

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

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**



**ANALISIS DE ALTERNATIVAS DE DISTRIBUCIÓN Y ABASTECIMIENTO DE
GAS NATURAL Y/O GAS LICUADO DE PETRÓLEO A LA POBLACIÓN DEL
MUNICIPIO DE PORCO**

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

MARIA ISABEL NAVARRO ESCALANTE

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.

Navarro Escalante María Isabel

Sucre, 1 diciembre de 2023

DEDICATORIA

A mis padres. Se los dedico a ellos que siempre están apoyándome incondicionalmente con recursos financieros. Mis padres me han motivado siempre es por esa razón que me encuentro hoy dedicándoles este trabajo con mucha importancia para mí.

A mi madre, por confiar en mí y ser mi pilar en todo momento, por apoyarme financieramente y moralmente, motivándome a seguir con mis sueños.

A los docentes que son símbolo de respeto y admiración, por compartir sus conocimientos con cada uno de nosotros.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer infinitamente a Dios por haberme dado la vida hasta este momento y por haberme guiado a lo largo de toda mi carrera. Por ser mi consuelo en los momentos difíciles, por ser mi fortaleza en los momentos de fracasos y debilidad y por haberme brindado una vida llena de aprendizajes, experiencias y felicidad.

Agradezco a mi madre Maura Escalante, por estar ahí para apoyarme en los problemas que se dieron en el camino; por el apoyo incondicional en mi formación profesional como también por inculcarme valores y ética para que me forme como una buena persona.

Agradezco a mi padre Humberto Navarro, por enseñarme a no rendirme nunca y seguir los sueños con dedicación y trabajo duro.

Agradecer a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca en especial a la Facultad de Ciencias y Tecnología por haberme dado la oportunidad de formarme en sus aulas y agradecer a todos los docentes por haberme transmitido sus conocimientos y experiencias laborales que serán un pilar fundamental en el ejercicio de mi profesión.

RESUMEN

En el presente trabajo de análisis de alternativas de distribución y abastecimiento de gas natural y/o gas licuado de petróleo a la población del Municipio de Porco del Departamento de Potosí, se analizan tres alternativas de suministro de gas. Para este propósito, se considera como una primera alternativa la construcción de una Red Primaria para el suministro de Gas Natural, que incluye la implementación de un City Gate, EDR y la Red Secundaria hasta la acometida de instalación domiciliaria. La segunda alternativa, que también considera el suministro de Gas Natural, corresponde a un Gasoducto Virtual que incluye la implementación de una Estación Satelital de Regasificación y una Red Secundaria al igual que la primera alternativa. En la tercera alternativa se considera el suministro de GLP en garrafas.

Con este propósito, inicialmente se determina la demanda de gas de la población de Porco, en base a la información del número de viviendas y habitantes obtenidos del Censo Nacional del año 2012, mediante la proyección por 20 años, tal cual requiere YPFB Redes de Gas. Luego se determina el consumo de gas de la población y se lo proyecta para 20 años. A continuación, se realiza el análisis de alternativas considerando los costos de inversión de materiales, equipos y accesorios necesarios para la implementación de cada una de las alternativas, determinando para ello los costos de los trabajos de obras civiles y mecánicas, que incluyen la adquisición de terreno, vehículos, garrafas, sistemas de seguridad y todo lo necesario, para brindar un servicio de suministro de gas operativamente seguras, acorde a lo estipulado en el Reglamento de Distribución de Gas Natural por Redes, el Reglamento de Diseño, Construcción, Operación de Redes de Gas Natural en instalaciones internas, así como el Reglamento para la Construcción y Operación de Plantas de Distribución de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en Garrafas.

De acuerdo al análisis de alternativas realizado, que contempla una valoración ponderada, se determina que la alternativa de suministro de gas por garrafas, es seleccionada por obtener un mayor puntaje, según el análisis económico y los aspectos considerados en el análisis.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN.....	iii
INDICE DE CONTENIDO.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	vi
INDICE DE TABLAS	vii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 Objetivo General	2
1.2.2 Objetivos Específicos.....	2
1.3.1 JUSTIFICACION.....	3
1.3.2 Justificación Practica.....	3
1.3.3 Justificación Teorica	3
1.4 METODOLOGÍA.....	4
1.4.1 Tecnicas de Investigacion	4
1.4.1.1 Instrumentos de investigacion.....	4
CAPÍTULO II: DESARROLLO	10
2.1 MARCO TEORICO	10
2.1.1 Marco Conceptual	10
2.1.1.2 Clasificación del gas natural	10
2.1.1.3.2 Transporte del Gas Natural	12
2.1.1.3.3 GASODUCTOS	13
2.1.1.4 ESTACIÓN DE RECEPCIÓN Y DESPACHO (CITY GATE).....	13
2.1.1.4.1 FILTROS:	13
2.1.1.4.2 CONTROLADORES DE PRESIÓN:	14
2.1.1.4.3. CONTROLADORES DE TEMPERATURA:	14
2.1.1.4.4. MEDIDORES DE FLUJO	14
2.1.1.4.5. ODORIZADOR	15
2.1.1.4.6. VÁLVULAS:	15
2.1.1.4.7. BRIDAS:	15

2.1.1.5	Red Primaria.....	15
2.1.1.6	ESTACIÓN DISTRITAL DE REGULACIÓN (EDR).....	17
2.1.1.6.2	Junta Aislante	18
2.1.1.6.3	Válvula de Bola.....	19
2.1.1.6.4	Filtro.....	19
2.1.1.6.5	Regulador Pilotado	19
2.1.1.6.6	Válvula de seguridad.....	20
2.1.1.6.7	Medidor	20
2.1.1.6.10	Equipo de Corrección Electrónica.....	22
2.1.1.6.11	Manómetro	22
2.1.6.13	TERMÓMETRO.....	23
2.1.7.	RED SECUNDARIA	24
2.1.1.8.	Tubería de polietileno.....	25
2.1.1.9.	Accesorios	27
2.1.1.10	SISTEMA DE TRANSPORTE VIRTUAL	30
2.1.1.10.1	ELEMENTOS GASODUCTO VIRTUAL.....	31
2.1.1.10.2	OPCIONES DE TRANSPORTE:.....	32
2.1.2	MARCO CONTEXTUAL	33
2.1.2.1	Ubicación del lugar de Aplicación	33
2.1.2.2	Latitud y Longitud.....	34
2.1.2.3	Extensión.....	34
2.2	INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS.....	35
2.2.1.	Proyección de la población (habitantes) y Hogares	36
2.2.2.	Determinación del consumo doméstico y comercial.....	38
2.2.3.	Determinación del consumo Industrial.....	42
2.2.4.	Consumo total Porco	42
2.2.5.	Alternativas de abastecimiento a la población de Porco	43
2.2.6.	Análisis de alternativas para el suministro de gas	43
2.3	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	50
2.3.1	Valoración y ponderación de alternativas	50
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
	ANEXOS	60

INDICE DE FIGURA

Figura 1 <i>Cadena del gas natural</i>	11
Figura 2: <i>Sistema de distribución de gas natural</i>	13
Figura 3: <i>Medidor de Flujo de City Gate</i>	14
Figura 4: <i>Estación Distrital de Regulación</i>	17
Figura 5: <i>Junta Aislante</i>	18
Figura 6: <i>Dispositivo interno del filtro de gas</i>	19
Figura 7: <i>Regulador Pilotado</i>	19
Figura 8: <i>Válvula de Seguridad</i>	20
Figura 9: <i>Medidor tipo Turbina</i>	20
Figura 10: <i>Válvula Mariposa</i>	21
Figura 11: <i>Válvula de Cortina</i>	21
Figura 12: <i>Corrector Electrónico</i>	22
Figura 13: <i>Manómetro</i>	22
Figura 14: <i>Manómetro Diferencial</i>	23
Figura 15: <i>Termómetro Bimetálico</i>	23
Figura 16: <i>Proceso de la soldadura por electro fusión</i>	26
Figura 17: <i>Soldadura de termo fusión</i>	27
Figura 18: <i>Cuplas</i>	27
Figura 19: <i>Válvula de polietileno</i>	28
Figura 20: <i>Tapón</i>	28
Figura 21: <i>Codo de 90°</i>	29
Figura 22: <i>Collar de seguridad</i>	29
Figura 23: <i>Cupla reductora</i>	30
Figura 24: <i>Poblaciones abastecidas por el Sistema de transporte Virtual</i>	31
Figura 25: <i>Estación de compresión del gas natural</i>	32
Figura 26: <i>Licuefacción del gas natural para su transporte</i>	33
Figura 27: <i>Municipio de porco</i>	35
Figura 28: <i>Vista Tanques de almacenamiento de ESR</i>	46

INDICE TABLAS

Tabla 1: <i>Composición Gas Natural en Bolivia</i>	10
Tabla 2: <i>Componentes de la Estación Distrital de Regulación</i>	18
Tabla 3: <i>Diámetros de tubería de polietileno de alta densidad</i>	26
Tabla 4: <i>Coordenadas Municipio de Porco</i>	34
Tabla 5: <i>Municipio de Porco en el contexto Provincial, Departamental y Nacional</i>	34
Tabla 6: <i>Información de Censo Nacional 2012</i>	36
Tabla 7: <i>Proyección de habitantes y hogares</i>	37
Tabla 8: <i>Porcentajes Mínimos de cobertura y simultaneidad de aparatos</i>	38
Tabla 9: <i>Potencia de Equipos.</i>	39
Tabla 10: <i>Tabla de resultados</i>	39
Tabla 11: <i>Proyección del consumo doméstico y comercial al año 2043</i>	41
Tabla 12: <i>Consumo doméstico y comercial proyectado al año 2043</i>	42
Tabla 13: <i>Proyección del consumo industrial al año 2043</i>	42
Tabla 14: <i>Consumo total al año 2043</i>	42
Tabla 15: <i>Costo de inversión materiales y equipos del City Gate</i>	44
Tabla 16: <i>Costo de inversión materiales y equipos de la EDR</i>	44
Tabla 17: <i>Resumen de costos Red Primaria</i>	45
Tabla 18: <i>Resumen de costos red secundaria</i>	45
Tabla 19: <i>Resumen de Costos para construcción de la ESR</i>	46
Tabla 20: <i>Costo total de inversión alternativa II</i>	46
Tabla 21: <i>Proyección de la demanda de GLP en garrafas</i>	47
Tabla 22: <i>Costo de construcción planta distribuidora</i>	48
Tabla 23: <i>Costo operativo de distribuidora de GLP</i>	48
Tabla 24: <i>Resumen de costos de distribuidora de GLP</i>	49
Tabla 25: <i>Costo de inversión total por alternativas</i>	50
Tabla 26: <i>Determinación de mejor alternativa</i>	50

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

El uso de combustibles gaseosos, como el gas natural ha sido extendido desde hace siglos, pero su aplicación en automotores llegó principalmente tras la invención de la bombilla eléctrica en 1879. Debido a ello, perdió protagonismo como materia prima para la iluminación y se comenzaron a buscar otras alternativas.

La demanda global de gas natural podría aumentar en más de la mitad para 2040, según la Agencia Internacional de la Energía (AIE). Con la provisión de gas natural, se pretende satisfacer la demanda creciente de energía en el mundo y a limitar las emisiones de CO₂, ya que es más limpio en su combustión.

El gas natural es una mezcla de gases livianos que en su mayor parte está compuesta por metano y etano, y en menor proporción por propano, butanos, pentanos e hidrocarburos más pesados.

La historia del gas natural en Bolivia comienza recién a partir de la década de 1950, cuando el país empieza a producir de manera tímida los primeros metros cúbicos de gas natural, aunque aún todavía en cantidades muy pequeñas e insignificantes, pues Bolivia durante esa época era principalmente un país productor de petróleo, desde la década de 1920 y no tanto de gas natural. El gas natural en Bolivia es una de las principales fuentes de energía que existe en el país, ya que a nivel continental Bolivia es una antigua potencia gasífera de América Latina, esto debido a que empezó a explotar el gas natural, desde la década de 1950. El país comenzó a producir sus primeros metros cúbicos de gas a partir del año 1952.

Si bien a lo largo del tiempo y con el transcurrir de las décadas, Bolivia se ha convertido en un país productor de gas natural en la región, cabe mencionar que la participación de dicho recurso natural en la economía boliviana ha sido históricamente muy baja y pequeña pues todo el gas que produce el país representa apenas solamente a un 3,68 % del producto interno bruto (PIB) de Bolivia para el año 2022 según los datos oficiales del Instituto Nacional de Estadística de Bolivia (INE).

1.1.1 Planteamiento del Problema

El principal problema que tienen los municipios del país, son la falta de infraestructura de distribución de combustibles, dada la limitada disponibilidad de recursos económicos. Situación

por la cual, existe una gran demanda de suministro de este combustible, para la provisión a los hogares e industrias que dependen del gas natural y/o GLP para la cocción de sus alimentos, y otros servicios de calefacción. Situación por la cual, se ven obligados a buscar alternativas de combustibles para satisfacer sus necesidades, tales como la leña, el carbón u otros materiales sólidos. Materiales que pueden generar una serie de problemas, como el aumento de la contaminación ambiental, la deforestación, el riesgo de incendios y la dificultad para encontrar estos combustibles en épocas de escasez.

