieron por sus investigaciones en sistemas de distribución de gas natural. Estos estudios, principalmente tesis de grado en Ingeniería Petrolera y monografías para el título de Técnico Superior en Petróleo, contribuyeron de manera significativa al desarrollo y comprensión del sector.

Un ejemplo notable fue el Proyecto titulado "Estudio Técnico-Económico para el suministro de gas natural para la población de Challapata por el sistema de gas virtual". El proyecto, concluido en 2007 por la GNI de YPF, incluía la propuesta de construir una planta criogénica de GNL en Puerto Villarroel con una inversión de 54 millones de dólares, con el objetivo de cambiar la matriz energética de Pando en el norte de Bolivia.

Además, se examinó el proyecto de la universidad privada Domingo Savio, "Planeación De Proyecto: Estudio Técnico De La Implementación De Una Estación Satelital De Regasificación En Bermejo". Este proyecto proponía que la Planta de GNL en Río Grande procesara 12,8 millones de pies cúbicos por día para producir 210 toneladas de GNL.

En el contexto internacional, se destacó el proyecto "Diseño de Sistema Virtual y la Red de Distribución de Gas Natural en el municipio de Bucarasica Desde el Campo Cerro Gordo" de la Universidad de América. Este trabajo de grado abordó el desafío de proporcionar acceso a gas natural en Bucarasica, Norte de Santander, un área sin acceso a gasoductos convencionales, mediante el uso de tecnología de gasoducto virtual.

Estos avances y proyectos reflejan un cambio significativo en el enfoque energético y representan un paso importante hacia la diversificación y sostenibilidad en el uso de recursos energéticos.

1.1.1. Planteamiento del Problema.

En el norte de Potosí, específicamente en la población de Ocuri, se identificó una problemática significativa en relación con el suministro de gas natural. A pesar de la ubicación estratégica de Ocuri y otras comunidades cercanas en rutas clave, como las que conectan Sucre con Oruro y Oruro con Potosí, estas áreas han enfrentado desafíos notables en cuanto a la disponibilidad y distribución eficiente de energía, incluyendo el Gas Natural Vehicular.

Históricamente, la región ha experimentado una demanda creciente de suministros esenciales, siendo el gas natural uno de los más críticos. Este aumento en la demanda está directamente vinculado con el desarrollo y mejora de la calidad de vida en la región. Sin embargo, la infraestructura existente y las condiciones geográficas han presentado obstáculos considerables para una distribución efectiva y eficiente del gas natural.

La población de Ocuri, en particular, ha sufrido de un acceso limitado a fuentes de energía confiables y asequibles. La escasez de GLP ha sido una preocupación constante, forzando a los residentes a depender de suministros externos, lo que incrementa significativamente los costos y la ineficiencia en la distribución. La lejanía de las principales redes de gasoductos y las dificultades logísticas asociadas con la expansión de la infraestructura de gas en un terreno montañoso y de difícil acceso han exacerbado estos problemas.

La implementación de un sistema de gas virtual en Ocuri se presentó como una solución potencial a estos desafíos. Sin embargo, para determinar la viabilidad de tal solución, era

esencial llevar a cabo un análisis técnico y económico exhaustivo. Este análisis debía incluir una evaluación de las condiciones técnicas y logísticas para la instalación de una estación satelital de regasificación, la investigación de la demanda y oferta de gas natural en la región, el desarrollo de un diseño de ingeniería adecuado para el sistema de gas natural virtual, y un estudio detallado sobre los aspectos económicos y financieros del proyecto. Por lo tanto, surge la siguiente pregunta de investigación.

¿Cómo se puede implementar un sistema de gas virtual en Ocuri, norte de Potosí, de manera técnica y económicamente viable para mejorar el suministro de gas natural a la población local?

1.2. OBJETIVOS.

1.2.1. Objetivo General.

Analizar técnica y económicamente el suministro de gas natural para la población de Ocuri del Norte de Potosí por el sistema de gas virtual.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual del sistema de distribución de Gas Natural en la población de Ocurí
- Realizar una proyección de la demanda de consumo de Gas Natural para los próximos 10 años para la población de Ocuri.
- Establecer el volumen de almacenamiento para la distribución de Gas Natural Licuado
- Seleccionar el terreno para la ubicación de la Estación Satelital de Regasificación cumpliendo la normativa en su selección
- Realizar un análisis de costos para la implementación de una Estación Satelital de Regasificación

1.3. JUSTIFICACIÓN.

1.3.1. Justificación Teórica

El análisis de implementación de un sistema de gas natural virtual en Ocuri se basa en la teoría de sistemas energéticos alternativos y su impacto en el desarrollo socioeconómico de las regiones. Este análisis teórico se alinea con los principios de sostenibilidad energética y eficiencia en la distribución de recursos. Explorar el uso del Gas Natural Licuado (GNL) en lugar del GLP tradicional y la implementación de estaciones satelitales de regasificación representan una innovación en la teoría de sistemas de distribución de energía, especialmente relevante para áreas rurales y geográficamente desafiantes.

El análisis se fundamenta en el marco teórico de la diversificación energética y la descentralización de los suministros de energía, ambos esenciales para mejorar la autonomía y resiliencia de comunidades locales. Asimismo, se alinea con teorías sobre cambio climático y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, subrayando el GNL como una fuente de energía más limpia y eficiente comparada con los combustibles tradicionales.

1.3.2. Justificación Práctica.

En términos prácticos, el proyecto en Ocuri busca abordar los desafíos específicos que enfrenta la comunidad en términos de acceso y coste del gas natural. La implementación de un sistema de gas virtual es una solución viable y económica para superar las limitaciones geográficas y de infraestructura que dificultan la extensión de los gasoductos convencionales. Este sistema permitirá una distribución más eficiente y económica del gas natural a áreas rurales, mejorando el acceso a un combustible más limpio y asequible para la población local.

La práctica de transportar GNL en cisternas a largas distancias representa una solución innovadora que beneficiará no solo a Ocuri, sino también a comunidades vecinas, mejorando así los estándares de vida y apoyando el desarrollo económico local. La reducción de costos en la compra de energía y el incremento en la eficiencia de los sistemas productivos son beneficios prácticos directos, junto con un impacto ambiental positivo debido a la menor emisión de gases contaminantes.

1.4. METODOLOGÍA

La presente investigación se enmarca en un estudio aplicado de enfoque mixto, no experimental, que combina análisis cuantitativo y cualitativo en un diseño descriptivo y analítico. Se enfoca en un estudio de caso específico para evaluar la viabilidad técnica y económica de un sistema de gas virtual en Ocuri.

1.4.1. Técnicas de investigación.

En la primera fase del proyecto, se efectuó una recopilación documental exhaustiva que abarcó una amplia gama de fuentes, incluyendo libros, publicaciones, normas, artículos, revistas y periódicos. La integración de esta información resultó en el desarrollo de un marco teórico que se alineaba estrechamente con el tema del proyecto. Para la recolección de datos, se emplearon técnicas de investigación específicas. La observación indirecta fue la técnica primaria utilizada en la etapa inicial, permitiendo recopilar información y llevar a cabo un reconocimiento preliminar del lugar del proyecto. Este proceso de observación indirecta se documentó en un registro detallado, capturando toda la información relevante para el proyecto. Paralelamente, se realizaron entrevistas técnicas para recoger información técnica de fuentes primarias, identificadas previamente por el investigador. Para estas entrevistas, se desarrolló un registro estructurado, diseñado específicamente para abordar la temática y los requerimientos del proyecto.

1.4.2. Instrumentos de investigación.

Durante la investigación, se utilizaron dos instrumentos clave para la recopilación de datos. El primero fue el Registro de Observaciones, una herramienta esencial en la fase de observación indirecta, que permitió documentar meticulosamente toda la información relevante y de interés para el análisis. El segundo instrumento, el Registro de Entrevista, se empleó durante la fase de entrevistas técnicas. Este registro se diseñó específicamente para estructurar y documentar las respuestas obtenidas, asegurando que se alinearan con la temática y las necesidades específicas del proyecto.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1. MARCO TEÓRICO

2.1.1. Marco Conceptual.

2.1.1.1. Gas Natural.

El gas natural es un tipo de combustible fósil que se forma por la descomposición de materia orgánica bajo tierra durante millones de años. Está compuesto principalmente por metano, pero también puede contener otros hidrocarburos y gases como etano, propano, dióxido de carbono, nitrógeno y ácido sulfhídrico. El gas natural se extrae de yacimientos independientes o asociados al petróleo y se usa como fuente de energía para diversos fines, como la generación de electricidad, el transporte, la industria y el uso doméstico. (Caceres, 2010; Tarifas, 2021; Geologíaweb, 2021)

El gas natural tiene ventajas ambientales frente a otros combustibles fósiles, ya que emite menos dióxido de carbono y otros contaminantes al quemarse. Sin embargo, también tiene riesgos e impactos negativos, como la emisión de metano, un potente gas de efecto invernadero, las fugas y explosiones, y la dependencia de países productores. (Caceres, 2010; Tarifas, 2021; Geologíaweb, 2021)

2.1.1.2. Composición de gas natural

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos gaseosos de origen fósil, que se extrae de yacimientos subterráneos. Su composición original varía según las características de cada yacimiento, en general el metano representa más del 80%,

Tabla 1. *Composición del gas natural en Bolivia.*

Porcentaje	Fórmula Química	Nombre	Tipo de Gas
80-90%	CH ₄	Metano	Gas natural seco
4-10%	C ₂ H ₆	Etano	Gas natural seco

Porcentaje	Fórmula Química	Nombre	Tipo de Gas
2-3%	C ₃ H ₈	Propano	Gas Licuado de Petróleo (GLP)
0.5-2%	C ₄ H ₁₀	Butano	Gas Licuado de Petróleo (GLP)
<1%	C ₅ H ₁₂	Pentano	Gasolina natural
<1%	C ₆ H ₁₄	Hexano	Gasolina natural
<0.5%	C ₇ H ₁₆ +	Heptano plus	Condensados del gas

Fuente: Extraído de la Super intendencia de Hidrocarburos, 2020.

Además, contiene etano, propano, butano, CO₂, N₂, trazas de hidrocarburos más pesados y agua. Luego de extraído el gas es tratado en diversos procesos y llevado a condiciones de ser transportado.

2.1.1.3. Ventajas y Desventajas Del Gas Natural

El gas natural se ha establecido como un recurso energético de gran importancia en la sociedad moderna, destacándose por su versatilidad y su creciente accesibilidad en la vida diaria de los ciudadanos. En España, la expansión de la infraestructura de distribución está permitiendo que un número creciente de localidades accedan al suministro de gas natural, desplazando gradualmente al gas butano y al gas propano. Esta tendencia se ve impulsada por la conveniencia y la economía que ofrece el gas natural en comparación con otros servicios domésticos como la electricidad y la telefonía. (Almonte, 2019)

Ventajas del Gas Natural

- Disponibilidad: El gas natural es fácilmente accesible. Su uso se facilita mediante la apertura simple de una válvula o grifo.
- Coste-Eficiencia: La extracción y transporte del gas natural resultan económicos.
- Alto Valor Energético: Posee un poder calorífico significativo, lo que le confiere eficiencia en la generación de calor.