Además, el uso de combustibles alternativos suele ser más costoso que los combustibles gaseosos como el gas natural y/o GLP. Esto debido a la contaminación ambiental que ocasionan, originando el cambio climático. Por otra parte, puede suponer un aumento significativo de los gastos mensuales para las familias bolivianas. Actualmente el municipio de Porco no cuenta con un sistema de distribución de gas natural y/o GLP, lo que ocasiona que las garrafas de gas licuado de petróleo (GLP) tengan un elevado costo al momento de ser adquirido en la locación, además de existir poca cantidad de GLP en garrafas disponible.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Analizar las diferentes alternativas de distribución y abastecimiento de gas natural y/o gas licuado de petróleo a la población del municipio de Porco.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar la demanda de gas natural y/o GLP a la población e industrias del municipio de Porco
- Analizar las alternativas de sistemas de distribución de gas natural al municipio de Porco
- Seleccionar la mejor alternativa de distribución de gas natural al municipio de Porco, mediante una estimación de costos de inversión.

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación Práctica

El estudio de los diferentes tipos de transporte de gas natural usados para el abastecimiento en el mercado interno, a través de la estructura con la que se cuenta en el país, como: Gasoductos, Plantas de Licuefacción de Gas Natural, engarrafadoras de GLP, Sistema Virtual de Transporte (cisternas) y Estaciones Satélites de Regasificación. Así como los problemas que pueden afectar el normal funcionamiento de las mismas, permitirá prevenir o controlar problemas que afecten el transporte y distribución del gas natural y/o GLP, garantizando un flujo continuo y suministro de estos combustibles a los consumidores finales que coadyuvará en el desarrollo de las poblaciones, promoviendo el uso del gas natural y/o GLP, brindando un beneficio social para el normal desarrollo de sus actividades cotidianas, económicas e industriales. Las leyes y normas que respaldan estos propósitos son:

La Constitución Política del Estado, en su artículo 20, párrafo 1, establece que toda persona tiene derecho al acceso universal y equitativo a los servicios básicos.

La Ley de Hidrocarburos N° 3058 de 17 de mayo de 2005, en el Artículo 9 establece, que el Estado deberá promover el desarrollo integral, sustentable y equitativo del país garantizando el abastecimiento de hidrocarburos al mercado interno.

En este sentido y con el propósito, de solucionar esta necesidad del municipio de Porco, el proyecto plantea realizar un análisis de alternativas de suministro de combustibles gaseosos y determinar la mejor alternativa mediante un estudio técnico económico, que determine la viabilidad práctica de suministro, considerando costos de inversión y las condiciones actuales de suministro por parte de la empresa estatal del país, a cargo de la comercialización de estos combustibles.

1.3.2 Justificación Teórica

Los métodos teóricos engloban diferentes métodos, que revelan causas y relaciones de los hechos y fenómenos de la realidad que no se pueden observar con los sentidos. Interpretan datos empíricos, explican hechos y profundizan relaciones esenciales de los hechos o fenómenos. Permiten la conformación de teorías para explicar el objeto de estudio mediante modelos,

abstrayendo sus características. De esta manera, se debe relacionar la fundamentación teórica con los problemas y soluciones a considerar.

1.4 METODOLOGÍA

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

1.4.1 Técnica de Investigación

Es el método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para las causas, la naturaleza y los efectos. El análisis es la observación y examen de un hecho en particular. Este método, permite conocer más del objeto de estudio, con lo cual se puede explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías.

En este sentido, en el presente trabajo, se analizará y seleccionará la mejor alternativa de suministro de gas natural y/o GLP a la población del municipio de Porco del departamento de Potosí.

1.4.2 Técnicas e instrumentos.

Las técnicas son los recursos concretos que ponen en práctica un método. Las mismas técnicas pueden ser utilizadas por distintos métodos. Dentro de las técnicas a aplicar en el proyecto, se tienen las encuestas, entrevistas, investigación, cuestionarios y revisión bibliográfica.

Los instrumentos, son las formas en que se concretiza una técnica o hacen posible que la técnica obtenga los datos de campo. Dentro de los cuales se tiene a las anotaciones, resúmenes, datos estadísticos, reportes diarios, etc.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEORICO

2.1.1 Marco Conceptual

2.1.1.1 Gas Natural

El gas natural es una mezcla de hidrocarburos livianos, que en su mayor parte está compuesta por metano, y en menor proporción por etano, propano, butano, pentano e hidrocarburos más pesados. Que también cuenta con algunas impurezas como ser agua, dióxido de carbono. El gas natural se encuentra en yacimientos en el subsuelo al igual que el petróleo que en algunos reservorios está asociado indirectamente o directamente con el petróleo.

El gas natural se distribuye principalmente a través de ductos de acero y polietileno, materiales de alta resistencia y durabilidad. En estado líquido, el gas natural también se puede distribuir mediante contenedores criogénicos. (Natural, 2020).

2.1.1.1.1 Componentes del gas natural

Sus componentes pueden variar según el yacimiento, pero en general posee la siguiente composición:

Tabla 1: *Composición Gas Natural en Bolivia*

COMPONENTE	
Nitrógeno (N ₂)	n-Butano (n-C ₄ H ₁₀)
Gas carbónico (CO ₂)	i-Pentano (i-C ₅ H ₁₂)
Metano (CH ₄)	n-Pentano (n-C ₅ H ₁₂)
Etano (C ₂ H ₆)	Hexano (C ₆ H ₁₄)
Propano (C ₃ H ₈)	Heptano + (C ₇ +)
i-Butano (i-C ₄ H ₁₀)	

Fuente: Extraído, Código del Gas Licuado de Petróleo. NFPA 58 – Edición 200

2.1.1.2 Clasificación del gas natural

2.1.1.2.1 Gas Acido:

Se conoce como gas acido cuando contiene más de 6 mg/m³ de H₂S.

2.1.1.2.2 Gas rico o húmedo:

Es un gas que contiene una cantidad significativa de componentes más pesados que el etano (generalmente expresado como contenido de propano y más *pesados) de 95 cc/ m³ de gas (0.7 gal 1.000 PCE de gas).

2.1.1.2.3 Gas seco:

Cuando el contenido de hidrocarburos licuables es menor de 2.0 galones por mil pies cúbicos de gas, incluido el etano, o menor de 0.7 incluido propano y más pesados.

2.1.1.2.4 Gas asociado:

Es un gas producido junto con el petróleo y separado del gas.

2.1.1.2.5. Gas libre:

Es aquel gas producido sin petróleo crudo.

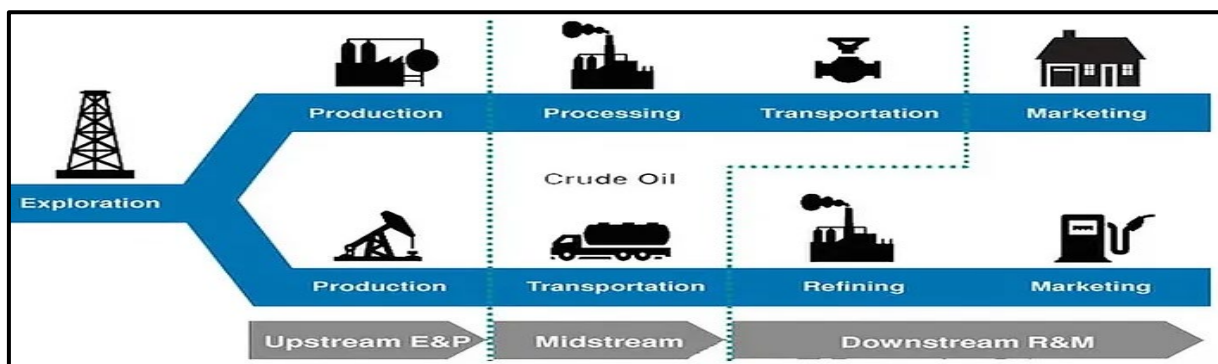
2.1.1.2.6. Gas de condensación retrógrada:

Es aquel gas del cual condensa líquido cuando es sometido a disminución de la presión al aumento de temperatura. (Latorre, 2014).

2.1.1.3 Cadena del Gas Natural

En la Figura se puede apreciar el proceso que pasa el gas desde su extracción.

Figura 1: Cadena del gas natural



Fuente: Extraído, Agencia nacional de hidrocarburos (ANH)

En la Figura1 podemos señalar que la industria de petróleo y gas, enfrentan a retos técnico y económicos en cada etapa de su proceso.

2.1.1.3.2 Transporte del Gas Natural

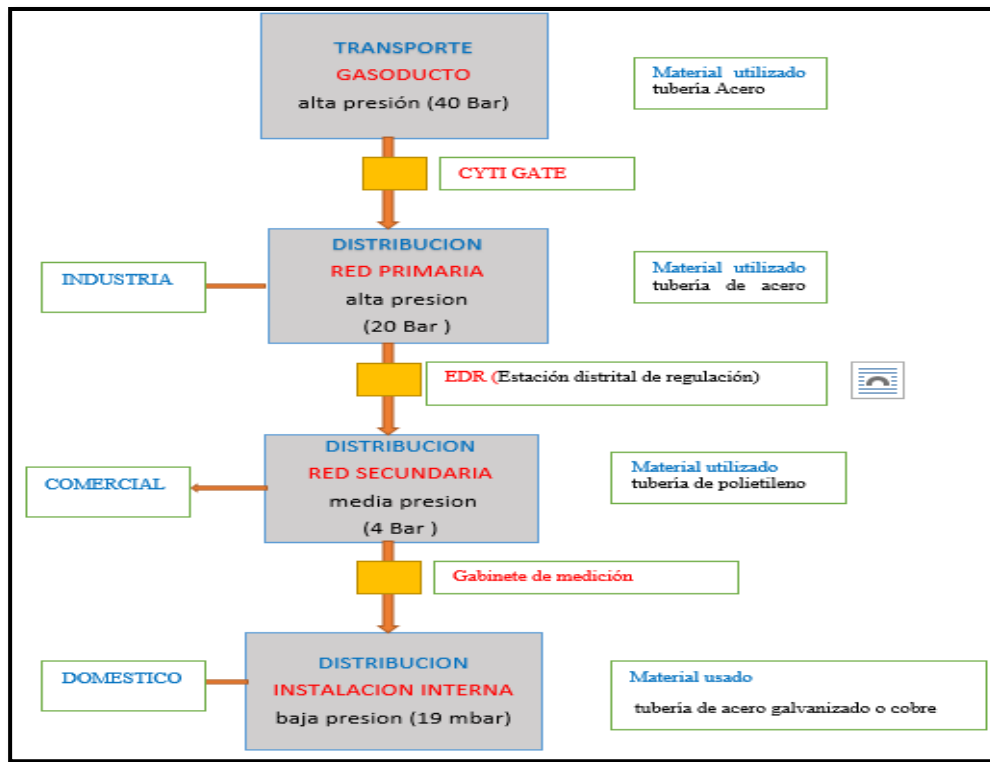
El Gas Natural se transporta mediante gasoductos hacia las ciudades para su consumo. Sin embargo, en algunas ocasiones, por temas de distancia y costo, se utilizan otras formas de transporte como:

- **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 ducto principal con el fin de abastecer a las poblaciones cercanas en la trayectoria del mismo.
- **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.
- **Gasoductos Virtuales:** Este sistema consiste en el transporte terrestre de Gas Natural 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. Existen dos opciones de uso de este transporte:

Gas Natural Comprimido (GNC): Cuando lo que se transporta es el Gas Natural que se comprime al someterlo a grandes presiones (de allí su nombre), logrando que su volumen se reduzca hasta en 100 veces.

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)

Figura 2: Sistema de distribución de gas natural



Fuente: Elaboración propia en base al anexo 1. ANH

2.1.1.3.3 Gasoductos

Es un ducto para el transporte de gas natural a largas distancias, estas tuberías de acero atraviesan fronteras llevando este recurso, desde los yacimientos hasta el punto de consumo, el conjunto de tuberías consta de una red troncal o principal, redes secundarias y redes de distribución industrial, comercial y domiciliaria.

2.1.1.4 Estación de Recepción y Despacho (City Gate)

Son instalaciones destinadas a la recepción, filtrado, control de calidad, regulación, medición, odorización y despacho del gas natural, a ser distribuidos a través de los sistemas correspondientes. (ANH, Resolución administrativa de normas , 2015)

2.1.1.4.1 Filtros:

Los filtros son accesorios que permiten la separación de partículas o impurezas solidas a través de un procedimiento de filtrado y el instrumental específico. Todos los sistemas de distribución

estarán preservados de impurezas sólidas a partir de la operación y mantenimiento de equipos de separación y filtrado de máxima eficiencia (instalados en cada punto de recepción y en cada punto de entrega) cuyos registros de presión diferencial y verificación de los elementos filtrantes estarán disponibles. (Anexo IV, ANH).

2.1.1.4.2 Controladores de presión:

Los controladores de presión son reguladores de presión electrónicos que generan una presión determinada a base de una presión de alimentación. Debido a su elevada exactitud y estabilidad de control son óptimos como patrón en departamentos de producción y laboratorio para realizar comprobaciones o calibraciones de sensores de cualquier tipo.

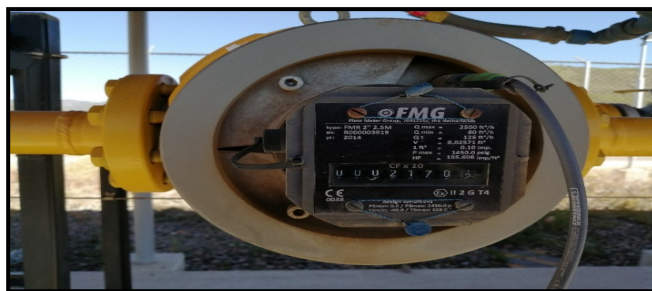
2.1.1.4.3. Controladores de temperatura:

El controlador de temperatura toma una entrada de un sensor de temperatura y tiene una salida que está conectada a un elemento de regulación como calentador o ventilador.

2.1.1.4.4. Medidores de flujo

Los medidores de flujo son instrumentos que monitorean, miden o registran la tasa de flujo, el volumen o la masa de un gas o líquido. Tener acceso a estos datos de flujo precisos, oportunos y fiables es esencial para la calidad del producto, una mayor seguridad de las operaciones, el control de costos y el cumplimiento de las normas.

Figura 3: *Medidor de Flujo de City Gate*



Fuente: Extraído, Distrito de redes de gas de Potosí

La calidad del Gas Natural suministrado mediante transporte por ductos para el sistema de distribución y para el sistema de transporte virtual de GNC, debe ser certificada por la empresa encargada del transporte. (Anexo IV, ANH)

2.1.1.4.5. Odorizador

Un Odorizador es un dispositivo que agrega un odorante a un gas. El tipo más común es el que agrega un líquido de mercaptano a los sistemas de distribución de gas natural para que las fugas puedan detectarse fácilmente.

El Gas Natural en un sistema de distribución en su totalidad debe contener un odorante natural o ser odorizado de modo que a una concentración en aire de 1/5 del límite explosivo inferior, lo que significa una concentración de gas en aire de 1 %, el gas sea clara y rápidamente perceptible por una persona con olfato normal. (Anexo IV, ANH).

2.1.1.4.6. Válvulas:

Se puede definir como un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

2.1.1.4.7. Bridas:

También conocida como plato por su forma, es una pieza cuya función es unir un tubo a otro en sistemas de tuberías. Las bridas de acero para tuberías son un tipo de accesorio tubular que conecta dos tubos, o tubos y válvulas, o el equipo a la tubería. Los orificios en la brida sirven para conectarla por medio de pernos de acero, y luego se coloca la junta en el medio para sellar ambas bridas. Según el uso y el estilo, las bridas se dividen en brida deslizante, brida ciega, brida con asiento para soldar, brida roscada, brida con cuello para soldar y brida reductora.

2.1.1.5 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)

2.1.1.5.1. Tubería de acero al carbono

La tubería de acero se utiliza en el transporte del gas natural (gasoducto) la tubería de servicio de acero deberá estar diseñada por lo menos a una presión de 100 psig (6.9 bar).

Todas las tuberías de acero subterráneas, deberá estar unidas por uniones roscadas y acopladas, con accesorios de tipo de compresión, o por métodos y procedimientos aprobados de soldadura de acero o con bronce, realizada por soldadores calificados.

Los tendidos de tuberías se dividen en general en tuberías de acero para las redes primarias hasta 42 bares en función de la clase de trazado (ASME B31.8).

2.1.1.5.2. Radiografía para tubos de acero al carbono

En los ensayos de radiografía industrial se proyectan haces de radiación electromagnética ionizante. Estos, pueden ser tanto de rayos gamma como de rayos X.

Se trata de un método de absorción diferenciada de la radiación por parte de la pieza que se está ensayando. La radiación será absorbida por el material en mayor o menor medida en función de la existencia o no de discontinuidades internas en la pieza.

Por ejemplo, si en una pieza existen poros, la radiografía, se observará más oscura dónde existen estos defectos; por el contrario, si existe sobre espesor, en la radiografía se podrá observar una zona más clara. En función principalmente de la densidad del material (aunque también afecta el espesor), será necesario aplicar una técnica u otra para que los rayos traspasen el material.

Una vez que la radiación atraviesa la pieza, el resultado se queda como registro en una película radiográfica.

2.1.1.5.3 Válvula tronquera

Dispositivo de bloqueo y corte de suministro de gas natural instalado en la red principal de Distribución (Red Primaria o Red Secundaria), el mismo que cumplirá un mejor control operativo de la línea principal a construir con relación a distancias instaladas de acuerdo a criterio técnico de la Empresa Distribuidora. (ANH, 2007).

2.1.1.5.4. Válvula de derivación

Dispositivo de bloqueo y corte de suministro de gas natural instalado de manera perpendicular a la red principal de Distribución (Red Primaria o Red Secundaria), el mismo cumplirá el control operativo del ramal de derivación o bien al circuito (Red Secundaria) a construir por parte de la Empresa Distribuidora. (ANH, 2007).

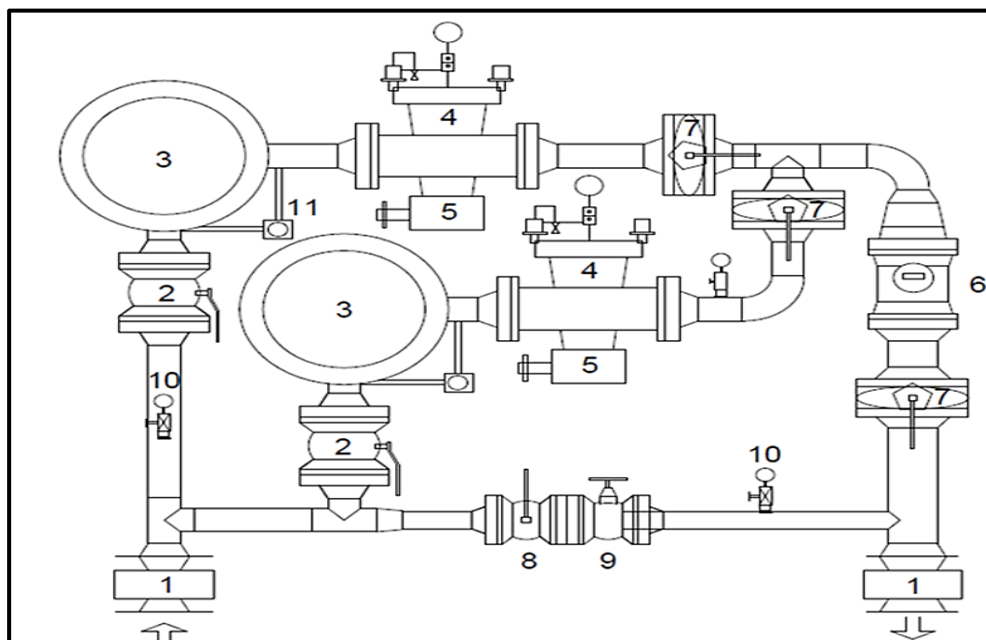
2.1.1.6 Estación Distrital de Regulación (EDR)

Los EDR's tienen por objeto regular la presión de distribución de la red primaria y asegurar una presión de salida de valor constante (presión regulada) a la presión de distribución de la red secundaria para las instalaciones domiciliarias, independientemente de las variaciones de presiones de suministro fijada por la Distribuidora y de la fluctuación de caudal requerida por la instalación, dentro de los rangos previstos de consumo.

Las Estaciones Distritales de Regulación (EDR) deberán instalarse en áreas aisladas, eligiendo su ubicación de forma que sean fácilmente accesibles, con instalación únicamente en superficie, al aire libre, en ambiente dedicado o en armarios cerrados, no pudiendo estar en ambientes subterráneos y cuando se presente posibilidad de riesgo por alto flujo vehicular debe considerarse la instalación de barreras. (ANH, 2007)

La EDR debe estar compuesta de tres líneas: Línea Principal de regulación, línea de reserva de regulación (stand-by) y una Línea de Derivación Manual (by-pass). Cuando la capacidad de la Estación Distrital de Regulación sea menor o igual a 1.000 MCH esta podrá contar únicamente con la Línea Principal de Regulación y Línea de Derivación Manual o by-pass.

Figura 4: Estación Distrital de Regulación



Fuente: Extraído de ANH, Estación distrital de regulación 2015

Ha continuación podemos ver la descripción de la Figura 4

Tabla 2: Componentes de la Estación Distrital de Regulación

Nº	Componente
1	Junta Aislante
2	Válvula de Bola
3	Filtro
4	Regulador Pilotado
5	Válvula de Seguridad
6	Medidor
7	Válvula Mariposa
8	Válvula de Bola
9	Válvula de Asiento
10	Manómetro
11	Manómetro Diferencial
12	Termómetro

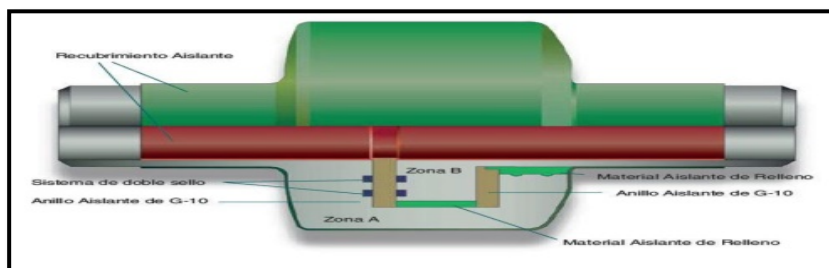
Fuente: Extraído de ANH, 2015

A continuación, se realizará la descripción de cada componente de una estación distrital.

2.1.1.6.2 Junta Aislante

Se trata de un conjunto de piezas cuya función es aislar eléctricamente bridas de cañerías del pasaje de corrientes extrañas, evitando la corrosión. (ANH, Estación distrital de regulación, 2015)

Figura 5: Junta Aislante



Fuente: Extraído, Servicio de Gas Natural EPM, 2016

Las juntas deben de contar con una certificación técnica para aplicaciones en gas natural

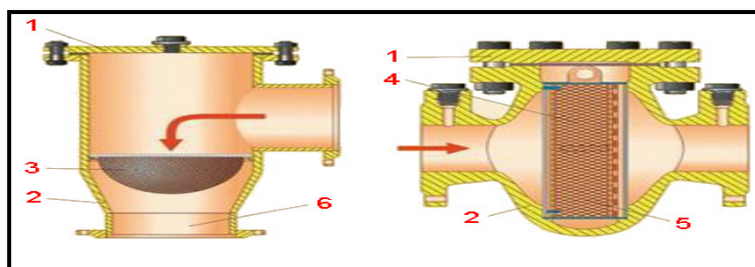
2.1.1.6.3 Válvula de Bola

O también conocida como válvula esférica (de bloqueo). Por lo tanto, para la presurización del tramo la válvula esférica (de bloqueo) se abre por completo. (ANH, Estación distrital de regulación, 2015)

2.1.1.6.4 Filtro

Es un dispositivo que realiza las funciones de limpieza, atrapa partículas de polvo y partículas sólidas de diámetro mayor a 5 micras. Gracias a elementos como los filtros instalados en la línea, se garantiza el funcionamiento a largo plazo de la instrumentación.

Figura 6: *Dispositivo interno del filtro de gas*



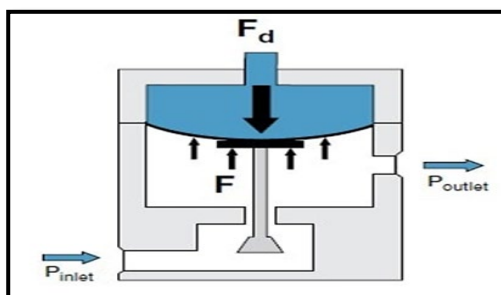
Fuente: Extraído de Enginner.decoratepro.com, 2019

Por lo tanto, equipar los sistemas de gas con elementos filtrantes no solo es deseable, sino un requisito previo, dadas las características tecnológicas.

2.1.1.6.5 Regulador Pilotado

En esta configuración, el regulador pilotado responde a los cambios de presión manteniendo una presión constante en la cámara de pilotaje.

Figura 7: *Regulador Pilotado*



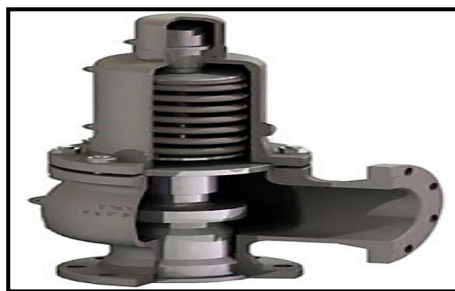
Fuente: Extraído de Swagelok, 2022

El regulador piloto se utiliza para controlar el suministro de gas a la cámara del regulador pilotado. Como se muestra en la Figura 5, cualquier exceso en la presión de la cámara es aliviado a través de un lazo de salida. (Swagelok, 2022)

2.1.1.6.6 Válvula de seguridad

La válvula de seguridad o alivio está diseñada para abrirse a una presión que exceda sus límites de diseño, es la encargada de aliviar la presión en caso de que haya un exceso de presión debido a una falla en el sistema.

Figura 8: *Válvula de Seguridad*



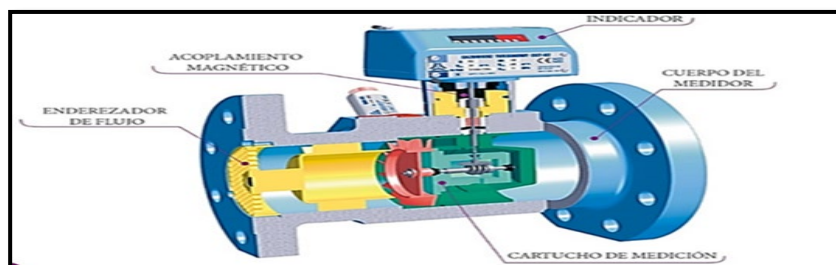
Fuente: Extraído de Valnicrom, 2017

Por lo tanto, asegura unos niveles óptimos de trabajo mientras está cerrada. (Valnicrom, 2017)

2.1.1.6.7 Medidor

Los medidores miden la cantidad de gas basándose en el principio de caudal. Su función es registrar el volumen de gas a la salida del EDR. (Servicios Tecnicos e Importaciones LTDA, 2018)

Figura 9: *Medidor tipo Turbina*



Fuente: Extraído de servicios técnico e Importaciones Ltda,2018

2.1.1.6.8 Válvula Mariposa

La función de la válvula de mariposa es la de abrir y cerrar el paso de fluido, la placa de mariposa, una placa circular que gira sobre un eje, es la encargada de aumentar o disminuir el flujo de fluido que pasa. (Krafft Auto, 2018)

Figura 10: *Válvula Mariposa*



Fuente: Extraído de Kraft Auto, 2018

2.1.1.6.9 Válvula de Asiento

Válvula de asiento o también llamada “cortina”, “compuerta” o “exclusa” consiste en un sistema de cierre que se asimila a una cortina o compuerta que asciende y desciende al accionar el vástago y sirven para cierres eficientes en cualquier dirección del fluido.