- Versatilidad: Es utilizable en diversos dispositivos y aplicaciones, desde la generación de agua caliente hasta sistemas de calefacción.
- Además, el gas natural se compone principalmente de metano, junto con otros alcanos y, en ocasiones, pequeñas cantidades de nitrógeno, dióxido de carbono, helio o ácido sulfhídrico, lo que lo convierte en una fuente energética primordial.

Desventajas del Gas Natural

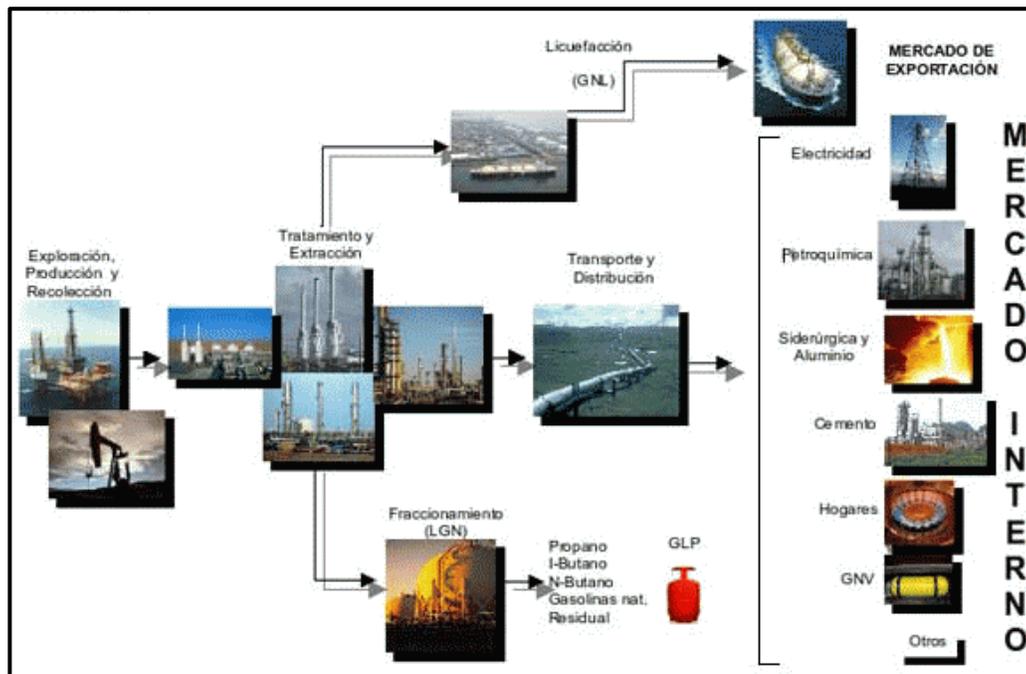
- Riesgos de Seguridad: Un manejo inapropiado puede resultar en explosiones.
- Impacto Ambiental: Contribuye al calentamiento global y al cambio climático, a pesar de ser uno de los combustibles fósiles más limpios.
- Detección de Fugas: La ausencia de olor natural del gas dificulta la detección de fugas, aunque se añaden odorizantes por razones de seguridad.
- No Renovable: Al igual que otros hidrocarburos, el gas natural no es renovable y su disponibilidad está limitada a las reservas existentes.
- Dependencia Externa: España enfrenta la desventaja de no contar con yacimientos propios de gas natural, lo cual genera una dependencia de importaciones de otros países.

Estas características del gas natural definen su rol en el mercado energético y en la gestión de recursos a nivel nacional, influyendo tanto en la política energética como en las decisiones de consumo de los hogares españoles.

2.1.1.4. Cadena del gas natural (extracción, transporte, distribución y comercialización del gas natural)

El concepto de cadena de valor del gas natural se fundamenta en la identificación de una serie de procesos interconectados que, en su conjunto, añaden valor al recurso y lo hacen disponible para el consumidor final. Estos procesos, o eslabones, son esenciales para transformar y movilizar el gas natural desde su estado bruto hasta un producto utilizable.

Figura 1. Cadena de valor.



Fuente: Extraído de Enagás, la imagen representa la cadena de valor del GN

La cadena se compone de las siguientes etapas: Exploración y Producción, Tratamiento y Extracción, Fraccionamiento, Transporte y Distribución. (Enagas, sf)

2.1.1.5. Transporte de gas (GN).

El transporte clásico de gas natural entre dos puntos específicos se efectúa a través de gasoductos, que son tuberías de acero con alto contenido de carbono y notable elasticidad. Estas tuberías pueden estar ubicadas bajo tierra o en el lecho marino. La eficiencia en la capacidad de transporte de un gasoducto está directamente relacionada con la presión diferencial entre sus extremos y el diámetro de la tubería; un diámetro mayor facilita un aumento en la capacidad de transporte.

Para impulsar el movimiento del gas a través de los gasoductos, se incrementa la presión del gas en puntos estratégicos mediante estaciones de compresión. Estas estaciones son esenciales para mantener el flujo adecuado del gas, compensando cualquier pérdida de presión que ocurra durante el transporte. La gestión y supervisión del flujo de gas se centraliza en instalaciones de

control, donde se monitorizan constantemente las presiones, temperaturas, caudales y valores caloríficos del gas.

La infraestructura del sistema de transporte de gas natural incluye los gasoductos, estaciones de compresión, estaciones de regulación y medición, y centros de control, entre otros. Por ejemplo, la red básica de gas natural de España, como se ilustró a finales de 2016, demuestra la extensión y complejidad de las instalaciones dedicadas al transporte de gas. Estas redes forman parte crucial de la cadena de suministro de energía y son vitales para asegurar la disponibilidad constante de gas natural a los consumidores.

2.1.1.6. Gasoductos (GN).

Un gasoducto es un sistema de tuberías diseñado para el transporte de gases combustibles, en particular el gas natural, el cual se mueve a alta presión desde su punto de extracción o regasificación hasta centros de consumo o distribución. Estas tuberías suelen estar instaladas subterráneamente, a una profundidad estándar de un metro y, en ciertas circunstancias, hasta dos metros para garantizar la seguridad y la integridad del sistema, aunque en casos excepcionales, pueden estar sobre la superficie

Figura 2. *Gasoducto Tennessee Gas Pipeline Company*



Fuente: Extraído de Administración de Información Energética de (EEUU, 2020)

Por motivos de seguridad y para cumplir con las regulaciones internacionales, se instalan válvulas de cierre a intervalos regulares a lo largo del gasoducto. Estas válvulas permiten interrumpir el suministro de gas para controlar situaciones de emergencia, como fugas. En gasoductos de extensa longitud, se necesitan estaciones de compresión distribuidas estratégicamente para mantener la presión y el flujo del gas. Además, se incorporan cables de fibra óptica para la transmisión de datos y la detección de fugas, así como estaciones de emergencia, equipos de lucha contra incendios y caminos de acceso para la rápida intervención en caso de incidencias.

El origen de un gasoducto típicamente es un campo de gas natural o una planta de regasificación; esta última a menudo se encuentra cerca de puertos marítimos para facilitar la recepción de gas natural licuado (GNL), transportado en condiciones criogénicas por buques especializados conocidos como metaneros. Las tuberías también pueden extenderse para conectar plantas de procesamiento de gas con instalaciones de embotellado en áreas urbanas, así como para abastecer directamente a los usuarios finales, que incluyen hogares, centros industriales y plantas de generación de energía.

2.1.1.7. Estación de Recepción y Despacho (City Gate)

Las estaciones de recepción y despacho de gas natural son instalaciones críticas en el punto de interconexión entre los sistemas de transporte y distribución de gas. Estas instalaciones están específicamente diseñadas para realizar múltiples funciones esenciales para asegurar que el gas natural que llega de los gasoductos esté listo para su distribución final. El proceso comienza con la recepción del gas a alta presión, seguido de una serie de pasos críticos para su adecuación. (ANH, 2019)

El filtrado es uno de los primeros procedimientos en estas estaciones, eliminando impurezas y partículas sólidas que puedan dañar las tuberías o alterar la calidad del gas. La medición es otra función crucial, donde se determina la cantidad de gas que fluye a través del sistema para fines de contabilidad y gestión de la red. La odorización es un paso de seguridad vital; se añade un compuesto odorífero al gas, que normalmente es inodoro, para facilitar la detección de fugas por parte de los consumidores y técnicos. (ANH, 2019)

Finalmente, el despacho del gas natural se realiza una vez que ha pasado por todas las etapas anteriores, ajustando la presión a los niveles adecuados para los sistemas de distribución menores. Estas operaciones son fundamentales para la transición del gas entre los sistemas de transporte de alta presión y las redes de distribución de menor presión que abastecen directamente a hogares, industrias y otras entidades consumidoras. (ANH, 2019)

2.1.1.8. Red Primaria.

Figura 3. *Inspección de Red Primaria.*



Fuente: Extraído de la página web de YPF. Sistema de Distribución de GN.

Opera a presiones mayores a 4 bar hasta 42 bar inclusive, compuesta por tuberías de acero, válvulas, accesorios y cámaras de válvulas, que conforman la matriz del Sistema de Distribución.

La red primaria de gas es el conjunto de tuberías, válvulas, estaciones de regulación y medición, y otros elementos que transportan el gas natural desde los puntos de entrada al sistema hasta los puntos de conexión con la red secundaria. La red primaria tiene una presión más alta que la red secundaria y suele abastecer a grandes consumidores industriales o a zonas urbanas con alta

demanda de gas. La red primaria se diseña y opera siguiendo criterios técnicos, económicos y ambientales que garanticen la seguridad, la eficiencia y la calidad del servicio. (Instituto Argentino del Petróleo y del Gas, 2010; ANH, 2021)

2.1.1.9. Puentes de Regulación y Medición (PRM)

Las instalaciones operadas por YPFB Redes de Gas Ductos son puntos clave en los que se efectúa la entrega y/o comercialización de gas natural a los usuarios industriales. Estos puntos también desempeñan un rol vital en la regulación de la presión de suministro y están ubicados en el perímetro municipal de las propiedades industriales.

Estas instalaciones funcionan de manera análoga a los city gates, donde el gas se canaliza desde las redes primarias hasta los Puntos de Regulación y Medida (PRM) a través de acometidas de acero. Sin embargo, una distinción importante es que el sistema de seguridad, que incluye dispositivos de bloqueo y/o alivio, está integrado directamente en la instrumentación de los PRM, y no en la acometida en sí.