Figura 11: *Válvula de Cortina*



Fuente: Extraído de Regaber matholding ,2018

Es recomendado utilizar este tipo de válvulas cuando no las tengamos que abrir y cerrar repetidamente. (Regaber matholding group, 2018)

2.1.1.6.10 Equipo de Corrección Electrónica

Los correctores PTZ electrónicos de volumen, son equipos electrónicos que trabajan junto con los medidores de gas natural para fines de facturación. Su función es transformar los volúmenes en condiciones reales de operación a condiciones estándar.

Figura 12: *Corrector Electrónico*

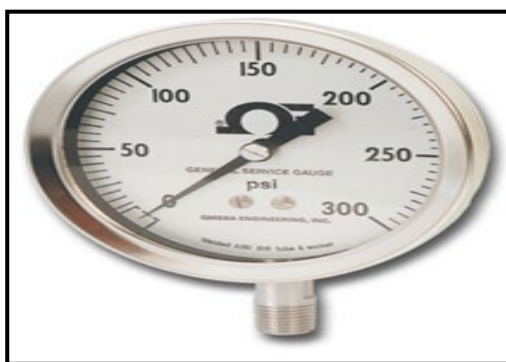


Fuente: Extraído, STI Servicio Técnico e Importaciones LTDA, 2020

2.1.1.6.11 Manómetro

Un manómetro de presión es un indicador analógico utilizado para medir la presión del gas. Estos son dispositivos analógicos con un dial circular y un puntero accionado mecánicamente. (Omega, 2022)

Figura 13: *Manómetro*



Fuente: Extraído de Instrumentación, 2022

Una vez conectada una de sus puntas al fluido, este entra al manómetro generando un empuje del contenido del tubo e indica el nivel de presión. (Instrumentación, 2022)

2.1.6.12 Manómetro Diferencial

Los manómetros diferenciales miden la diferencia de presiones entre la entrada y la salida del filtro, ambas conexiones deben estar siempre conectadas. (Instrumentación, 2022)

Figura 14: *Manómetro Diferencial*



Fuente: Extraído de Instrumentación, 2022

2.1.6.13 Termómetro

El termómetro bimetálico determina la temperatura aprovechando el desigual coeficiente de dilatación entre dos láminas de diferentes metales, unidas rígidamente, a lo cual se le denomina lamina bimetálica.

Figura 15: *Termómetro Bimetálico*



Fuente: Extraído de Calibraciones abaa metrología, 2019

De este modo las 2 láminas se expanden a diferentes temperaturas generando un arco, lo cual permite medir la temperatura. (Calibraciones abaa metrología, 2019)

2.1.7. Red secundaria

Sistema de Distribución de Gas Natural que opera a presiones mayores a 0,4 bares hasta 4 bares inclusive, compuesta por tuberías, Acometidas, válvulas, accesorios y cámaras de válvulas, aguas abajo de la brida de salida de la Estación Distrital de Regulación.

2.1.7.1 Acometidas:

Una acometida es una Interconexión a un conducto colectivo o red de distribución con el objetivo de suministrar Gas Natural a uno o más usuarios. Ya sea comercial o industrial.

- **Acometida de red secundaria:** Conjunto de tuberías y accesorios que conforman la derivación de servicio, desde la interconexión a la Red Secundaria hasta la Válvula de Acometida.
- **Acometida individual:** Acometida de Red Secundaria que sirve para la alimentación de Gas Natural a una Vivienda Unifamiliar también conocido como instalación interna.
- **Acometida colectiva:** Acometida de Red Secundaria que sirve para la alimentación de Gas Natural a inmuebles colectivos (multifamiliares).
- **Acometida múltiple:** Acometida de Red Secundaria que sirve para la alimentación de Gas Natural a Acometidas Individuales o Colectivas.
- **Acometida particular:** El tramo que conecta el Conducto Distribuidor o Conducto Montante de la Instalación Interna Colectiva a los medidores. (Hidrocarburos, 2006).

2.1.1.7.2 Gabinete:

Gabinete es un recinto compuesto por un Cofre que en su interior consta de Válvula de Acometida, regulador, medidor y accesorios para el suministro de Gas Natural a instalaciones unifamiliares o comerciales. (ANH, 2007).

2.1.1.7.3 Gabinete técnico de gas:

Recinto destinado a instalaciones multifamiliares. Contiene el conjunto de tuberías, válvulas y accesorios para conectar más de un medidor domiciliario, pudiendo estar el regulador colectivo contenido en este o en un Gabinete de Regulación. (ANH, 2007).

2.1.1.8. Tubería de polietileno

El polietileno de alta densidad; HDPE por sus siglas en inglés; es uno de los plásticos más populares en el mundo y tiene muchas aplicaciones en la industria actual; principalmente para la fabricación de recipientes; cierres; tapas; juguetes; utensilios domésticos; botellas; depósitos de gasolina; recipientes para aceite lubricante y disolventes orgánicos; para hacer bolsas de plástico y para hacer modelados por compresión. El HDPE es un material altamente resistente, duradero, flexible; y los costes de su producción y procesamiento son bastante bajos; además resiste perfectamente los procesos de esterilización y tiene una alta resistencia a ataques químicos. (Integrales, 2022).

Este tipo de tuberías también presentan una excelente resistencia a agentes químicos como aceites, álcalis, alcoholes, lejías y detergentes; y por su contenido de negro de humo resisten bastante bien la radiación ultravioleta; así que se pueden emplear en redes expuestas directamente a la luz solar. Por otro lado; gracias a que se fabrican con un material termoplástico son resistentes a la corrosión y a las incrustaciones; propiedades que hacen que mantengan constante su sección original eliminando el efecto de pérdida de capacidad de la red; por la disminución del diámetro interno. Esto hace que se anule la necesidad de darle mantenimiento constante; y se evite el uso de sistemas de protección catódica, economizando los costos. (Integrales, 2022).

Se puede usar en:

- Redes de aducción y distribución de agua potable.
- Redes de alcantarillado.
- Conducción de residuos industriales y químicos.
- Conducción de relaves y riego de pilas de lixiviación (plantas mineras).
- Transporte de gas y petróleo.

2.1.1.8.1. Diámetro de tuberías de Polietileno

En la siguiente tabla podemos ver los diferentes diámetros de la tubería que pueden usadas para la construcción red secundaria.

Tabla 3: *Diámetros de tubería de polietileno de alta densidad*

Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)	Peso unitario (Kgr/m)	Espesor (mm)	Peso unitario (Kgr/m)
OD	SDR 17.6	SDR 17.6	SDR 11	SDR 11
20	---	---	2	0.118
25	---	---	2.3	0.172
32	2	0.197	3	0.274
40	2.3	0.288	3.7	0.434
50	2.9	0.445	4.6	0.672
63	3.6	0.695	5.8	1.06
75	4.3	0.986	6.8	1.48
90	5.1	1.4	8.2	2.14
110	6.3	2.1	10	3.18
125	7.1	2.69	11.4	4.09
140	8	3.37	12.7	5.13
160	9.1	4.4	14.6	6.74
180	10.2	5.54	16.4	8.51
200	11.4	6.86	18.2	10.5

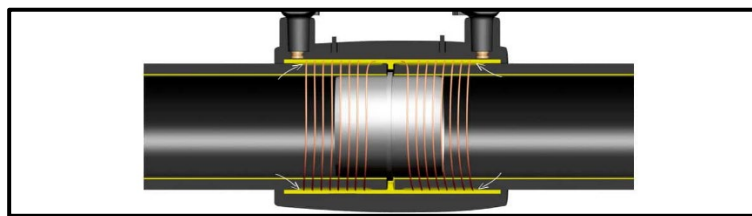
Fuente: Elaboración propia en base a datos del Anexo I ANH

2.1.1.8.2. Soldadura de electro fusión

La Electro fusión es un sistema de unión que se utiliza para unir tuberías o tuberías con accesorios polivalentes o Manipulados de PE media y alta densidad de diferentes diámetros.

Los tubos de polietileno de alta densidad resisten una presión nominal de 16 bar en conducciones de agua y de 10 bares en conducciones de gas. Suelen ser de color negro o azul para agua y de color negro o amarillo para gas y se sueldan con una tensión de 8 a 42 voltios según el modelo, aunque la tensión más común y actualmente más usada por los fabricantes es de 40 voltios.

Figura 16: *Proceso de la soldadura por electro fusión*



Fuente: Extraído de Plastitalia high performance fittings

La introducción de los datos de soldadura (voltaje y tiempo de fusión) en la máquina de electro fusión, puede realizarse con equipos manuales o con equipos que registran los datos del accesorio leyendo su código de barras a través de lápiz óptico o escáner.

Figura 17: Soldadura de termo fusión



Fuente: Extraído de Plastitalia high performance fitnas

Los accesorios electro soldables se suministran con etiquetas o tarjetas magnéticas en las que aparecen códigos de barras donde aparece toda la información relevante del producto, así como los datos de fusión.

2.1.1.9. Accesorios

2.1.1.9.1. Cuplas

Las Cuplas de polietileno se usan para unir dos tuberías de alta densidad. (Plastitalia, 2021)

Figura 18: Cuplas



Fuente: Extraído de Plastitalia high performance

Las presiones nominales de todas las cuplas de electrofusión son PN 10. Se fabrican con material de clase PE100, en conformidad a las normas internacionales para sistemas de gas natural o proceso.

2.1.1.9.2. Válvulas de polietileno

Algunas características: Familia de Válvulas y piezas especiales; PE100 negro; SDR 11; Inyectada.

La válvula de polietileno para redes de distribución de agua y gas se utiliza para: Sistemas de distribución de combustibles gaseosos (Plastitalia, 2021)

Figura 19: *Válvula de polietileno*



Fuente: Extraído de Plastitalia high performance fittings

La válvula de polietileno se ocupa para redes de distribución de agua y gas se utiliza: en tuberías para la distribución de agua, sistemas de tuberías para aplicaciones industriales, sistemas de tuberías para la distribución de combustibles gaseosos (Plastitalia, 2021)

2.1.1.9.3. Tapón

El tapón se usa en la parte final de cada circuito para obstruir el flujo de gas con la intención de extender la línea con el tiempo (Plastitalia, 2021)

Figura 20: *Tapón*



Fuente: Plastitalia high performance fittings

Conclusión Las tapas y los tapones para tuberías son dos tipos de accesorios que se utilizan para sellar los extremos de las tuberías, pero tienen funciones y diseños diferentes.

2.1.1.9.4. Codo de 90°

El codo de 90 se usa para tuberías mayores a 90 milímetros de diámetro debido a que no son tan flexibles como para doblarse en curvas cerradas (Plastitalia, 2021)

Figura 21: *Codo de 90°*



Fuente: Extraído de Plastitalia high performance fittings

Como su nombre lo explica, el codo para tubo de acero de 90 grados sirve para cambiar la dirección del líquido en 90 grados, por lo que también se le conoce como codo vertical. Este tipo de codo es el más usado en sistemas de tuberías, ya que es muy compatible con la estructura y construcción de acero.

2.1.1.9.5. Te

Este accesorio de tipo TE es de mucho uso para facilitar los circuitos debido a que une tres tuberías del mismo diámetro (Plastitalia, 2021).

2.1.1.9.6. Montura ó collar de seguridad

El collar de seguridad se usa para las acometidas debido a que su uso es más fácil.

Figura 22: *Collar de seguridad*



Fuente: Extraído de Plastitalia high performance

nos evita usar otro tipo de accesorios como ser reductores cuando haya una tubería de mayor diámetro que esté pasando por la línea municipal (Plastitalia, 2021)

2.1.1.9.7. Cupla reductora

Las cuplas se utilizan para unir caños PEAD de distintos diámetros, por lo que se las llaman cuplas de reducción. Cuentan con la ventaja que son uniones más resistentes, contando con una solución económica de alta performance y la excelencia en servicio.

Figura 23: Cupla reductora



Fuente: Extraído de Plastitalia high performance fittings

Las presiones nominales de todas las cuplas de electro fusión son PN 16. Se fabrican con material de clase PE100, en conformidad a las normas internacionales para sistemas de gas natural o procesado. (Plastitalia, 2021)

2.1.1.10 Sistema de transporte Virtual

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.

Figura 24: *Poblaciones abastecidas por el Sistema de transporte Virtual*



Fuente: Extraído, Energía Bolivia (YPFB)

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.

2.1.1.10.1 Elementos Gasoducto Virtual

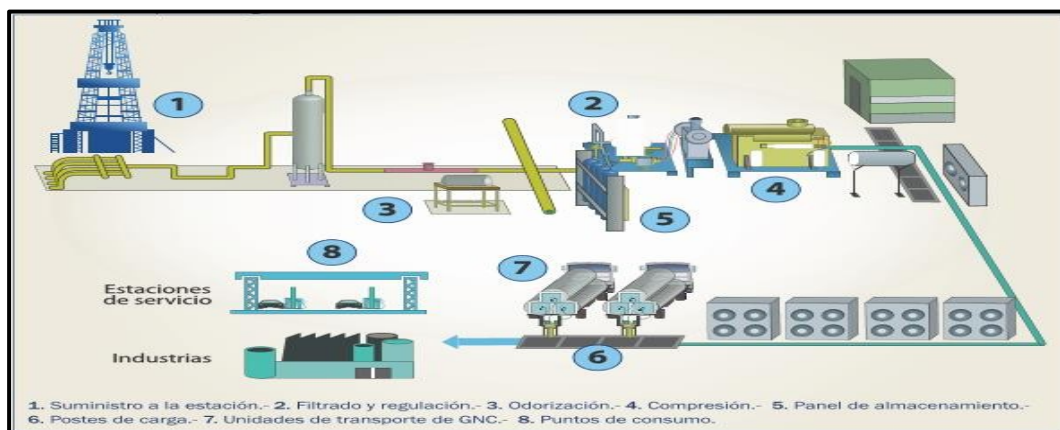
- Planta de Recepción y Llenado de GNL (Cargadero de GNL)
- Transporte de GNL en cisternas o Contenedores.
- Plantas de Regasificación de GNL.
- Estaciones PSR
- Odorización Gas Natural.
- Entrega Gas Natural a ductos y/o Estaciones de GNV.

2.1.1.10.2 Opciones de transporte:

- **Compresión del gas natural y almacenamiento en cilindros (GNC).**

Es la forma de obtener el GNC (Gas Natural comprimido). El cilindro tiene un espesor entre 8 a 10 mm. y es conformado de una sola pieza, no presenta soldadura y la presión del gas es de 200 bar, cuando lo que se transporta es el Gas Natural que se comprime al someterlo a grandes presiones (de allí su nombre), logrando que su volumen se reduzca en 100 veces. El GNC se almacena en módulos independientes de hasta 1.500,00 m³ de capacidad cada uno. La ruta del camión es lo que llamamos Gasoducto Virtual. Una vez en su destino, el GNC es descomprimido para su posterior uso en plantas industriales o comercialización en estaciones de Gas Natural Vehicular (GNV)

Figura 25: Estación de compresión del gas natural



Fuente: Extraído de YPFB, 2023

También se puede trasladar por medio de embarcaciones, llevando GNC a través de los lagos a pequeñas islas de nuestro país donde existen poblaciones:

- **Embarcaciones de GNC (Artículo 39° D.S. 1867)**

I. Toda nave, embarcación y/o barcaza que realice el Servicio de Transporte de GNC, deberá cumplir con las disposiciones de seguridad emitidas por la capitania de puerto y otras autoridades competentes, así como con las disposiciones del Reglamento Vigente.

II. Se prohíbe el transporte de pasajeros durante el transporte fluvial o lacustre de GNC

- **Licuefacción del gas natural para su transporte (GNL):** El gas natural como todas las sustancias en la naturaleza presenta una temperatura de licuefacción de $-164\text{ }^{\circ}\text{C}$, a la presión atmosférica, las plantas de licuefacción requieren de una gran inversión, con esto se consigue reducir el volumen en 600 veces y se lo deposita en los barcos metaneros o en cisternas especiales para ser transportado bien sea por mar o por tierra.

Figura 26: *Licuefacción del gas natural para su transporte*



Fuente: Extraído de ANH Noticias

Cuando se extrae el gas natural de los yacimientos subterráneos, a menudo contiene otros materiales y componentes que deben ser eliminados antes de que pueda ser licuado para su posterior uso.

Según el mercado final, la remoción de etano, propano y otros hidrocarburos debe estar controlada mediante una unidad de remoción de líquidos que puede estar integrada en el proceso de licuefacción.

2.1.2 MARCO CONTEXTUAL

2.1.2.1 Ubicación del lugar de Aplicación

El Municipio de Porco se encuentra ubicado al Sudoeste del País, perteneciente a la tercera sección de la Provincia Quijarro en el Departamento de Potosí. Limita al Norte con los Municipios de Potosí, Urmiri y Yocalla de la Provincia Tomas Frías, al Sur con Tomave que es la segunda sección de la provincia Antonio Quijarro, al este con el Municipio de Caiza D en la Provincia José María Linares, al Oeste también con la segunda sección de la Provincia Quijarro,

Tomave. La capital del Municipio es la población de Porco, ubicada a una altura de 4.100 m.s.n.m., y se encuentra a 50 kilómetros de la ciudad de Potosí, la capital departamental.

2.1.2.2 Latitud y Longitud

El Municipio de Porco, constituida como la tercera sección después de Uyuni y Tomave, tiene las siguientes coordenadas de ubicación:

Tabla 4: *Coordenadas Municipio de Porco*

Punto cardinal	Latitud	Longitud
Norte	19°39'54"	65°54'42"
Sud	19°57'24"	65°54'12"
Este	19°46'12"	65°45'54"
Oeste	19°43'36"	66°16'18"

Fuente: Extraído, Instituto Geográfico Militar

2.1.2.3 Extensión

El territorio donde se encuentra el Municipio de Porco cuenta con una superficie aproximada de 1.054,53 km² de extensión, que representa el 7,08 % de la superficie provincial, el 0,89 % Departamental y el 0,10 % del territorio Nacional.

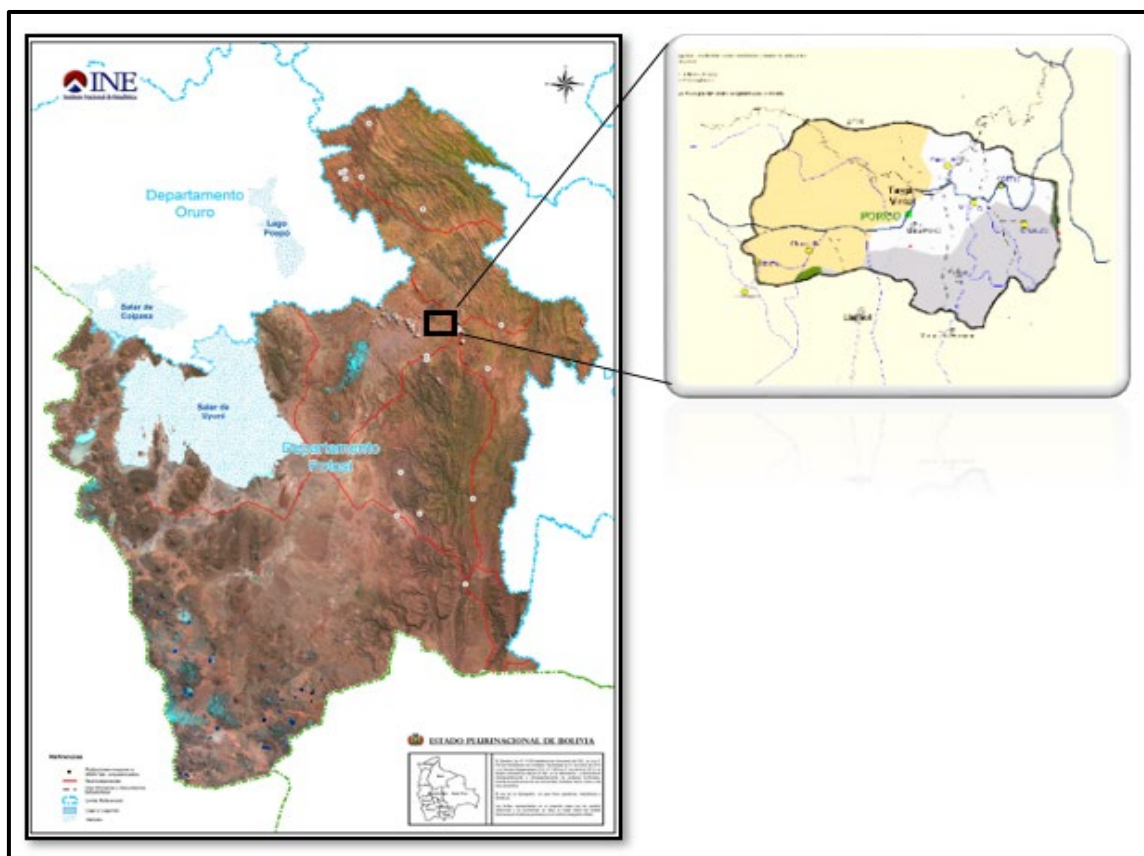
Tabla 5: *Municipio de Porco en el contexto Provincial, Departamental y Nacional*

Aspecto	Extensión (Km²)	% (*)	Población (N° de hab.)	% (*)	Densidad (Hab./Km²)	Crecimiento anual
Municipio de Porco	1.054,00		10.866,00		10,3	5,5
Provincia Quijarro	14.890,00	7,08	55.327,00	19.64	3,7	3,5
Dpto. de Potosí	118.218,00	0,89	828.093,00	1,31	7,7	1,4
Bolivia	1.098.581,00	0,1	10.059.856,00	0,11	9,2	5,12
(*) Porcentaje en relación a la Provincia, Departamento y Nación						

Fuente: Extraído, Censo Nacional de Población y Vivienda 2012

A continuación, podremos visualizar en el mapa de Potosí al municipio de Porco que se pudo extraer de la pagina del instituto nacional de estadística.

Figura 27: *Municipio de porco*



Fuente: Extraído, Instituto Nacional de estadística

2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

La información necesaria para la estimación de la demanda de combustible para la población de Porco, se obtiene del Instituto Nacional de Estadística (INE), que realizó el Censo Nacional del año 2012. En base al cual, se obtienen la cantidad de habitantes con un crecimiento anual del 5.5%, descritas en la Tabla 2.2. De igual manera, según el censo del mismo año, obtenemos la siguiente información detallada en la Tabla 2.3, que servirá de base para la estimación de la demanda de combustible considerando en el caso de los habitantes la población en edad de trabajar, la cantidad de hogares que utilizan GLP y la cantidad de vehículos, para el análisis de las alternativas a considerar en el trabajo de investigación.

Tabla 6: Información de Censo Nacional 2012

Descripción	Cantidad		Total
Habitantes	Hombres 2839	Mujeres 933	3796
Vivienda	Urbano 2240	Rural 916	3156
Combustible	GLP 2324	Leña y otros 720	3044
Transporte	Vehículos 1057	Motocicletas y otros 792	1849

Fuente: Elaboración propia en base a INE - Censo 2012

2.2.1. Proyección de la población (habitantes) y Hogares

La ecuación que se aplica para realizar la proyección de la población es la siguiente:

$$P_{proyectada} = P_{inicial} * (1 + \alpha)^t \pi r^2 \quad \text{Ecuación. 1}$$

Dónde:

$P_{Proyectada}$ = Población proyectada (habitantes)

$P_{Inicial}$ = Población inicial o base (2012)

α = Tasa anual de crecimiento

T = Diferencia del año que se quiere proyectar al año inicial (2012)

Un ejemplo de cálculo para la proyección del número de habitantes y hogares para el año 2013, se realiza aplicando la Ec.1. Para el resto de los siguientes años, que se proyectan para 20 años según se aplica en la Gerencia de Redes de Gas de YPF, el procedimiento de cálculo es el mismo.

- Proyección de habitantes para el año 2013:**

$$P_{Hab. Proyectada} = 3796 * (1 + 0.055)^{2013-2012}$$

$$P_{Hab. Proyectada} = 4.004,8$$

- **Proyección de hogares para el año 2013:**

Dicha proyección se la realiza también con la Ec.1 pero en esta ocasión tomando como base el número de hogares del radio urbano.

$$P_{\text{Hog. Proyectada}} = 2240 * (1 + 0.055)^{2013-2012} \quad P_{\text{Hog. Proyectada}} = 2363.2$$

Tabla 7: *Proyección de habitantes y hogares*

AÑO	Nº DE HABITANTES	Nº DE HOGARES
2012	3796,0	2240,0
2013	4004,8	2363,2
2014	4225,0	2493,2
2015	4457,4	2630,3
2016	4702,6	2775,0
2017	4961,2	2927,6
2018	5234,1	3088,6
2019	5522,0	3258,5
2020	5825,7	3437,7
2021	6146,1	3626,8
2022	6484,1	3826,2
2023	6840,7	4036,7
2024	7217,0	4258,7
2025	7613,9	4492,9
2026	8032,7	4740,0
2027	8474,5	5000,7
2028	8940,6	5275,8
2029	9432,3	5566,0
2030	9951,1	5872,1
2031	10498,4	6195,0
2032	11075,8	6535,8
2033	11685,0	6895,2
2034	12327,7	7274,5
2035	13005,7	7674,6
2036	13721,0	8096,7
2037	14475,6	8542,0
2038	15271,8	9011,8
2040	16997,9	10030,4
2041	17932,8	10582,0
2042	18919,1	11164,1
2043	19959,6	11778,1

Fuente: Elaboración propia en base a datos INE – Censo 2012

Se realizará los cálculos siguientes con los datos obtenidos en la proyección del año 2043

2.2.2. Determinación del consumo doméstico y comercial

Realizando el cálculo tal como establece el Anexo 1: Diseño de Redes de Distribución del Reglamento Diseño, Construcción, Operación y Mantenimiento e Instalaciones Internas, se obtiene el consumo Doméstico y Comercial proyectado para el año 2043 en la población de Porco:

- **Demanda sector doméstico (año 2012)**

Para la determinación de la demanda del sector doméstico se consideran los porcentajes mínimos de cobertura y simultaneidad de aparatos que utilizan los usuarios en sus hogares, detallados en la Tabla 8.