En cuanto al mantenimiento, la acometida de derivación y los PRM son responsabilidad de las industrias propietarias, de acuerdo con el marco normativo establecido por el Decreto Supremo N° 1996, emitido el 14 de mayo de 2014. Este mantenimiento incluye todas las operaciones necesarias para asegurar el correcto funcionamiento y la seguridad de la infraestructura de gas natural. (Decreto Supremo N 1996, 2014)

2.1.1.10.Red Secundaria.

La red secundaria de gas es el conjunto de tuberías que distribuyen el gas desde las estaciones de regulación y medida (ERM) hasta los puntos de consumo. La red secundaria se compone de ramales, subramales y acometidas, que tienen diferentes diámetros y presiones según el caudal y la demanda de gas. La red secundaria debe cumplir con las normas técnicas y de seguridad establecidas por la autoridad competente, así como con los criterios de diseño, construcción, operación y mantenimiento definidos por el operador del sistema. La red secundaria debe garantizar la continuidad y calidad del suministro de gas a los usuarios finales, así como la protección del medio ambiente y la prevención de riesgos.

2.1.1.11. Gas natural licuado (GNL).

El gas natural licuado (GNL) es un combustible que se obtiene al enfriar el gas natural hasta convertirlo en líquido. Este proceso permite reducir el volumen del gas en unas 600 veces, facilitando su almacenamiento y transporte en recipientes aislados. El GNL es inodoro, incoloro, no tóxico y no corrosivo, y tiene un alto poder calorífico. Se utiliza principalmente para generar electricidad, calefacción, transporte y otras aplicaciones industriales. El GNL se considera una fuente de energía limpia y eficiente, ya que emite menos dióxido de carbono y otros gases contaminantes que otros combustibles fósiles. (Oiltanking, 2022; Grupo HAM, 2022; Shell, 2023)

2.1.1.11.1. Características del GNL.

El GNL es un combustible inodoro, incoloro, no tóxico y no corrosivo, que tiene una densidad menor que la del agua y que solo se inflama si se mezcla con aire en ciertas proporciones. El GNL se utiliza para aprovechar las reservas de gas natural que se encuentran en lugares remotos o aislados, donde no es rentable construir gasoductos o plantas eléctricas. El GNL se almacena y transporta en recipientes altamente aislados que mantienen su estado líquido, y se regasifica antes de su uso final. (Oiltanking, 2022; Grupo HAM, 2022; Shell, 2023)

2.1.1.11.2. Usos de GNL.

El GNL tiene diversos usos y ventajas, tanto en el sector energético como en el industrial, el doméstico, el agrícola y el de transporte. (Gasnaturalgnu, 2021; Naturgy, 2022; Shell, 2023)

Entre los usos del GNL se encuentran:

- La producción de energía eléctrica.
- La calefacción y la combustión en usos domésticos y comerciales, como la cocina, el agua caliente o la climatización.
- El transporte, tanto de vehículos particulares como de flotas profesionales, que pueden usar el GNL como una alternativa más limpia y económica que los combustibles tradicionales.

- La industria, que puede emplear el GNL en procesos de calentamiento, fundición, soldadura, cerámica, alfarería, etc.
- La agricultura, que puede aprovechar el GNL para secar cosechas o calentar invernaderos.
- La cogeneración, que consiste en producir simultáneamente electricidad y calor a partir del GNL, lo que aumenta la eficiencia y reduce las emisiones.

Las ventajas del GNL son:

- Es un combustible más limpio que el petróleo o el carbón, ya que emite menos dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas
- Es más seguro que el gas natural convencional, ya que no es inflamable ni explosivo en su estado líquido
- Es más económico que otros combustibles fósiles, ya que tiene un mayor poder calorífico y un menor costo de transporte y almacenamiento.

Es más versátil que el gas natural convencional, ya que puede llegar a zonas donde no hay red de gasoductos o donde la demanda es estacional o variable.

2.1.1.11.3. Etapas de la cadena de GNL.

El gas natural licuado (GNL) es el resultado de un proceso que consiste en varias etapas, estas etapas son:

- Extracción y tratamiento del gas natural en el yacimiento, donde se le eliminan las impurezas como el dióxido de carbono, el azufre, el agua o el mercurio.
- Licuefacción del gas natural en una planta especializada, donde se le reduce la temperatura a -160°C para convertirlo en un líquido que ocupa menos espacio y facilita su transporte.

- Almacenamiento y transporte del GNL en buques tanques diseñados para mantener la presión y la temperatura adecuadas.
- Regasificación del GNL en una terminal de recepción, donde se le devuelve a su estado gaseoso mediante un aumento de la temperatura y la presión.
- Distribución del gas natural a través de gasoductos o redes locales hasta los puntos de consumo final.

2.1.1.11.4. Almacenamiento de GNL

El almacenamiento del GLP (gas licuado de petróleo) es una actividad que requiere de medidas de seguridad y eficiencia, ya que se trata de un combustible con alto poder calorífico y presión de vapor. El GLP se puede almacenar de diferentes formas, según la temperatura, la presión y el lugar donde se ubique el depósito. Algunos tipos de almacenamiento son:

- Almacenamiento presurizado a temperatura ambiente: se utiliza para almacenar el GLP en depósitos fijos o móviles que soportan la presión del gas a la temperatura ambiente. Estos depósitos pueden ser esféricos, cilíndricos o tipo salchicha, y se pueden instalar por encima o por debajo del suelo.
- Almacenamiento refrigerado a presión ambiente: se utiliza para almacenar el GLP en tanques criogénicos que mantienen el gas a una temperatura muy baja (entre -40°C y -50°C) y a la presión atmosférica. Estos tanques requieren de sistemas de refrigeración y aislamiento térmico para evitar la evaporación del gas.
- Almacenamiento semi refrigerado, parcial presurizado del producto: se utiliza para almacenar el GLP en tanques que combinan la refrigeración y la presurización del gas, manteniendo una temperatura entre -10°C y -20°C y una presión entre 5 y 10 bar. Estos tanques también requieren de sistemas de refrigeración y aislamiento térmico.
- Almacenamiento subterráneo: se utiliza para almacenar el GLP en cavernas de sal o canteras que pueden soportar su presión de vapor a la temperatura subterránea. Estos

métodos de almacenamiento se han utilizado en los Estados Unidos, Canadá y Europa, y ofrecen una gran capacidad y seguridad.

El tipo de almacenamiento más adecuado depende de varios factores, como la cantidad y la calidad del GLP, el uso que se le va a dar, el costo y la disponibilidad del espacio. El objetivo de una planta de almacenamiento es recibir el GLP que llega a través de un gasoducto, almacenarlo en los depósitos adecuados y posteriormente evacuarlo hacia otro gasoducto o hacia vehículos cisterna.

2.1.1.11.5. Transporte de GNL.

El transporte de GLP es una actividad complementaria al servicio público domiciliario de GLP que se realiza por diferentes medios, dependiendo de la ubicación de las plantas de producción y los mercados. Los medios de transporte más comunes son los gasoductos, los propanoductos, los poliductos, los buques a presión, los camiones cisterna, los camiones repartidores y los planchones en el caso de transporte fluvial. El transporte de GLP debe cumplir con las normas de seguridad establecidas por el Ministerio de Minas y Energía, que ha reglamentado el uso de la guía única de transporte para GLP.

2.1.1.11.6. Distribución de GNL.

La distribución del gas licuado de petróleo (GLP) consiste en el traslado del producto desde las fuentes de producción o importación hasta los puntos de consumo final. El GLP se puede comercializar a granel o envasado en balones o cilindros. La comercialización a granel implica el uso de camiones cisterna que transportan el GLP hasta los gasocentros o los consumidores directos, como industrias, comercios o viviendas con depósitos propios. La comercialización envasada requiere de plantas envasadoras que llenan los balones o cilindros con el GLP y los distribuyen a través de redes de distribuidores autorizados o puntos de venta al público.

El GLP es un combustible que se obtiene de la mezcla de dos hidrocarburos principales: el propano y el butano. Se origina a partir del proceso de refinación del crudo del petróleo o del proceso de separación del crudo o gas natural en los campos de extracción. El GLP se caracteriza por tener un poder calorífico alto y una densidad mayor que la del aire. Es comúnmente

conocido como gas en cilindro o pipetas y se utiliza principalmente para fines domésticos, como la cocción de alimentos, el calentamiento de agua o la climatización.

2.1.1.12. Estación satelital de Regasificación ESR.

Una Estación Satelital de Regasificación (ESR) es una unidad operativa que forma parte del proyecto de gas natural licuado (GNL) de Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos (YPFB). Su función es vaporizar el GNL que se transporta en cisternas desde la Planta de Licuefacción de Gas Natural, ubicada en Río Grande, Santa Cruz, y retornarlo a su estado gaseoso para distribuirlo a poblaciones donde no hay gasoductos convencionales.

Figura 4. Estación ERD, Coroico.



Fuente: Extraído de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), 2010.

Además, la ESR cuenta con un sistema de regulación, medición y odorización del gas natural. Actualmente, YPFB tiene 33 ESR en funcionamiento en diferentes departamentos del país y proyecta construir más en el futuro.

2.1.1.12.1. Funcionamiento de la Estación Satelital de Regasificación

El funcionamiento de la estación satelital de regasificación (ESR) se basa en el proceso de convertir el gas natural licuado (GNL) en gas natural (GN) mediante el uso de un intercambiador de calor. El GNL se transporta desde la planta de licuefacción hasta la ESR en camiones cisterna

criogénicos, que mantienen el GNL a una temperatura de -160°C y una presión de 3 a 4 bar. Al llegar a la ESR, el GNL se descarga en un tanque de almacenamiento, donde se mantiene en las mismas condiciones. Cuando se requiere el GN, el GNL se bombea desde el tanque hasta el intercambiador de calor, donde se calienta con un fluido térmico que circula por un circuito cerrado. El fluido térmico se calienta mediante una caldera que utiliza gasóleo o gas natural como combustible. El GN resultante del intercambiador de calor se envía a la red de distribución o al consumidor final, previo paso por un sistema de regulación y medida que ajusta la presión y el caudal del GN. La ESR permite suministrar GN a zonas aisladas o con baja demanda, sin necesidad de construir gasoductos.

2.1.1.12.2. Componentes de una Estación Satélite de Regasificación

2.1.1.12.3. Almacenamiento de gas natural licuado

Para almacenar el GNL en la estación satelital de regasificación se utilizan depósitos de doble envoltura metálica, la interior de acero aleado y la exterior de acero al carbono, con un espacio intermedio relleno de perlita expandida y el cual se ha efectuado el vacío. Los depósitos son siempre cilíndricos y pueden ser horizontales o verticales en función de las capacidades y necesidades de espacio, normalmente se utilizan depósitos horizontales, pero para ciertas aplicaciones en las que por ejemplo deban alimentarse bombas criogénicas de gas natural licuado o por falta de espacio, convienen los verticales.