Tabla 8: Porcentajes Mínimos de cobertura y simultaneidad de aparatos

Cobertura del aparato		Coeficiente de simultaneidad	
Cocina A1	Calentador A2	Cocina S1	Calentador S2
A establecer por la Empresa Distribuidora	20%	15%	30%

Fuente: Extraído, Decreto Supremo 1996, 14 de mayo de 2014 Anexo 1

$$Q_{DOM} = (A_1 * C_1 * S_1 + A_2 * C_2 * S_2) * N \quad \text{Ecuación. 2}$$

Subíndices: 1 de cocina; 2 de calentador de agua)

Dónde:

A = Porcentaje de cobertura del aparato, (%)

C = Consumo del aparato, (m^3/h)

S = Coeficiente de simultaneidad del aparato, (adimensional)

N = Número de usuarios de categoría domestico proyectado, (adimensional)

Q_S = Caudal demandado proyectado en la red secundaria (adimensional)

Q_{DOM} = Caudal demandado en la categoría doméstica, (m^3/h)

Q_{COM} = Caudal demandado en la categoría comercial, (m^3/h)

Q_{IND} = Caudal demandado en la categoría industrial, (m^3/h)

Q_{GNV} = Caudal demandado en la categoría GNV, (m^3/h)

✓ Para la estimación de consumo se utilizará la siguiente ecuación:

$$C = \frac{P}{PCS} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

C = consumo (m^3/h)

P = potencia del equipo (kw/h)

PCS = poder calorífico superior (kw/m^3). Dato

En el decreto supremo 1996 nos indica valores estándares, de potencia que usa una cocina y los calentadores de baño.

Tabla 9: Potencia de Equipos.

EQUIPO	POTENCIA DEL EQUIPO. (KW/H)
COCINA	10,56
CALENTADOR DE BAÑO	14

Fuente: Extraído, Decreto Supremo. 1996.

$$C_{cocina} = \frac{10,56kw/h}{10,87kw/m^3} \quad C_{cocina} = 0,9715 m^3/h$$

$$C_{calentador de baño} = \frac{14 Kw/h}{10,87kw/m^3}$$

$$Calentador de baño = 1,2879 m^3/h$$

Tabla 10: Tabla de resultados

PORCENTAJE MÍNIMO PARA LA COCINA			PORCENTAJE MÍNIMO PARA EL CALENTADOR DE AGUA			Q DOMÉSTICO (m^3/H)
A1 (%)	C1 (M3/H)	S1 (%)	A2 (%)	C2 (M3/H)	S2 (%)	
1	0,97148114	0,15	0,2	1,28794848	0,3	0,2230

Fuente: Elaboración propia en base al Instituto Nacional de Estadística censo 2012

$$Q_{DOM} = (A_1 * C_1 * S_1 + A_2 * C_2 * S_2) \quad \text{Ecuación 4}$$

$$Q_{DOM} = (1 * 0,97148114 * 0.15 + 0.2 * 1,28794848 * 0.3)$$

$$Q_{DOM} = 0.2230 \text{ m}^3/\text{h} \quad Q_{DOM} = 0.2230 * 2240$$

$$Q_{DOM} = 499,52 \text{ m}^3/\text{h}$$

- **Demanda sector comercial (año 2012)**

El crecimiento del Sector Comercial es paralelo al crecimiento poblacional, es decir al crecimiento del Sector Doméstico. El sector comercial comprende las siguientes actividades en la población de Porco:

Centros turísticos (Alojamientos, Hostales, Hoteles, Centros recreacionales y otros)

Actividades comerciales (Restaurantes, Panaderías y otros).

Unidades Estatales de Servicio Social (Centros educativos, centros de acogida, hospitales, regimientos militares y otros).

Para poder obtener un estimado del consumo comercial y proyección a lo largo del tiempo, se ha considerado el siguiente porcentaje (20%) en relación al consumo doméstico para la población de Porco: **20%** del $Q_{domestico}$.

$$Q_C = (\%/100) * Q_D \quad \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

Q_C = Consumo Comercial ($\text{m}^3/\text{h.}$)

Q_D = Consumo Doméstico ($\text{m}^3/\text{h.}$)

$$Q_C = (20/100) * 499,52$$

$$Q_C = 99,90 \text{ m}^3/\text{h}$$

Los porcentajes asumidos para los cálculos de la demanda Comercial para la localidad de estudio, se realizó en base a datos de poblaciones intermedias como se muestra a continuación:

Tabla 11: *Proyección del consumo doméstico y comercial al año 2043*

AÑO	CONSUMO DOMÉSTICO	CONSUMO COMERCIAL
	m3/h	m3/h
2012	499,52	99,90
2013	526,96	105,39
2014	555,94	111,19
2015	586,51	117,30
2016	618,77	123,75
2017	652,81	130,56
2018	688,71	137,74
2019	726,59	145,32
2020	766,55	153,31
2021	808,71	161,74
2022	853,19	170,64
2023	900,12	180,02
2024	949,62	189,92
2025	1001,85	200,37
2026	1056,95	211,39
2027	1115,09	223,02
2028	1176,42	235,28
2029	1241,12	248,22
2030	1309,38	261,88
2031	1381,40	276,28
2032	1457,37	291,47
2033	1537,53	307,51
2034	1622,09	324,42
2036	1805,43	361,09
2037	1904,73	380,95
2038	2009,49	401,90
2039	2120,01	424,00
2040	2236,61	447,32
2041	2359,63	471,93
2042	2489,40	497,88
2043	2626,32	525,26

Fuente: Elaboración Propia en base Anexo 1 Diseño de Redes de Gas Natural del Reglamento Técnico del D.S. 1996

Con la proyección realizada se podrá visualizar con claridad la demanda total de gas natural para el año 2043.

Tabla 12: Consumo doméstico y comercial proyectado al año 2043.

CONSUMO	m ³ /h
Domestico	2626,32
Comercial	525,26
TOTAL	3151,58

Fuente: Elaboración Propia en base al Instituto Nacional de Estadística

Al determinar la demanda del municipio de Porco a continuación se analizará los sectores industriales.

2.2.3. Determinación del consumo Industrial

Para la proyección del consumo del sector industrial, se estima que, de acuerdo a la capacidad industrial de la zona, se tendrá implementada una refinería de Zinc, de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 13: Proyección del consumo industrial al año 2043

CONSUMO INDUSTRIAL			
USUARIO	CANTIDAD	CONSUMO PROYECTADO m ³ /h	TOTAL, m ³ /h
INDUSTRIAS	1	850	850
TOTAL			850

Fuente: Elaboración Propia en base a comparativos históricos.

2.2.4. Consumo total Porco

El consumo total se obtiene como resultado de la sumatoria de todos los caudales antes calculados:

Tabla 14: Consumo total al año 2043

$Q_{DOM.}$ (m ³ /h)	$Q_{com.}$ (m ³ /h)	$Q_{ind.}$ (m ³ /h)	Q_{total} (m ³ /h)
3151		850	4001

Fuente: Elaboración Propia al Instituto Nacional de Estadística censo 2012

Tomando en cuenta que para la instalación del EDR se debe tomar en cuenta la suma del caudal comercial y doméstico (3151 m³/h), se tendrá que instalar una EDR de 4100 (m³/h), al igual que para el City Gate sumando el consumo industrial que da 4001 (m³/h), es decir 4100 (m³/h).

Teniendo el dato del consumo total de Porco proyectado al año 2043 se procederá a analizar los escenarios para determinar la alternativa más factible y conveniente.

2.2.5. Alternativas de abastecimiento a la población de Porco

En base al dato de consumo total proyectado de la población de Porco al año 2043, se analiza inicialmente los escenarios de alternativas más factibles para el suministro de gas natural y/o GLP para los pobladores de Porco:

Alternativa I: Construcción de una Red Primaria, que incluya un City Gate y un EDR.

Alternativa II: Gasoducto virtual, que incluya una Estación Satelital de Regasificación.

Alternativa III: Suministro de GLP en garrafas, incluyendo los medios de transporte.

- **Distribución de gas a Potosí**

El suministro de gas natural hacia la Ciudad de Potosí, se lo realiza mediante el gasoducto Sucre-Potosí, que fue construido el año 1979 y entro en operación el año 1982 con una longitud de 110,6 km, un diámetro nominal de 6 y 4 pulgadas y una capacidad de transporte de hasta 7,3 MMpcd, y una máxima presión de operación de 1420 psi, siendo su mercado objetivo los complejos mineros de la Palca, Karachipampa y la termoeléctrica de ENDE en el departamento de Potosí. El cual fue ampliado varias veces. El proyecto del Gasoducto Sucre Potosí en su fase II, consistió en la construcción de un Loop de 10 pulg de diámetro y 14 km de longitud en el tramo Rio Pilcomayo – Mariaca. El cual incremento la capacidad de transporte de gas natural de 10,3 a 12,7 MMpcd.

2.2.6. Análisis de alternativas para el suministro de gas

Para realizar la selección de la mejor alternativa de suministro de Gas Natural a la población de Porco, es necesario determinar o estimar los costos de inversión, comparando los costos de materiales, equipos y personal necesario en la implementación de las alternativas consideradas.

- **Alternativa I: Construcción de una Red Primaria**

Para realizar la estimación de costos de construcción de la red primaria de la ciudad de potosí a la población de Porco, de acuerdo al consumo total proyectado para las instalaciones domiciliarias y comerciales de Porco ($Q_{consumo} = 4001m^3/h$), se tienen que determinar los

costos de construcción de obras civiles y mecánicas para esta alternativa. Además, de instalar un EDR de 4100 m^3/h . Por otra parte, considerando el consumo total de gas natural por instalación domiciliaria, comercial e industrial, también se instalará un City Gate de 4100 m^3/h . Considerando que la distancia desde la Ciudad de Potosí hasta la población de Porco es de 53 km, longitud que será considerada para la estimación de costos. Se tomarán como base de información, los precios vigentes en YPFB Redes de Gas en sus procesos de contratación.

Determinación de costos de materiales y equipos

Para la determinación de costos de materiales y los equipos necesarios para esta alternativa, se debe considerar el caudal demandado por los sectores dependientes de la red primaria, detalladas en la Tabla 14. Considerando, además, los costos de City Gate y EDR necesarios, que incluye también el sistema de odorización.

Tabla 15: *Costo de inversión materiales y equipos del City Gate*

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$us)
Inversión del equipo	256.726,54
Inversión obras civiles / mecánicas / eléctricas	233.570,96
COSTO TOTAL CITY GATE	490.297,49

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Redes de Gas

El detalle de ítems considerados en los costos de inversión de obras mecánicas y civiles de la Red Primaria, se presentan en la Tabla 1, del anexo 1. Un resumen de costos, se detalla en la Tabla 17

Tabla 16: *Costo de inversión materiales y equipos de la EDR*

DESCRIPCIÓN	COSTO (\$us)
Inversión del equipo	54.095,14
Inversión obras civiles / mecánicas / eléctricas	9.699,58
COSTO TOTAL EDR	63.794,72

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Redes de Gas

En la tabla 17 se puede visualizar el costo estimado para construcción de la red primaria, donde se incluye el costo del City Gate.

Tabla 17: *Resumen de costos Red Primaria*

Descripción	Bs	\$us
City Gate	3.432.082,43	490.297,49
Red Primaria	5.711.953,31	820.682,95
Estación Distrital de Regulación	446.563,04	63.794,72
COSTO TOTAL RED PRIMARIA	9.590.598,78	1.370.085,54

Fuente: Elaboración Propia en base a datos de redes de gas

El detalle de ítems considerados en los costos de inversión de obras mecánicas y civiles de la Red Secundaria que será el medio de distribución a las instalaciones domiciliarias de Porco, se presentan en la **Tabla** del anexo 2, cuyo resumen de costos, se detalla en la **Tabla 18**.

Tabla 18: *Resumen de costos red secundaria*

Descripción	Bs.	\$us.
Gastos generales	407.525,00	58.217,86
Obras civiles	2.910.523,00	415.789,00
Obras mecánicas	702.063,00	100.294,71
TOTAL	4.020.111,00	547.301,57

Fuente: Elaboración Propia a datos de redes de gas

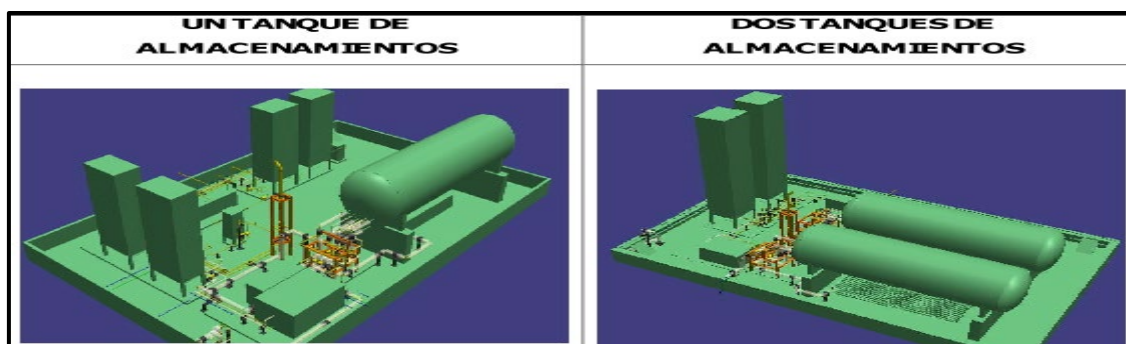
- **Alternativa II: Gasoducto virtual**

Para el desarrollo de esta alternativa, que consiste en la implementación de una Estación Satelital de Regasificación (ESR) y los medios de transporte de GNL, en el municipio de Porco, se realizará el dimensionamiento de la ESR considerando la selección del equipamiento necesario para el suministro de gas de acuerdo al consumo proyectado. Donde los principales equipos, son los tanques de almacenamiento que serán dimensionados respecto al volumen de consumo obtenido mediante la proyección a 20 años realizado. Así también se consideran los equipos complementarios como el intercambiador de calor que generará un cambio de temperatura para la regasificación del Gas Natural, la selección de bombas y compresores que mediante las líneas de interconexión permitirán despachar el gas natural mediante sistemas de distribución por redes de gas al municipio de Porco.

La ESR, estará compuesta, además, por la instalación de un conjunto de equipos, instrumentos y tuberías que se conectarán a los tanques, donde se efectuará el almacenamiento de GNL. El

abastecimiento a la ESR, se efectuará mediante el intercambio de contenedores portátiles de GNL, que serán transportados por vía terrestre desde la Planta de Rio Grande del departamento de Santa Cruz.

Figura 28: *Vista Tanques de almacenamiento de ESR*



Fuente: Extraído de Estación satelital de regasificación YPFB

- **Determinación de costos de materiales y equipos**

El detalle de ítems considerados en los costos de inversión de obras mecánicas y civiles de la Red Secundaria que será el medio de distribución a las instalaciones domiciliarias de Porco, se presentan en la **Tabla 3**, del anexo 3, cuyo resumen de costos, se detalla en la Tabla 19, y el resumen total de costos incluyendo el costo de inversión de la red secundaria en la Tabla 20.

Tabla 19: *Resumen de Costos para construcción de la ESR*

Descripción	Bs.	\$us.
Costos materiales, montaje y puesta en marcha	17.972.630,92	2.567.518,70
Costo de equipos, tuberías y accesorios ESR	392.407,80	56.058,26
Costo de Obras Mecánicas	29.705,76	4.243,68
Costo de Obras civiles	81.882,10	11.697,44
Costo ESD	5.836.575,19	833.796,46
Subtotal	24.313.201,77	3.473.314,54
Imprevistos (7%)	1.701.924,12	243.132,02
TOTAL	26.015.106,30	3.716.446,56

Fuente: Elaboración propia en base a datos YPFB Redes de Gas

En la Tabla 20 consideramos los costos de inversión, de la construcción de la ESR, y la Red Secundaria, para poder ver el estimado total de inversión de la alternativa II.

Tabla 20: *Costo total de inversión alternativa II*

Resumen de costos para construcción de ESR		Resumen de costos red secundaria		Costo total de inversión alternativa II
Bs.	\$us	Bs.	\$us	\$us
26.015.106,30	3.716.446,56	4.020.111,00	547.301,57	4.263.748,13

Fuente: Elaboración Propia envase a datos de redes de gas

Habiendo realizado la estimación de costos de la estación satelital, se puede observar que el monto de inversión es elevado. Por otro lado, se hará el análisis de costos de una tercera alternativa.

- **Alternativa III: Suministro de GLP en garrafas**

El proceso de comercialización de GLP está conformado básicamente por cuatro etapas: Comercialización mayorista, transporte, distribución y comercialización minorista. Donde el precio final al consumidor es de 22.50 Bs. Por garrafa de 10 Kg.

- **Proyección de la demanda de GLP**

Para fines de proyección de la demanda de GLP, se realiza un análisis de consumo de garrafas en función a la cantidad de hogares y rubros de actividad que utilizan GLP en el municipio de Porco, en la cual se considera que una familia promedio consume 3 garrafas de GLP al mes:

Tabla 21: *Proyección de la demanda de GLP en garrafas*

Descripción	Hogares o actividades que utilizan GLP	Uso de garrafas por vivienda o actividad (mes)	Consumo de garrafas -10 Kg (mes)
Viviendas	2324	3	6972
Panaderías	3	72	216
Comidas rápidas	8	16	128
Restaurantes	3	4	12
Internado	1	3	3
Comedor cooperativa minas	1	3	3
TOTAL, DEMANDA DE GARRAFAS (10Kg.)			7334

Fuente: Elaboración propia según información censo 2012 y municipio de Porco

En el análisis de costos a contemplar en esta alternativa se debe considerar, la creación de una empresa distribuidora de GLP en garrafas para el municipio de Porco, con el propósito de reducir

los costos de comercialización que ascienden a 30 Bs por garrafa de GLP de 10 Kg., la cual se efectúa sin ningún control ni regulación alguna.

- **Determinación de costos de Distribuidora GLP en garrafas**

Para la determinación de costos para la implementación de la distribuidora de GLP en garrafas, se consideran los costos de construcción de la planta distribuidora y los costos operativos, los cuales se detallan en la **Tabla 22** y **Tabla 23**, cuyo resumen se detalla en la **Tabla 24**.

Tabla 22: Costo de construcción planta distribuidora

Descripción	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Precio total (Bs)	Precio total (\$us)
Terreno (m2)	500	210	105000	15000
Plataforma cubierta (m2)	60	201,5	12090	1727,14
Playa de carga y maniobras (m2)	420	107,97	45347,4	6478,2
Oficina (m2)	20	825,78	16515,72	2359,39
Equipo de seguridad y señalética	Global	2465,47	2465,47	352,21
Servicios básicos	Global	14920	14920	2131,43
TOTAL, PLANTA DISTRIBUIDORA (\$us)				28048,37

Fuente: Elaboración Propia en base a Presupuesto & Construcción redes de gas

A continuación, se hará una estimación de costos operativos para la distribuidora el gas licuado de petróleo.

Tabla 23: Costo operativo de distribuidora de GLP

Descripción	Cantidad	Precio unitario (Bs)	Precio total (Bs)	Precio total (\$us)
Presidente	1	6700	6700	957,14
Secretaria	1	2700	2700	385,71
Administrador	1	4500	4500	642,86
Vendedor de GLP en planta	1	2350	2350	335,71
Camión de transporte	1	182000	182000	26000
Chofer camión	1	3500	3500	500

Descripción	cantidad	Precio unitario	Precio Bs	Total \$us
Ayudante camión	1	2500	2500	357,14
Camioneta de distribución	1	119000	119000	17000
Chofer camioneta	1	3500	3500	500
Ayudante camioneta	1	2500	2500	357,14
Combustible camión (litros diésel)	120	3,72	446,4	63,77
Combustible camioneta (litros gasolina)	80	3,74	299,2	42,74
Compra garrafas	2000	2517,34	5.034.680,00	719.240,00
COSTO TOTAL OPERATIVO				766.382,21

Fuente: Elaboración propia en base a datos ANH

En la tabla 24 veremos el resumen de costos de construcción y costos operativos, de la tercera alternativa.

Tabla 24: *Resumen de costos de distribuidora de GLP*

Descripción	Bs.	\$us.
Costo de construcción	196.338,39	28.048,37
Costo operativo	5.364.675,47	766.382,21
TOTAL	5.561.013,86	794.430,58

Fuente: Elaboración propia en base a datos ANH

- **Costo de inversión total por alternativas**

De acuerdo a los resultados obtenidos anteriormente, un detalle del resumen de costos por alternativas, se detallan en la **Tabla 25**

Tabla 25: Costo de inversión total por alternativas

RESUMEN DE COSTOS ALTERNATIVA I (\$us)		COSTO TOTAL ALTERNATIVAS (\$us)
Red primaria	9.590.598,78	13.610.709,78
Red secundaria	4.020.111,00	
RESUMEN DE COSTOS ALTERNATIVA II (\$us)		12.347.257,93
Estación satelital de regasificación	8.327.146,93	
Red secundaria	4.020.111,00	
RESUMEN DE COSTOS ALTERNATIVA III (\$us)		794.430,58
Costo total operativo	766.382,21	
Costo construcción planta distribuidora	28.048,37	

Fuente: Elaboración Propia en base a Presupuesto & Construcción redes de gas

Con los resultados obtenidos se realizará el un análisis, de las diferentes alternativas.

2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

2.3.1 Valoración y ponderación de alternativas

Considerando que la constitución Política del estado, determina que todo persona tiene derecho al acceso universal de servicios básicos de gas domiciliario y que es responsabilidad del estado, la provisión de los servicios a través de entidades públicas, cooperativas o comunitarias. En caso del gas domiciliario, se podrá prestar el servicio mediante contratos con empresas privadas.

Tabla 26: Determinación de mejor alternativa

Descripción	Alternativa I	Alternativa II	Alternativa III
	Ponderación (*)	Ponderación (*)	Ponderación (*)
Monto de inversión	2	1	3
Tiempo de puesta en marcha	2	1	3
Recuperación de inversión	0	0	3
Riesgo en uso de combustible	3	3	2
Costo de combustible al usuario	3	3	1
Total, puntaje	10	8	12
<i>gas (*)</i> Valoración: Alto = 1, Medio = 2, Bajo = 3, Nulo = 0			

Fuente: Elaboración Propia en base a resultados obtenidos

Por otra parte, considerando los costos de inversión determinados para cada alternativa, es necesario analizar las ventajas y desventajas que tiene cada una de ellas, en base a una valoración ponderada, considerando el tiempo de puesta en marcha del servicio, recuperación de la inversión, grado de riesgo que se tiene por el tipo de combustible a utilizar y el costo del combustible en los hogares o actividades de los usuarios.

2.3.2 Análisis de alternativas

De acuerdo al detalle de la Tabla 2.23, se aprecia que la mejor alternativa para la población del Municipio de Porco, es la alternativa III, que corresponde a la Cooperativa de distribución de GLP, por haber obtenido el mayor puntaje en la valoración de puntaje propuesto. Cabe aclarar, que se considera que no existe recuperación de la inversión en las alternativas I y II, debido a que es un servicio público subvencionado por el Estado. Por otra parte, también indicar, que el tiempo de implementación de estas dos primeras alternativas se podrían ejecutar en un tiempo mínimo de 2 años para la primera y 4 años para la segunda, considerando que exista el soporte económico disponible por parte de YPFB Redes de Gas y de aproximadamente 1 año para la cooperativa de distribución de GLP, también considerando la disponibilidad de recursos económicos. Sin embargo, cabe señalar, que una vez implementadas cualquiera de las dos primeras alternativas de gas natural, brindarían mayor beneficio económico a la población por su bajo costo (1,66 Bs/m³, según precio referencial de la ANH) en comparación al suministro de GLP, considerando que una garrafa de 10 Kg equivale a 13 m³ de Gas Natural. Por lo tanto, tendría un costo de 21.58 Bs/m³ de combustible GLP, pero sin considerar costo de transporte y envasado. En consecuencia, se deduce que, incluyendo los costos de envasado y fletes de transporte hasta Porco, el precio sería 25 Bs/garrafa.

CAPÍTULO III: CONCLUSIONES

- Se determinó la demanda de Gas Natural y GLP en garrafas para la población del Municipio de Porco, considerando el número de habitantes y viviendas según el censo del año 2012, con una proyección de 20 años, para las instalaciones domiciliarias, el comercio e industrias, siendo la demanda 4001m³/h de Gas Natural y 7734 garrafas de GLP.
- Se analizó tres alternativas de distribución de gas natural y/o GLP en garrafas al municipio de Porco. Donde la alternativa I, es la construcción de una red primaria, que incluye un City Gate, EDR y red secundaria hasta la instalación domiciliaria. La alternativa II, de gasoducto virtual, comprende la construcción y/o montaje de la Estación Satelital de Regasificación, que incluye el sistema de descompresión y la red secundaria hasta la instalación domiciliaria de las viviendas.
- Se seleccionó la mejor alternativa de distribución de gas natural al municipio de Porco, de tres alternativas de suministro de gas, mediante una estimación de costos de inversión, determinados para cada alternativa, analizando las ventajas y desventajas que tiene cada una de ellas, en base a una valoración ponderada, considerando el tiempo de puesta en marcha del servicio, recuperación de la inversión, grado de riesgo que se tiene por el tipo de combustible a utilizar y el costo del combustible en los hogares o actividades de los usuarios, habiendo seleccionado la alternativa III, Cooperativa distribuidora de GLP en garrafas, por haber alcanzado el mayor puntaje en la ponderación realizada.
- En el análisis económico de la alternativa seleccionada para la distribución de GLP en garrafas al municipio de Porco, se consideró el personal operativo, vehículos, etc. y los costos de inversión de los materiales para la construcción de la planta distribuidora de GLP, de acuerdo al Reglamento para la Construcción y Operación de Plantas de Distribución de GLP en garrafas vigente en el País.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORREO DEL SUR. (19 de AGOSTO de 2022). *CORREO DEL SUR*. Obtenido de https://correodelsur.com/local/20220819_envibol-paga-bs-1-millon-mensualmente-por-el-glp.html
- DECRETO SUPREMO, 1. (2014). *ANEXO 1*. LA PAZ - BOLIVIA: GACETA OFICIAL DEL ESTADO PLURINACIONAL.
- DECRETO SUPREMO, 1. (2014). *ANEXO 4 CALIDAD DEL GAS NATURAL*. LA PAZ-BOLIVIA: GACETA OFICIAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA.
- DECRETO SUPREMO, 1. (2014). *REGLAMENTO DE DISTRIBUCION DE GAS NATURAL POR REDES*. LA PAZ-BOLIVIA: GACETA OFICIAL DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA.
- Graziani, L. C. (2022). *EL GAS NATURAL*. Callao - Peru: ACEROS AREQUIPA.
- RAMIRO PEREZ PALACIOS, M. J. (s.f.). *INGENIERIA DE GAS NATURAL*. MARACAIBO-VENEZUELA: INGENIEROS CONSULTORES, SRL.
- Y.P.F.B. (2018). *PÁGINA OFICIAL Y.P.F.B.* Obtenido de <https://www.ypfb.gob.bo/es/>
- Y.P.F.B. (2018). *PÁGINA OFICIAL Y.P.F.B. TRANSPORTE* Obtenido de <https://www.ypfbtransporte.com.bo/nuestras-operaciones/sistemas-de-transporte-de-gas/tapirani/>
- INE (2012). *PÁGINA OFICIAL INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA* Obtenido de <https://ine.gob.bo>.
- LATORRE, L. (2014). Dialnet-tecnologia del gas natural. En u. n. Colombia.
- LESKOW, E. C. (15 DE JUNLIO DE 2021). *Concepto*. <https://concepto.de/conductividad-termica/#ixzz7kjUu7vVG>
- LIMON, M. (2019). Transporte de gas natural. En *propiedades de gas natural* (pág. 5).