Sus capacidades están comprendidas entre unos pocos metros cúbicos hasta 250 m³ o 300 m³, en función de las necesidades. Los pequeños se suelen utilizar para consumos pequeños suministrados a granel mientras que los de 60 m³ y superiores se utilizan para consumos industriales o plantas de distribución. Los pequeños se suelen utilizar para consumos pequeños suministrados a granel mientras que los de 60 m³ y superiores se utilizan para consumos industriales o plantas de distribución, en función de las necesidades deberán construirse uno o varios depósitos, en cuyo caso es habitual que sean idénticos. No deben llenarse nunca a más del 95% de su capacidad geométrica y se debe evitar que alcancen un nivel mínimo, para garantizar el mantenimiento en frío.

Figura 5. *Tanques de almacenamientos YPFB*



Fuente: Extraído de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), 2010.

Una Estación Satelital Regasificadora es una instalación industrial que existe entre la de extracción del gas natural licuado y la red de distribución de gas natural, en ella se lleva a cabo el proceso que convierte el gas natural licuado en gas natural. Es una unidad Portátil prefabricada que una vez adquirida se procede a su instalación en un terreno fijo con características y dimensiones adecuadas. (YPFB, 2015)

2.1.1.12.4. Estación de descarga de cisterna

La instalación de descarga de cisterna tiene como objetivo efectuar el trasvase del Gas Natural. Licuado desde la cisterna hasta los depósitos criogénicos de almacenamiento. Dicho trasvase se efectuará mediante la presurización de la cisterna, mediante la evaporación parcial del propio líquido de la cisterna con el vaporizador atmosférico de descarga (PPR).

Figura 6. Estación De Descarga De Cisterna.



Fuente: Extraído de Novagas, 2014. Se visualiza la instalación de Gas Virtual.

2.1.1.12.5. Depósito de almacenamiento

La instalación de almacenamiento tiene por objetivo almacenar el gas licuado procedente de la descarga de cisternas y suministrarlo a la instalación. Cada depósito criogénico, se compone de dos recipientes concéntricos:

- El recipiente interior es de acero inoxidable.
- El recipiente exterior de acero al carbono.

En la cámara intermedia destinada al aislamiento térmico, se realiza un vacío elevado y es rellena de perlita en polvo. Anexo al depósito de encuentran unos evaporadores, presurización de este mediante vaporización de parte de su fase líquida.

2.1.1.12.6. Vaporizador depósito (PPR)

Para asegurar el funcionamiento óptimo de la estación satélite, el vaporizador atmosférico de descarga (PPR) del tanque desempeña un papel crucial en el mantenimiento de la presión de servicio de la instalación. Este equipo extrae gas natural licuado (GNL) del interior del tanque, lo convierte en gas al vaporizarlo instantáneamente y luego lo inyecta de nuevo en la parte gaseosa del tanque. La presión dentro del depósito se regula constantemente mediante un regulador de presión ubicado en el circuito de conexión. Además, el circuito del PPR del tanque

es esencial para mantener la presión interna del depósito cuando esta desciende por debajo del valor preestablecido. La presión de consigna se mantiene en un rango de aproximadamente 4 a 5 bar.

Figura 7. *Vaporización de gas natural.*



Fuente: Extraída de Novagas, 2014. Se visualiza el sistema de vaporización (no instalada).

2.1.1.12.7. Regasificadores

La licuefacción de gas natural provoca la reducción de su volumen lo cual permite que su transporte por mar, a través de buques de GNL, y su recepción en terminales de GNL sea económicamente viable. Al llegar a estas terminales, el GNL se calienta, re-gasifica y es inyectado a la red de distribución o a estaciones de generación de electricidad locales. La regasificación es el proceso mediante el cual el GNL, que se encuentra a 161 grados centígrados bajo cero, se reconvierte a gas a presión atmosférica.

2.1.1.12.8. Evaporadores ambientales

La principal misión de esta instalación de la planta es la de vaporizar el gas natural líquido procedente de los depósitos de almacenamiento. Con este proceso se consigue evaporar, con una temperatura de salida de los Regasificadores, entre 5 °C y 10 °C por debajo de la temperatura ambiente.

2.1.1.12.9. Intercambiadores de calor

Una vez el gas ha sido vaporizado por el sistema de vaporización ambiental, mediante los vaporizadores ambientales, la temperatura a la que sale el gas es de 5 °C a 10 °C por debajo de la temperatura ambiente en ese momento reinante. Por lo que la misión principal del intercambiador de calor es que la temperatura de emisión a la salida del vaporizador no esté por debajo de la temperatura de disparo de seguridad de Baja

2.1.1.13. Normativa Técnica Aplicable Para Estaciones Satélite de Regasificación

Decreto Supremo N.º 2159, 23 de octubre de 2014. Reglamento Técnico para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Abandono de Plantas de Gas Natural Licuado - GNL y Estaciones de Regasificación Decreto Supremo N.º 2159

Tabla 2. *Normativa aplicable.*

Normativa para estaciones satélite de regasificación.	Normativa técnica aplicable.
NFPA 59A	Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG) (Estándar para la producción, almacenamiento y manejo de Gas Natural Licuado (GNL));
33CFR Section 127	Waterfront Facilities Handling Liquefied Natural Gas and Liquefied Hazardous Gas (Instalaciones portuarias que manipulen Gas Natural Licuado o Gases Peligrosos Licuados);

Normativa para estaciones satélite de regasificación.	Normativa técnica aplicable.
API 620	Design and Construction of Large, Welded Low Pressure Storage Tanks.(Diseño y construcción de tanques soldados de almacenamiento a baja presión);
API 625	Tank Systems for Refrigerated Liquefied Gas Storage (Sistemas de Tanque de Almacenamiento Gas Licuado Refrigerado);
API 650	Welded tank for Storage mil (Tanques soldados para almacenamiento de petróleo);

Fuente: Extraído de la gaceta oficial del estado plurinacional de Bolivia (2013).

I. La Estación de Regasificación debe contar con sistemas de almacenaje, transferencia, Regasificación y de requerirse, un sistema de bombas criogénicas a objeto de elevar la presión de suministro.

II. El diseño de la Estación de Regasificación debe contemplar el volumen de almacenaje, el caudal de entrega, la presión y temperatura de Regasificación, debiendo establecerse las condiciones de la demanda de consumo, presión de entrega y presión mínima admisible, en el contrato de venta o convenio de entrega de Gas Natural, GNL o GNC, según corresponda.
Artículo 20°. - (Estación de regasificación)

2.1.1.14. Cálculo de demanda del Gas Natural

2.1.1.14.1. Proyección Geométrica de habitantes y número de viviendas

Existe diversidad de Métodos para la Estimación de Poblaciones Futuras, pero, en realidad, ninguno es 100% preciso, pues en todo caso siempre existirá un grado de incertidumbre, que puede depender de una variedad de factores, como podría ser el clima y el nivel socioeconómico de la población, entre otros.

En este caso estudiaremos dos tipos, 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.

Método Geométrico

$$Pob_f = Pob_i * (1 + i)^t \quad Ec. (1)$$

Donde:

Pob_f = población futura [=] Habitantes

Pob_i = población inicial [=] Habitantes

i = índice de crecimiento poblacional

t = tiempo [=] años

2.1.1.14.2. Consumo del Sector Domestico

$$Q_{dom} = \left[\left(A * \frac{p}{PCS} * S \right)_{cocina} + \left(A * \frac{p}{PCS} * S \right)_{calefactor} \right] * N \quad Ec. (2)$$

Donde:

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

PSC = Poder Calorífico Superior [=] KW/m³

N =Número de usuarios [=] habitantes

2.1.1.14.3. Consumo del Sector Comercial

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

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

Donde:

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

Consumo Total

$$Q_{Total} = Q_{dom} + Q_{com} + Q_{industrial} + Q_{GNV}$$

Donde

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

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

Q_{Total} = Caudal total [=] m³/h

2.1.1.14.4. Volumen mínimo requerido en los tanques de almacenaje de GNL

La capacidad de almacenaje del gas natural licuado, normalmente en los tanques de la Estación de Satelital de Regasificación debe garantizar mínimamente el valor mayor del consumo de 3 días de autonomía, o el equivalente en consumo a 2,5 veces el tiempo de viaje desde la Planta de GNL. hasta la ESR, es decir la capacidad de almacenaje deberá tener como mínimo el requerimiento inicialmente planteado más el volumen de las unidades de transporte.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, a continuación, se presentan la ecuación empleada para la estimación del volumen mínimo requerido.

$$V_m = Dd \cdot 2,5 \cdot Tv$$

V_m = Volumen mínimo requerido de GN (m³)

Dd =demanda de gas natural (m³/d)

Tv = tiempo de viaje

2,5 = Factor de seguridad

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

2.1.2. MARCO CONTEXTUAL

2.1.2.1.Municipio de Ocurí.

El Municipio de Ocurí, situado en la cuarta sección de la provincia Chayanta, departamento de Potosí, Bolivia, a 115 km de la ciudad de Sucre, se extiende sobre una superficie de aproximadamente 8004 km², siendo el cuarto más grande de la provincia. Este municipio, con una topografía variada que va desde planicies suaves hasta serranías empinadas, alberga una población de 18.587 habitantes distribuidos en 86 comunidades y caracterizados por una fuerte identidad indígena, con un 93.73% de la población declarándose indígena según el último censo. La estructura administrativa de Ocurí es única, dividiéndose en cuatro cantones en lugar de distritos, con doce subcentrales campesinas que reflejan la prevalencia de organizaciones sindicales.

La economía de Ocurí está dominada por la agricultura, con cultivos variados como papa, trigo, cebada, oca, haba, maíz, arveja, avena y papalisa, los cuales no solo satisfacen las necesidades locales, sino que también se comercializan. La actividad pecuaria complementa la agricultura, incluyendo la cría de ganado ovino, bovino, equino, camélido y aves de corral, y en menor medida, porcinos.

Figura 8. *Ubicación del Municipio de Ocurí.*



Fuente: Extraído de Google Mapas.

La minería de minerales como estaño, zinc y antimonio, especialmente en los cantones de Ocurí y Maragua, también contribuye de manera significativa a la economía local. Además, aunque en menor escala, se practica la artesanía, principalmente en textiles e instrumentos de labranza.

La ubicación geográfica de Ocurí es:

Tabla 3. *Coordenadas geográficas de Ocurí.*

Descripción	Coordenadas
Latitud:	-18.8413
Longitud:	-65.7959
Latitud:	18° 50' 29" Sur
Longitud:	65° 47' 45" Oeste

Fuente: Extraído de Google Earth.