LUIS. (3 DE SEPTIEMBRE DE 2014). *Ensayos*. propiedades físicas y químicas de gas natural:
<https://www.clubensayos.com/Ciencia/PROPIEDADES-FISICAS-Y-QUIMICAS/1973283.html>

M, R. C. (1996). *propiedades de gases y líquidos* . Bogota Charcas.

Cesar, J. (11 de Abril de 2016). *Centro Nacional de Control del Gas Natural*.
<https://www.gob.mx/cenagas/articulos/importancia-del-gas>

Hidrocarburos, A. N. (2006). *ANEXO V Instalaciones de Categorías Doméstica y Comercial de Gas Natural*.

ANEXOS

Anexo 1: Costos de inversión obras mecánicas y civiles Red Primaria

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Precio unitario (bs)	Precio total (bs)
1	INSTALACION DE FAENAS, PROVISION Y COLOCADO DE LETREROS DE OBRA	GLB	1,00	213.951,22	213.951,22
2	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO, MATERIAL HERRAMIENTAS Y PERSONAL	GLB	1,00	87.224,60	87.224,60
3	REPLANTEO Y TRAZADO TOPOGRAFICO	M	53.000,00	5,91	313.230,00
4	REMOCION DE EMPEDRADO	M2	14,00	21,09	295,26
5	CORTE, ROTURA Y REMOCION DE ACERA Y/O CUNETAS	M2	11,85	80,98	959,61
6	CORTE, ROTURA Y REMOCION DE PAVIMENTO RIGIDO	M2	4,00	97,09	388,36
7	EXCAVACION DE ZANJA TERRENO SEMI DURO	M3	17.670,38	48,41	855.423,10
9	EXCAVACION DE ZANJA TERRENO ROCOSO	M3	930,02	126,83	117.954,44
10	PROVISION Y COLOCADO DE CINTA DE SEÑALIZACION	M	53.000,00	2,36	125.080,00
11	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON TIERRA CERNIDA S/PROVISION	M3	3.577,00	55,96	200.168,92
12	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL FINO C/PROVISION	M3	1.430,80	118,69	169.821,65
13	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON TIERRA COMÚN	M3	13.592,60	33,58	456.439,51
14	PROVISION Y COLOCADO DE SEÑALIZACION VERTICAL	PZA	1.060,00	702,47	744.618,20
15	CONSTRUCCION DE CAMARAS DE HORMIGON	PZA	4,00	14.873,83	59.495,32
16	ELABORACION DE PLANOS AS-BUILT	GLB	1,00	14.357,39	14.357,39
17	ELABORACION DATA BOOK	GLB	1,00	19.682,79	19.682,79

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	Unidad	Cantidad	Precio unitario (bs)	Precio total (bs)
18	LIMPIEZA Y RETIROS DE ESCOMBROS	GLB	1,00	13.436,55	13.436,55
19	CARGUIO, TRANSPORTE Y DESCARGUIO DE TUBERIA Y ACCESORIOS DE ANC DN 4" SCH40	TN	85.171,00	31,25	2.661.593,75
20	DESFILE Y BAJADO DE TUBERIA DE ANC DN 4" SCH 40	M	53.000,00	11,25	596.250,00
21	CURVADO DE TUBERIA DE ANC DN 4" SCH 40	PZA	8,00	662,00	5.296,00
22	SOLDADURA DE TUBERIA Y ACCESORIOS DE ANC DN 4" SCH 40	JUNTA	2.210,00	210,40	464.563,20
23	END POR RADIOGRAFIA DE JUNTAS SOLDADAS DN 4" SCH 40	JUNTA	2.210,00	215,51	476.277,10
24	END POR TINTAS PENETRANTES PARA ACCESORIOS	PTO	8,00	563,63	4.509,04
25	PRUEBA HIDROSTATICA DE TUBERIA ANC DN 4"	M	53.000,00	13,23	701.190,00
26	PRUEBA HIDROSTATICA (HERMETICIDAD Y SELLO) PARA VALVULA DN 4"	PZA	4,00	356,51	1.426,04
27	PROVISION E INSTALACION DE TRAMPA LANZADORA Y RECEPTORA	GLB	1,00	5.772,77	5.772,77
28	PROTECCION DE VALVULAS Y ACCESORIOS DE ANC DN 4" EN CAMARAS	PZA	4,00	417,13	1.668,52
29	PROVISION DE ACCESORIOS ANSI 300 PARA RED PRIMARIA	GLB	1,00	5.333,30	5.333,30
30	VENTEO, INTERCONEXION, PUESTA EN MARCHA Y PUNTO DE ROCIO	GLB	1,00	9.496,63	9.496,63
PRECIO TOTAL (Bs)					5.711.953,31
PRECIO TOTAL (\$us)					820.682,95
PRECIO TOTAL	Son: Cinco millones setecientos once mil novecientos cincuenta y tres con 31/100 bolivianos				

Fuente: Elaboración Propia a datos de redes de gas

ANEXO 2

Anexo 2: Costos de inversión obras mecánicas y civiles Red Secundaria

Nº	DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Precio Total (Bs)
1	INSTALACION DE FAENAS, PROVISION Y COLOCADO DE LETREROS DE OBRA	Glb.	2	15314.53	30629
2	MOVILIZACION DE PERSONAL Y EQUIPO	Glb.	1	15765.63	15766
3	REPLANTEO Y TRAZADO TOPOGRAFICO	Glb	43359	4.11	178167
4	LIMPIEZA Y RETIRO DE ESCOMBROS	Glb	1	10503.24	10503
5	ELABORACION DE DATA BOOK	Glb	1	6263.54	6264
6	ELABORACION DE PLANOS AS-BUILT	m	43359	3.83	166196
7	CORTE, ROTURA Y REMOCION DE ACERA Y/O CUNETAS	m ²	350	53.48	18719
8	CORTE, ROTURA Y REMOCIÓN DE CERÁMICA, BALDOSAS Y/O CORTEZAS ESPECIALES	m ²	25	55.05	1376
9	EXCAVACIÓN DE ZANJA TERRENO BLANDO	m ³	12421	51.86	644136
10	EXCAVACIÓN DE ZANJA TERRENO SEMI DURO	m ³	5500	68.71	377882
11	PROVISION Y COLOCADO DE FUNDA DE PROTECCION DE PVC DN-4"	m	2245	90.07	202218
12	PROVISION Y COLOCADO DE FUNDA DE PROTECCION DE PVC DN-6"	m	112	128.05	14342
13	PROVISION Y COLOCADO DE FUNDA DE PROTECCION DE PVC DN-8"	m	528	252.85	133504
14	OBRAS CIVILES PARA FIJACION PARA VALVULA DE P.E. Ø 63 MM	Pza	31	614.71	19056
15	OBRAS CIVILES PARA FIJACION PARA VALVULA DE P.E. Ø 90 MM	Pza	3	868.91	2607
16	OBRAS CIVILES PARA FIJACION PARA VALVULA DE P.E. Ø 125 MM	Pza	11	907.27	9980
17	PROVISION Y COLOCADO DE CINTA DE SEÑALIZACION	m	43.359,00	1,92	83444

Nº	DESCRIPCION	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Bs)	Precio Total (Bs)
18	PROVISION Y COLOCADO SEÑALIZACION VERTICAL (paletas)	Pza	12	495.41	5945
19	PROVISION Y COLOCADO DE PLAQUETAS DE SEÑALIZACION HORIZONTAL	Pza	770	64.97	50027
20	OBRAS CIVILES PARA EL COLOCADO DE PLAQUETAS DE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	Pza	770	140.35	108066
21	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON TIERRA COMUN	m ³	21680	40.14	870232
22	REPOSICIÓN Y AFINADO DE ACERAS Y/O CUNETAS	m ²	350	231.91	81170
23	REPOSICIÓN DE CERÁMICA, BALDOSAS Y/O CORTEZAS ESPECIALES C/PROVISIÓN	m ²	25	399.53	9988
24	PERFORACIÓN SUBTERRÁNEA	m	42	579.75	24349
25	PERFORACION DIRIGIDA	m	48	5280.87	253482
26	TRANSPORTE DE TUBERIA	Glb	1	28,925.52	28926
27	TENDIDO DE TUBERIA	m	43359	4.82	208914
28	PUNTOS DE SOLDADURA P.E.= 63 MM	Pto	700	106.29	74401
29	PUNTOS DE SOLDADURA P.E.= 90 MM	Pto	95	139.66	13268
30	PUNTOS DE SOLDADURA P.E.= 125 MM	Pto	400	395.28	158113
31	SOLDADURA DE TUBERÍA Y ACCESORIOS DE ANC DN 8" SCH 40	Junta	5	516.29	2581
32	LIMPIEZA Y REVESTIMIENTO DE JUNTAS C/ MANTA TERMOCONTRAIBLE DN 8" (CON PROVISIÓN DE MANTAS)	Junta	3	584.31	1753
33	VENTEO, PRUEBA DE RESISTENCIA Y HERMETICIDAD	m	43359	4.94	214106
Total, presupuesto (Bs)					4020111

Fuente: Elaboración propia en base a datos de redes de gas

ANEXO 3

Anexo 3: Costo de inversión materiales, montaje y puesta en marcha

Ítem	Descripción	Cantidad	Costo unitario (Bs.)	Costo total (Bs.)
1	Depósito de almacenamiento	1	10.207.000,00	10.207.000,00
2	Vaporizador Atmosférico de PPR	1	141.168,00	141.168,00
3	Vaporizador atmosférico de descarga	1	217.288,00	217.288,00
4	Regasificador de agua caliente	1	67.124,00	67.124,00
5	Bomba de agua caliente para regasificador	1	42.052,84	42.052,84
6	Caldera desvaporizadero	1	255.278,80	255.278,80
7	Estación de regulación y medición	1	228.360,00	228.360,00
8	Odorizador por contacto	1	173.000,00	173.000,00
9	Instalación de control	1	76.120,00	76.120,00
10	Instalación eléctrica	1	72.660,00	72.660,00
11	Extintor de PQS DE 12 Kg	3	304,48	913,44
12	Extintor de PQS DE 25 Kg	1	961,88	961,88
13	Extintor de PQS DE 100 Kg	36	2.788,76	100.395,36
14	Bomba de agua para rociadores	1	74.320,80	74.320,80
15	Depósito de agua contra incendios	1	65.740,00	65.740,00
16	Terreno del emplazamiento	1	570.900,00	570.900,00
17	Obra civil de cubetos	1	98.264,00	98.264,00
18	Instalación, montaje y puesta en marcha	1	1.697.579,80	1.697.579,80
19	Estudio de seguridad y salud	1	8.304,00	8.304,00
20	Camión cisterna 80 m3	2	1.937.600,00	3.875.200,00
TOTAL				17.972.630,92

Fuente: Elaboración propia en base a datos de redes de gas

Costo de equipos, tuberías y accesorios ESR

N°	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Bs.)	Precio total (Bs)
1	Tubería de acero al carbono	100	m	200,51	20.051,00
2	Estación Satelital de regasificación	1	Global	370.000,00	370.000,00
3	Bridas	2	Juegos	80,50	161,00
4	Codo de 90°	9	Piezas	26,00	234,00
5	Empaquetadura mecánica	4	Piezas	170,00	680,00
6	Mantas termo contraíbles incluye cierre y aditivos	12	Piezas	90,15	1081,80
7	cinta de señalización	100	m	2	200,00
TOTAL					392.407,80

Fuente: Elaboración propia en base a datos de redes de gas

Costos de inversión obras mecánicas

N°	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (Bs)	Precio total (Bs)
1	Carguío y transporte de tubería	3	Tn	677,74	2.033,22
2	Desfile, doblado y alineado	100	m	63,21	6.321,00
3	Bajado de tubería	100	ml	55,24	5.524,00
4	Soldadura de cañería y accesorios	9	Junta	932,5	8.392,50
5	Revestimiento de juntas	8	Junta	309,69	2477,52
6	Limpieza, corte, amolado y biselado de tubería	8	Junta	58,43	467,44
7	Inspección Radiográfica	8	Junta	561,26	4.490,08
TOTAL, Bs					29705,76
TOTAL \$US					207940,32

Fuente: Elaboración propia en base a datos de redes de gas

Costos de inversión para construcción de la ESD

N° de Ítem	Descripción	Costo Global (Bs.)
1	2 unidades de almacenaje	
2	Unidad de regulación y medición	4.350.000,00
3	Unidad de vaporización	
4	Flete de Transporte	174.000.00
5	Instalación eléctrica e instrumentación	34.800,00
6	Montaje y puesta en marcha	348.000.00
7	obras civiles	929.775,19
COSTO TOTAL ESD		5.836.575,19

Fuente: Elaboración propia en base a datos de redes de gas