En términos de potencialidades y desafíos, Ocurí enfrenta riesgos climáticos que impactan su agricultura, pero ha implementado viveros municipales y programas para incrementar la

producción agrícola, especialmente de papa comercial. Estos programas incluyen créditos y técnicas como el micro riego. En el sector pecuario, se promueven iniciativas para mejorar la cría y manejo de animales y aumentar la producción de forraje, así como prácticas de agroforestería y conservación de suelos. Ocurí también destaca por su rica biodiversidad floral y recursos minerales, además de poseer atractivos turísticos como aguas termales y balnearios.

2.1.2.2. Topografía de Ocurí.

Las planicies de Ocurí, aunque no tan extensas, son predominantemente fértiles y se encuentran principalmente en las partes más bajas del municipio. Estas áreas son cruciales para la agricultura, facilitando el cultivo de una variedad de productos como la papa, el trigo, la cebada y la avena. Los valles, por su parte, proporcionan un microclima idóneo para la agricultura diversificada y la cría de ganado.

Las serranías y las zonas montañosas constituyen una parte significativa de la topografía de Ocurí. Estas áreas presentan inclinaciones empinadas y a menudo son más difíciles de acceder. Sin embargo, estas regiones montañosas son ricas en biodiversidad y recursos minerales, incluyendo estaño, zinc y antimonio, lo que las convierte en zonas importantes para la minería y la conservación de la biodiversidad.

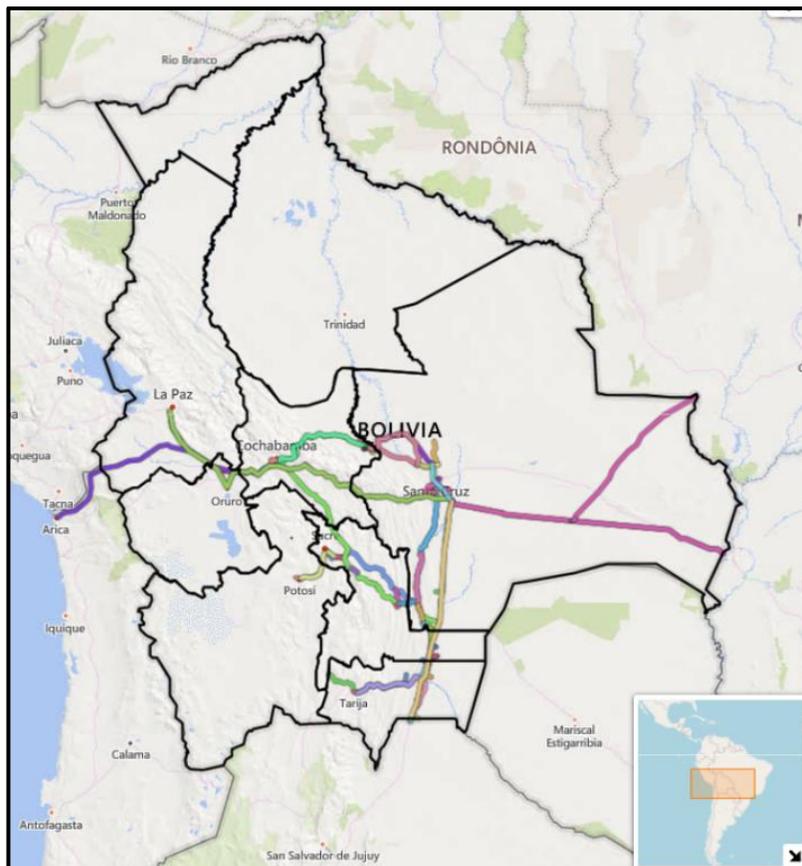
La topografía de Ocurí tiene implicaciones directas en la planificación y ejecución de proyectos de suministro de energía. Las zonas montañosas y de difícil acceso requieren soluciones de ingeniería innovadoras para la instalación de infraestructura, mientras que las áreas más planas y accesibles podrían ser más adecuadas para el desarrollo de instalaciones de almacenamiento y distribución de GNL. La diversidad topográfica, por lo tanto, juega un papel crucial en la determinación de las estrategias para la implementación eficiente y sostenible de proyectos energéticos en Ocurí.

2.1.2.3. Demanda de GNL como alternativa al GLP.

La población de Ocurí, como en otras áreas rurales, tiene dificultades para acceder al gas natural debido a la lejanía de los gasoductos existentes en Bolivia. La principal fuente de energía para uso doméstico, comercial e industrial ha sido históricamente el Gas Licuado de Petróleo (GLP),

ya que no cuenta con un sistema de distribución. Sin embargo, con una población de aproximadamente 18.587 habitantes y el crecimiento continuo de las actividades económicas, surgió la necesidad de explorar alternativas energéticas más eficientes y sostenibles.

Figura 9. Mapa de ductos Bolivia.



Fuente: Extraído de la Geoportal, 2022.

La Figura 9, estructurada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos, donde se puede visualizar los ductos de transporte de hidrocarburos, entre ellos el Gas Natural y se puede observar ausencia en el norte de Potosí.

En relación con el suministro de gas en Ocurí, la situación actual enfrenta desafíos significativos debido a la escasez de GLP. Esta escasez genera una demanda masiva del producto, lo que a su vez produce pérdidas económicas para microempresas, restaurantes y hogares. Para mitigar estos problemas y mejorar la demanda de gas natural, se considera la implementación de métodos alternativos de suministro, aprovechando que el gas natural es abundante en el país.

En este contexto, se propuso la implementación de un sistema de Estación Satelital de Regasificación (ESR) para introducir el Gas Natural Licuado (GNL) como reemplazo del GLP. La tecnología convencional para extender las redes de gas natural a estas áreas es costosa, dada la geografía montañosa, el acceso limitado y la inestabilidad del terreno. Además, hay riesgos asociados como la corrosión en las tuberías y los deslizamientos de tierra. La ESR consiste en un sistema modular que permite transportar el GNL en camiones cisterna, almacenarlo en tanques criogénicos y regasificarlo para distribuirlo a los usuarios finales mediante una red local.

2.1.2.4. Diagnóstico sobre la distribución de gas en la población de Ocurí.

La provisión intermitente de gas natural en Ocurí, realizada a través del Gas Licuado de Petróleo (GLP), enfrenta retos significativos debido a su suministro desde Potosí, que, a pesar de ser cercano, es inconsistente. Con precios que oscilan entre 30 y 35 bolivianos por garrafa, los habitantes de Ocurí a menudo se ven obligados a depender de la leña como su principal fuente de energía. Esta situación no solo genera preocupaciones ambientales debido a la deforestación y la emisión de carbono, sino que también impone limitaciones económicas. Estas restricciones afectan negativamente la calidad de vida de la población y la preservación de los recursos naturales de la región.

Tabla 4. *Tipos de energía utilizada para cocinar, calefacción, otros.*

Descripción	Nº	%
Gas en garrafa	779.2	41.1
Gas domiciliario por cañería	0	0
Electricidad	146	7.7
Leña	824.9	43.5
Otros	91.2	4.8
No cocina	54.75	2.9
Total	1896.5	100

Fuente: Extraído de INE, 2012. También se obtuvieron datos de las memorias del Gobierno Municipal de Ocuri. La Tabla expone

los tipos de fuentes de energía que utiliza los pobladores del municipio.

El aumento de la densidad poblacional hace imperativo el desarrollo e implementación de un sistema de distribución de gas natural. Este sistema debería proporcionar un acceso completo y eficiente a una fuente de energía más sostenible y confiable. En caso de no lograr la implementación de dicho sistema, los consumidores de la población se verán obligados a seguir dependiendo de la leña y del Gas Licuado de Petróleo (GLP), opciones menos eficientes y potencialmente más dañinas para el medio ambiente. La continuidad en el uso de estas fuentes de energía tradicionales podría no solo perpetuar los desafíos ambientales, sino también limitar el desarrollo socioeconómico de la comunidad.

2.1.2.5. Estaciones Satelitales de Descarga

Estas estaciones, dada su configuración específica, pueden recibir suministros desde diversas fuentes. Entre ellas se incluyen plantas de compresión de gas, estaciones satelitales de regasificación y City Gates, ofreciendo así una amplia gama de opciones para garantizar un suministro constante y eficiente.

2.1.2.6. Abastecimiento de GNL desde la Planta de Río Grande

Esta alternativa se enfoca en la producción de Gas Natural Licuado (GNL) en la Planta de Licuefacción de Río Grande, ubicada en Santa Cruz. La planta cuenta con una capacidad productiva de 210 Toneladas Métricas Diarias (TMD).

El GNL producido se transporta en cisternas criogénicas hasta las Estaciones Satelitales de Regasificación (ESR), donde se procede a regasificar el GNL. Posteriormente, se distribuye para el consumo de diferentes segmentos de usuarios.

Inicialmente, la planta de Río Grande abasteció a 27 poblaciones. En una segunda etapa, extendió su suministro a 33 poblaciones a nivel nacional. Este aumento en la distribución llevó a la planta a operar al 83% de su capacidad máxima. Según informes de YPF (YPFB Noticias, 2017), esto indica que todavía hay capacidad suficiente en la planta para expandir el suministro

de GNL a más poblaciones, asegurando así la continuidad en la provisión de este recurso esencial.

2.2. INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

2.2.1. Información población y vivienda de Ocurí

Según los datos del último censo de población y vivienda realizado en el país en 2012, la información específica sobre el número de habitantes y viviendas en el municipio de Ocurí se presenta de la siguiente manera:

Tabla 5: *Datos de Población y Vivienda del Municipio de Ocurí.*

Provincia	Municipio	Población	Número de Viviendas	Tasa de Crecimiento
Chayanta	Ocurí	1,825	849	0.50%

Fuente: Extraído de Instituto Nacional de Estadística (INE, 2015).

Esta tabla proporciona una visión clara y concisa de los datos demográficos y de vivienda del municipio de Ocurí, destacando su tasa de crecimiento poblacional moderada.

2.2.2. Cálculo de habitantes y viviendas en la población de Ocurí.

Con la información de población y vivienda que corresponde al año 2012

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 5) en la ecuación (1), se tiene:

Para el Municipio de Ocurí

$$Pob_{f\ ocu\ ri\ (2023)} = 1825\ hab * \left(1 * \frac{0,50}{100}\right)^{1\ año} = 1834.12\ habitantes$$

$$Pob_{f\ ocu\ ri\ (2023)} = 849\ viv * \left(1 * \frac{0,60}{100}\right)^{1\ año} = 853.24\ vivienda$$

$$Pob_{f\ ocu\ ri\ (2032)} = 1825\ hab * \left(1 * \frac{0,60}{100}\right)^{10\ año} = 1918,33\ habitantes$$

$$Pob_{f\ ocu\ ri\ (2032)} = 849\ viv * \left(1 * \frac{0,60}{100}\right)^{10\ año} = 892,19\ vivienda$$

Los cálculos realizados para la proyección de la población y el número de viviendas en el municipio se presentan en la tabla a continuación, mostrando estimaciones anuales desde el año 2023 hasta el 2033.

Tabla 6. *Tabla de proyecciones de Población y Viviendas.*

t (Años desde 2023)	Año	Población Total	Número de Viviendas
0	2023	1,825	849
1	2024	1,834	853
2	2025	1,843	857
3	2026	1,852	861
4	2027	1,861	866
5	2028	1,871	870
6	2029	1,891	874
7	2030	1,903	879
8	2031	1,914	883
9	2032	1,925	887
10	2033	1,918	892

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos del INE, 2020.

Para el cálculo del consumo doméstico, se ha considerado que cada usuario dispone al menos de una cocina y un calefón. Los detalles de cada equipo se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 7. Información de Equipos

Equipo	Poder Calorífico Superior (PCS) [KW/m³]	Potencia (P) [KW/h]	Simultaneidad (s) [%]	Porcentaje de Cobertura del Aparato [A] (%)
Cocina	10.87	10.56	15	1
Calefón	10.87	14	30	0.20

Fuente: Datos extraídos de la ANH - Resolución Administrativa de Norma (2019).

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

$$Q_{dom} = \left[\left(1 * \frac{10.56}{10,87m^3} * 0.15 \right)_{cocina} + \left(0.2 * \frac{14}{10.87} * 0.3 \right)_{calefon} \right] * 892$$

$$Q_{dom} = 200.92 \text{ m/h}$$

Consumo Comercial

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

$$Q_{dom} = \frac{20\%}{100} * 200.92 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{dom} = 40.184 \text{ m}^3/\text{h}$$

Consumo Total

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

$$Q_{total} = 200.92 \text{ m}^3/\text{h} + 40.184 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q_{total} = 241.1 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.2.3. Evaluación del Volumen Mínimo Requerido en los Tanques de Almacenaje de GNL.

Es esencial estimar el volumen mínimo necesario en los tanques de almacenaje de Gas Natural Industrial (GNI) para garantizar una autonomía de tres días. Esta estimación se basa en el caudal proyectado para el año 2032. La fórmula para calcular el volumen mínimo requerido es la siguiente.

$$V_m = 5786.4 \cdot 2,5 \cdot 0.65 = 9402.9 \text{ m}^3 \text{ GN}$$

$$V_m = 9402.9 \text{ m}^3 \text{ GN}$$

El cálculo de demanda mínima requerida es de 9402.9 m³ de GN por lo cual nos indica que el volumen del tanque mínimo deberá ser de 20 m³ que almacenará GNL.

Se optará por la instalación de un tanque de almacenaje de 80 m³ de GNL. Debido a que estos tanques se encuentran disponibles en el mercado y son los que YPFB utiliza en las plantas de ESR (YPFB, YPFB Contrataciones, 2015)

Tabla 8. *Capacidad de almacenamiento de la ESR*

Volumen de Almacenaje (m ³)	Tipo	Capacidad de Regasificación (m ³ /h)	Autonomía
80 m ³ (7 bar)	GNL	2000	11 días

Fuente: Elaboración Propia con datos obtenidos de (YPFB,2015)

Esta tabla proporciona una visión detallada de la capacidad de almacenamiento y regasificación, asegurando así una autonomía adecuada y eficiente para la planta de acuerdo con las necesidades proyectadas.

2.2.4. Propuesta de selección del área para implementación de la Estación Satelital de Regasificación

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° 2159, 2014)

En la siguiente figura se puede observar la ubicación seleccionada para la construcción de la estación

Figura 8. Propuesta de selección del Área para un ESR.



Fuente: Extraído de Google Heart.

La ubicación de la ESR esta proyectada en el área periférica de la población de Ocuri como se muestra en la figura que tiene las siguientes coordenadas

Figura 8. Coordenadas Del Terreno

Descripción	Coordenadas
Latitud	65°47'59"W
Longitud	18°50'35"S

Fuente: Extraído de Google Heart.

La ESR de la población de Ocurí abarca una superficie 6000m², cumpliendo las normas mínimas de superficie

2.3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Para determinar la viabilidad económica de suministrar gas natural al municipio de Colquechaca, es fundamental realizar un análisis comparativo entre dos alternativas: la implementación de una Estación Satelital de Regasificación (ESR) y la implementación de un sistema convencional de red primaria de gas. Este análisis se centra en comparar los costos de inversión asociados con cada opción.

2.3.1. Costo de Inversión para el Sistema Convencional

- **Ruta de Implementación:** Se ha considerado la posibilidad de implementar un tendido de red primaria desde la ciudad de Sucre hasta el municipio de Colquechaca.
- **Factores Para Considerar:** El costo de inversión para este sistema incluye la construcción de infraestructura de tuberías, las estaciones de bombeo y regulación, y los costos asociados con la adquisición de terrenos y los permisos necesarios.
- **Ventajas y Desventajas:** Aunque un sistema convencional ofrece una solución más permanente y potencialmente una mayor capacidad, también implica mayores costos iniciales y tiempo de implementación, así como consideraciones ambientales y logísticas complejas.

2.3.2. Comparación con la ESR

- Menor Costo de Implementación: Generalmente, la implementación de una ESR requiere una inversión menor en comparación con la construcción de una red primaria.
- Rapidez en la Ejecución: La instalación de una ESR suele ser más rápida que la construcción de una red primaria, lo que permite un suministro de gas más inmediato a la comunidad.

2.3.3. Estimación de costo total de inversión

Para estimar una inversión aproximada para la implementación de una ESR, se realizó en base los precios referenciales que YPFB utiliza en sus diferentes adjudicaciones que desarrolla, las cuales se detallan en anexos. (GNRGD-DGV, 2015).

Tabla 14. Costo de inversión total Estación Satelital de Regasificación.

ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOTAL (Bs)
Estación distrital de Regasificación	Global	1	7.656.000	7.656.000
Sistema Criogénico	1	1	2.483.785	2.483.785
Obras civiles	Global	-	979.729	979.729
Imprevistos (3%)	-	-	333.585	333.585
Inversión Total				11.453.098

Fuente: Elaboración Propia con datos obtenidos de (YPFB-GNRDG-DGV.,2015)

Se determino los costos de inversión aproximados para la implementación para la Estación Satelital de Regasificación, por un monto total 11.453.098 bolivianos equivalentes a 1.645.560 dólares al tipo de cambio oficial 6.96 bolivianos/dólar.

CAPÍTULO III: CONCLUSIONES

- Se ha evaluado el estado actual del sistema de distribución de gas natural entre los habitantes de Ocuri, utilizando datos recopilados del Instituto Nacional de Estadística (INE). Se identifica una clara ausencia en el uso de GN como la principal fuente de energía para cocinar alimentos. Estos hallazgos se detallan en el marco contextual del informe, se investigó en total 1896.5 viviendas, específicamente en la página 31, ofreciendo una visión precisa de las preferencias energéticas arraigadas en la comunidad de Ocuri.
- La proyección de la demanda de gas natural en Ocuri se ha logrado gracias a los datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE). Estos datos son fundamentales para calcular el volumen de almacenamiento de Gas Natural Licuado (GNL) necesario en la estación satelital de Regasificación (ESR). Se proyecta que para el año 2033 Ocuri tendrá una población de 1918 habitantes y 892 viviendas, estos resultados se detallan en la sección de Información y Datos obtenidos, abarcando las páginas 33 a 36 del informe.
- Se determinó el volumen de 9402.9 m³ necesario para la Estación Satelital de Regasificación (ESR) basándose en la demanda previamente calculada de gas natural. Estos detalles se encuentran explicados en la sección de Información y Datos obtenidos, abarcando las páginas 33 a 36 del informe.
- El terreno para la instalación de la estación satelital de descarga (ESD) fue elegido siguiendo las normativas de seguridad establecidas para este propósito. Los detalles específicos acerca de esta selección se encuentran descritos en la sección de Información y Datos obtenidos, en la página 37 del informe.
- Se llevó a cabo un análisis de los costos de inversión en general que resultó en 11.453.098 Bs total. La información sobre los costos asociados a los sistemas de distribución de gasoductos virtuales se obtuvo de YPFB-GNRDG-DGV.

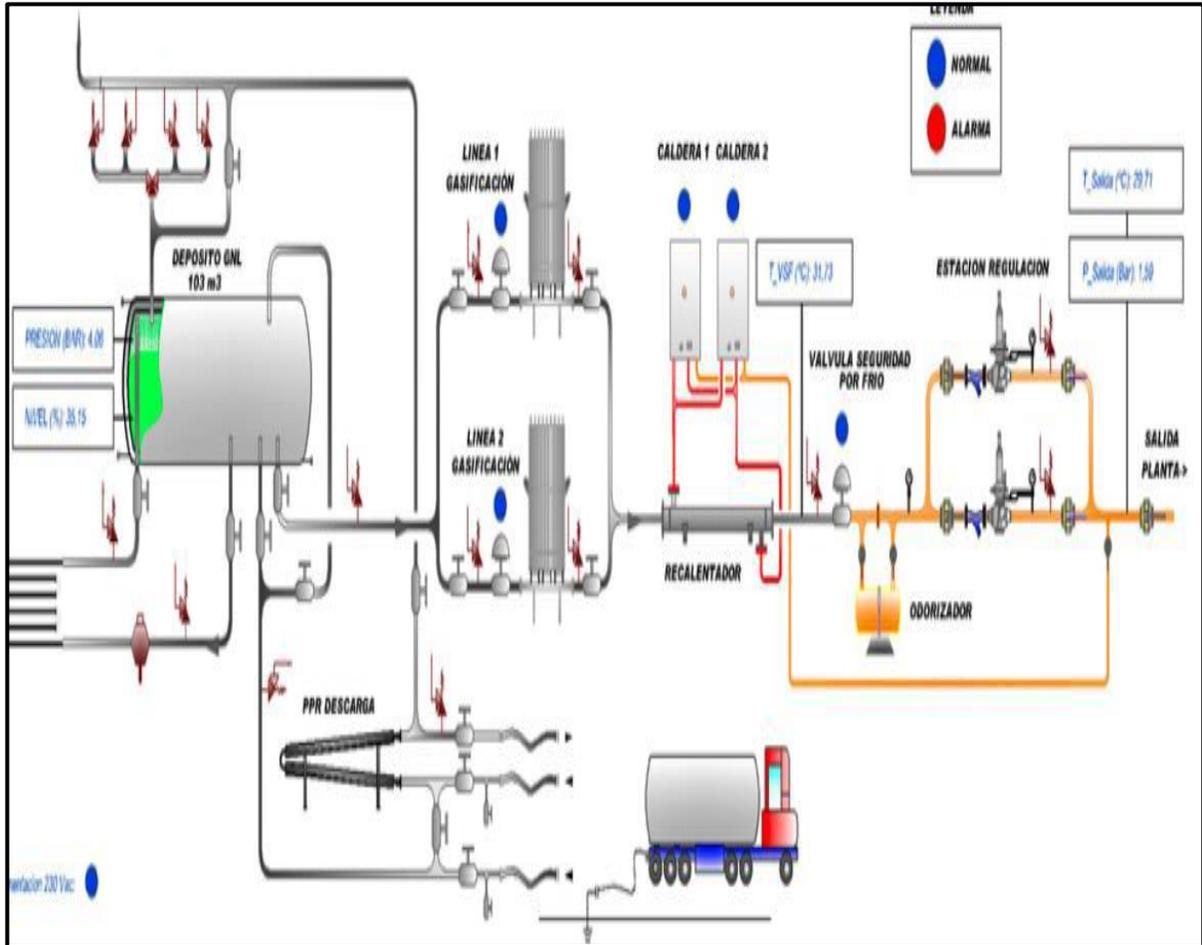
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ANH. (2016). *Resolución Administrativa RAN - ANH UN N° 0036/2016*. Agencia Nacional de Hidrocarburos. La Paz: ANH.
- ANH. (2018). *www.anh.gob.bo/*. Retrieved 30 de Noviembre de 2023, from https://www.anh.gob.bo/InsideFiles/Documentos/Documentos_Id-9-140311-18.pdf
- Asociación Americana de Soldadura. (2020). *Welding Handbook* (Decima ed.). Miami: American Welding Society.
- Aymet SRL. (14 de Noviembre de 2022). <https://aymet.com.ar/>. Retrieved 30 de Noviembre de 2023, from <https://aymet.com.ar/tubos-de-cobre/>
- Bruno. (2022). *ingenierosindustriales*. Retrieved 2 de Diciembre de 2023, from <https://www.ingenierosindustriales.com/como-calculer-caudales-de-diseno-en-instalaciones-de-gas/>
- Bustillo Miranda, D. M. (2021). *Diseño de redes de distribuciones de gas natural*. Sinpet Training.
- Carlos A. García Montoya, J. M.-L. (2020). Estimación del costo de distribución de la energía eléctrica en Colombia considerando generación distribuida fotovoltaica. *Información Tecnológica*, 32(1), 79-89.
- Concepto. (16 de Julio de 2021). *Concepto.de*. Retrieved 26 de Noviembre de 2023, from <https://concepto.de/gas-natural/>
- Dozol, L. (7 de Junio de 2021). <https://blog.softexpert.com/>. Retrieved 2 de Diciembre de 2023, from <https://blog.softexpert.com/es/gestion-costos-proyecto/>
- Full Química. (2013). *www.fullquimica.com*. Retrieved 25 de Noviembre de 2023, from <https://www.fullquimica.com/2013/03/generalidades-del-gas-natural.html>

- García, A. P. (2018). Diseño óptimo de redes de distribución de gas natural. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 15(1), 103-112.
- García, J. (2015). *Soldadura en el transporte de hidrocarburos*. Madrid: Editorial Técnica.
- Gutiérrez, J. &. (2016). Diseño e implementación de un sistema SCADA para el control y monitoreo de una red de distribución de gas natural. *Ingeniería Mecánica, Tecnología y Desarrollo*, 6(3), 113-120.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). Mexico, Mexico: Mc Graw Hill.
- IEA. (Diciembre de 2022). *www.iea.org*. Retrieved 1 de Diciembre de 2023, from <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2022>
- Instituto Argentino del Petróleo y del Gas. (2010). *Manual de diseño de redes de distribución de gas natural*. Buenos Aires: IAPG.
- López, M. (2018). Tipos de soldadura y sus aplicaciones en el sector energético. *Revista de Ingeniería*, 25(2), 45-52.
- Muñoz Razo, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de Tesis* (Segunda ed.). México: Pearson.
- OVACEN. (2020). *ovacen.com*. Retrieved 25 de Noviembre de 2023, from <https://ovacen.com/gas-natural/>
- Secretaría de Energía. (2023). *www.gob.mx*. Retrieved 24 de Noviembre de 2023, from <https://www.gob.mx/sener/articulos/que-es-el-gas-natural-9649>
- Tareas Universtiarias. (s.f.). <https://tareasuniversitarias.com/>. Retrieved 1 de Diciembre de 2023, from <https://tareasuniversitarias.com/elaboracion-de-planos-para-la-instalacion-de-gas.html>

ANEXOS

Anexo 1: Configuración de una estación satélite de regasificación



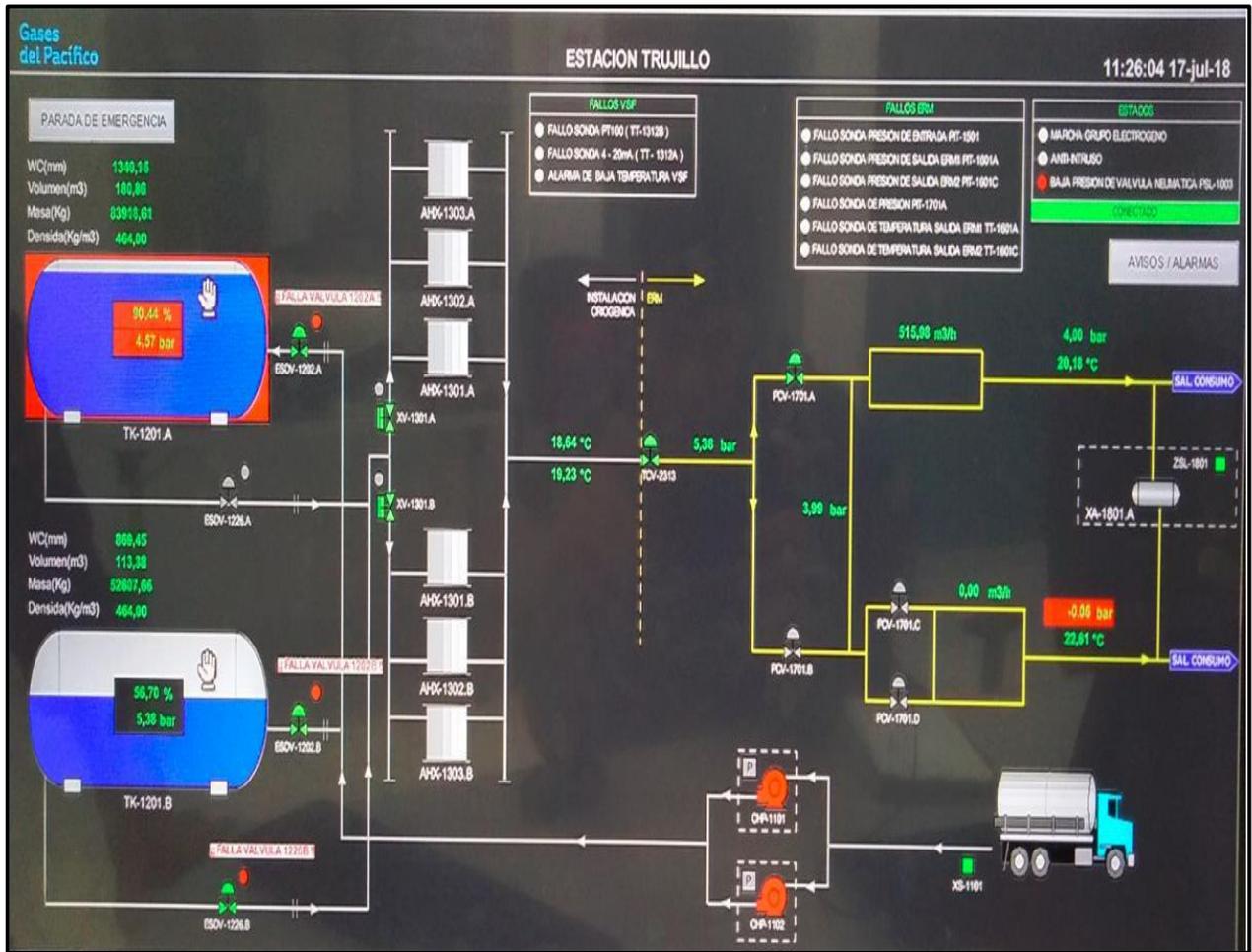
Fuente: Extraído de Instituto de Ciencia y Gestión, 2020

Anexo 2: Normativa Técnica aplicable a la implementación de ESR

la Política Nacional de Hidrocarburos.	
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 GNL y/o sus unidades funcionales así como de Estaciones de Regasificación. La aplicación de estas normas no serán consideradas excluyentes entre sí:	
NFPA 59A	Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG) (Estándar para la producción, almacenamiento y manejo de Gas Natural Licuado (GNL));
EN 1473	Instalaciones y Equipos para Gas Natural Licuado. Diseño de las Instalaciones Terrestres;
49CFR Section 193	Liquefied Natural Gas Facilities: Federal Safety Standard (Instalaciones de Gas Natural Licuado: Normas Federales de Seguridad);
33CFR Section 127	Waterfront Facilities Handling Liquefied Natural Gas and Liquefied Hazardous Gas (Instalaciones portuarias que manipulen Gas Natural Licuado o Gases Peligrosos Licuados);
API 620	Design and Construction of Large, Welded Low Pressure Storage Tanks.(Diseño y construcción de tanques soldados de almacenamiento a baja presión);
API 625	Tank Systems for Refrigerated Liquefied Gas Storage (Sistemas de Tanque de Almacenamiento Gas Licuado Refrigerado);
API 650	Welded tank for Storage mil (Tanques soldados para almacenamiento de petróleo);
API 653	Tank Inspection, Repair, Alteration and Reconstruction (Inspección, reparación, modificación y reconstrucción de tanques);
EN 1160	Instalaciones y Equipos para Gas Natural Licuado. Características del GNL;
EN 13458	Recipientes Criogénicos. Recipientes Estáticos Aislados al Vacío;

Fuente: Extraído de la gaceta oficial del estado plurinacional de Bolivia (2013).

Anexo 3: Sistema de control SCADA de una Estación Satelital de Regasificación



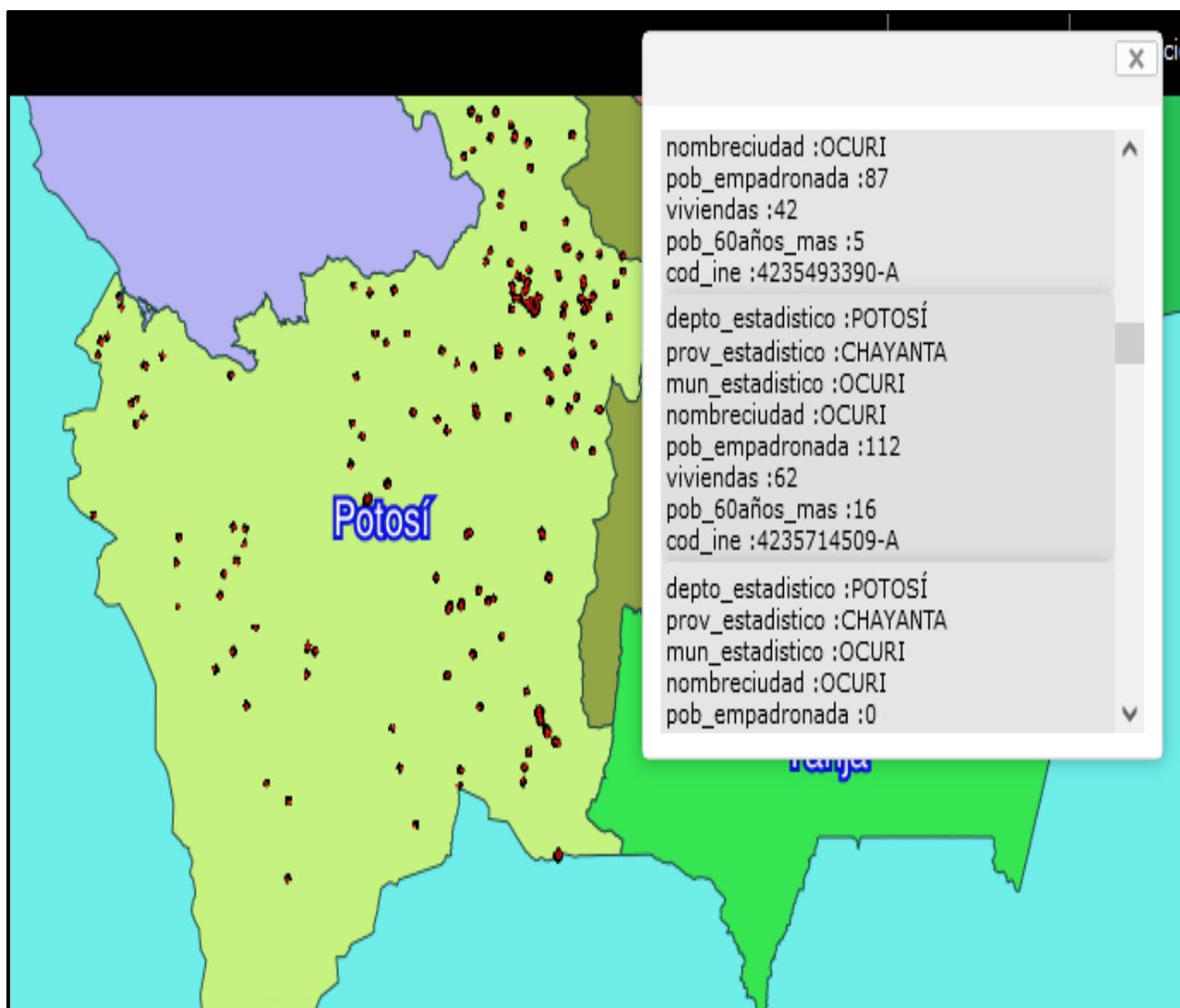
Fuente: Extraído de Autex-Open, 2021

Anexo 4: Viviendas por tipo de combustible o energía utilizada para cocinar, según censo, área y departamento, censos 1992, 2001 y 2012

CENSO, ÁREA Y DEPARTAMENTO	TOTAL	COMBUSTIBLE O ENERGÍA PARA COCINAR								NO COCINA
		Gas en garrafa	Gas por cañería	Leña	Electricidad	Energía solar	Guano, bosta o taquia	Kerosén ⁽¹⁾	Otro ⁽²⁾	
CENSO 2001	1.977.665	58,4	-	34,1	0,9	-	4,2	0,9	0,1	1,5
Urbana	1.210.962	86,7	-	8,1	1,4	-	0,3	1,2	0,1	2,1
Rural	766.703	13,6	-	75,1	0,1	-	10,4	0,4	0,1	0,4
Chuquisaca	118.918	42,2	-	56,2	0,1	-	0,2	0,2	0,1	1,1
La Paz	629.916	59,8	-	24,2	2,2	-	10,1	2,4	0,1	1,2
Cochabamba	352.411	58,3	-	38,4	0,3	-	1,7	0,1	0,1	1,2
Oruro	104.279	58,6	-	33,4	0,3	-	6,3	0,8	0,0	0,6
Potosí	180.323	38,3	-	57,5	0,1	-	3,2	0,2	0,1	0,5
Tarija	87.157	61,9	-	35,0	0,2	-	0,6	0,2	0,1	2,1
Santa Cruz	428.653	71,4	-	25,3	0,3	-	0,2	0,1	0,1	2,5
Beni	65.481	41,5	-	55,3	0,2	-	0,3	0,5	0,1	2,1
Pando	10.527	44,8	-	50,5	0,1	-	0,3	0,2	0,7	3,4
CENSO 2012	2.803.982	60,6	11,2	23,7	0,6	0,04	2,0	-	0,1	1,8
Urbana	1.826.480	76,7	17,0	3,1	0,8	0,01	0,0	-	0,1	2,2
Rural	977.502	30,4	0,3	62,3	0,3	0,10	5,7	-	0,1	0,8
Chuquisaca	150.202	43,7	13,7	40,9	0,2	0,05	0,1	-	0,1	1,3
La Paz	852.573	56,1	16,0	20,1	1,2	0,02	4,9	-	0,2	1,4
Cochabamba	516.608	64,1	7,7	25,6	0,3	0,01	0,7	-	0,1	1,5
Oruro	152.061	54,0	16,2	24,7	0,2	0,01	3,7	-	0,1	1,0
Potosí	242.181	42,7	8,2	45,2	0,8	0,23	2,0	-	0,1	0,9
Tarija	126.248	44,2	30,8	22,1	0,3	0,03	0,1	-	0,1	2,3
Santa Cruz	644.854	79,0	5,1	12,8	0,4	0,03	0,0	-	0,1	2,6
Beni	93.890	63,0	-	33,4	0,4	0,04	0,1	-	0,1	3,0
Pando	25.365	55,9	-	39,3	0,3	0,04	0,0	-	0,3	4,0

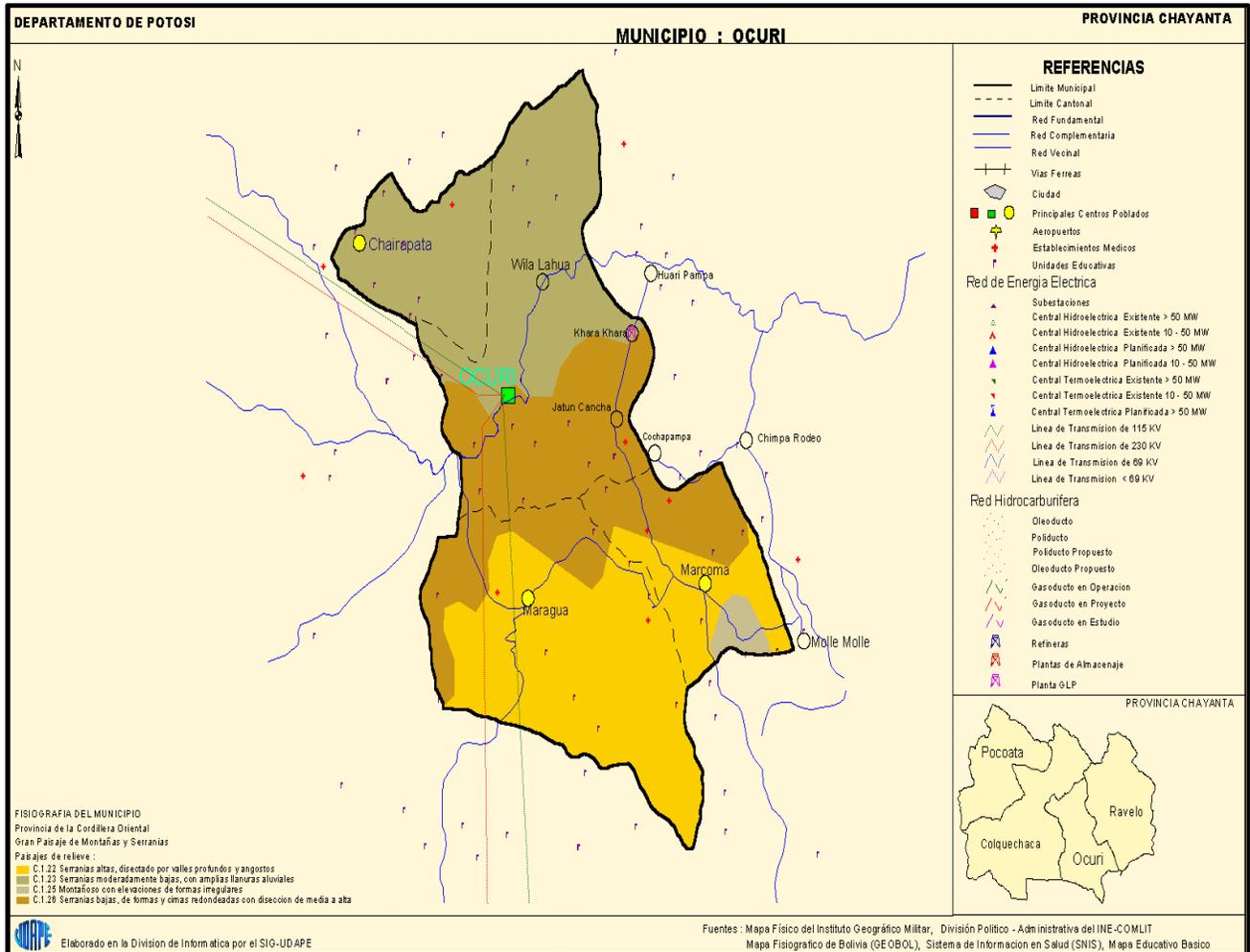
Fuente: Extraído de INE, 2012

Anexo 5: Mapa oficial del Estado Plurinacional de Bolivia publicado por el Instituto Geográfico Militar (IGM)



Fuente: Extraído de Instituto Geográfico Militar (IGM)

Anexo 6: Mapa oficial del Estado Plurinacional de Bolivia publicado por la Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas - UDAPE



Fuente: Extraído de la Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Económicas - UDAPE