

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

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



**PROPUESTA DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE GLP A GAS
NATURAL A TRAVÉS DE UN GASODUCTO UTILIZANDO EL
PROGRAMA PIPESIM PARA EL MATADERO DE APROCACH EN
SUCRE**

**TRABAJO EN OPCION A DIPLOMADO EN TRANSPORTE
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS
JUAN GUILLERMO ARANCIBIA ALEGRE**

**Sucre - Bolivia
2024**

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.



Juan Guillermo Arancibia Alegre

Sucre, mayo de 2024

DEDICATORIA

La presente monografía va dedicada con todo mi amor y cariño

A mi querida esposa Meri Pérez Herrera. que ha sido el impulso durante mi carrera y el pilar principal para la culminación de la misma que, con su apoyo constante y amor incondicional, fuente de sabiduría, calma y consejo en todo momento para que tenga una meta más concluida en mi vida personal.

A mí querida hija Mery Nicole por ser mi fuente de motivación para poder superarme cada día más que con su luz ha iluminado mi vida y hace mi camino más claro.

A mis padres que con su amor y enseñanza han sembrado las virtudes que se necesitan para vivir con anhelo y felicidad.

Juan Guillermo Arancibia Alegre

AGRADECIMIENTOS

La presente monografía va dedicada con todo mi
Fe amor y cariño

A Dios todo poderoso ilumina mi camino y por
darme la bendición cada día de mi vida, la salud
y las fuerzas para luchar por esta meta de vida.

A mi familia por estar ahí en los momentos
difíciles que tuve que pasar en este trayecto y
que siempre me motivaron a seguir adelante.

Gracias...

RESUMEN

La presente monografía tiene como objetivo general la transición energética de GLP a gas natural mediante la construcción de un gasoducto de red primaria, empleando simulación de distribución de gas natural con el software PIPESIM. La metodología empleada en este estudio es de naturaleza analítica y descriptiva, con un enfoque cuantitativo que permite un análisis detallado de los datos recopilados. Para el diseño de la red primaria, se utilizó el software especializado PIPESIM, reconocido por su eficacia en el modelamiento de redes de distribución de gas natural mediante tecnología satelital. Se determinó que la demanda combinada del matadero y el sector domiciliario es de 0.78 millones de pies cúbicos por día (mmscfd). Tras un análisis de sensibilidad del diámetro interno, se optó la selección de un diámetro de 2 pulgadas utilizando tubería API de grado 10S, lo que garantiza un óptimo desempeño. Además, la evaluación de la relación entre la velocidad de gas y la velocidad de erosión reveló un valor de 0.11, indicando un desgaste mínimo en la red. Asimismo, se determinó una relación de 0.26 entre la presión de operación y la máxima presión de operación, asegurando la resistencia de la tubería a la presión presente en la red. La inversión necesaria para la implementación de la red primaria se estimó en 184,982 USD para la compra de tubería y 1,198,620 USD en gastos de ingeniería, equipos y materiales, con una longitud total de 2.4 km de tubería. Estos resultados indican que la implementación de la red primaria representa una solución integral para el matadero APROCACH y el sector domiciliario de Ckochis, al garantizar una distribución continua de gas natural.

INDICE DE CONTENIDO

1	CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	ANTECEDENTES.....	1
1.1.1	Planteamiento del problema	2
1.1.2	Formulación del problema.....	2
1.2	OBJETIVOS.....	2
1.2.1	Objetivo General	2
1.2.2	Objetivos Específicos	2
1.3	JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3.1	Justificación técnica	3
1.3.2	Justificación económica	3
1.3.3	Justificación social.....	3
1.4	METODOLOGÍA	4
1.4.1	Enfoque cuantitativo.....	4
1.4.2	Tipo de investigación.....	4
1.4.3	Diseño de la investigación	5
1.4.4	Métodos.....	5
1.4.5	Técnicas e instrumentos	6
2	CAPÍTULO II: DESARROLLO	7
2.1	MARCO TEÓRICO	7
2.1.1	MARCO CONCEPTUAL	7
a)	Normas, códigos y estándares para la ejecución de la obra	22
2.1.2	MARCO CONTEXTUAL.....	24
2.2	INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS.....	28
2.2.1	Descripción de lugar y los equipos en funcionamiento.....	28
2.2.2	Determinación de consumo de gas.....	33

2.2.3	Evaluación del gasoducto	39
2.2.4	Trayecto de la red primaria	40
2.2.5	Diseño de la red primaria por PIPESIM	40
2.2.6	Costos de la construcción de un gasoducto	50
2.3	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	52
3	CAPÍTULO III: CONCLUSIONES.....	53
4	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	54
5	ANEXO.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Consumo de gas natural en uso domiciliario.	7
Figura 2	Transporte de hidrocarburos por tuberías.....	11
Figura 3	Red primaria de Gas Natural	12
Figura 4	Esquema de un puente de regulación y medición.....	14
Figura 5	Esquema de diagrama de carga PRM.....	15
Figura 6	Determinación del espesor de la tubería.....	21
Figura 7	Vista satelital del matadero APROCACH.....	25
Figura 8	Tanque de reconoció de sangre	28
Figura 9	caldera de vapor en primera etapa	29
Figura 10	Caldera de vapor en segunda etapa.....	29
Figura 11	Caldera de vapor en tercera etapa	30
Figura 12	Secado en cuarta etapa.....	31
Figura 13	Secado final del proceso	31
Figura 14	Harina de sangre	32
Figura 15	Caldera de proceso de escaldado	33
Figura 16	Crematorio del matadero	33
Figura 17	Garrafa de GLP 45.5 kilos	34
Figura 18	GLP de 11.5 kilos	34
Figura 19	Ubicación de gasoducto GTS	39
Figura 20	Perfil topográfico de la red primaria	40
Figura 21	Algoritmo de la simulación PIPESIM	41
Figura 22	Condiciones de despacho de gas a la red primaria	42
Figura 23	Condiciones de recepción de gas a la red primaria	42
Figura 24	Perfil topográfico de la red primaria	43

Figura 25 Selección de correlación de flujo monofásico	43
Figura 26 Selección de valor C en la correlación API 14	44
Figura 27 imagen de simulador PIPESIM con todos los datos introducidos.....	45
Figura 28 Sensibilidad del diámetro interno de la red primaria	45
Figura 29 Selección del diámetro optimo.....	46
Figura 30 Selección del diámetro nominal de la red primaria	47
Figura 31 Perfil de velocidad del gas con la velocidad de erosión	47
Figura 32 Perfil de la ratio de erosión	48
Figura 33 Perfil de la máxima presión de operación y presión de operación.....	49
Figura 34 Perfil de la ratio MAOP	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición del Gas Natural.....	8
Tabla 2	Coordenadas geográficas de ubicación del matadero APROCACH.....	24
Tabla 3	consumo diario y mensual de GPL en el matadero APROCACH	35
Tabla 4	Numero de vivienda y habitantes	36
Tabla 5	Costos de compra de tubería	50
Tabla 6	Costos de instalación	50
Tabla 7	Costos de ingeniería	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Perfil topográfico de la red primaria

Anexo 2 Especificaciones de calidad de gas natural

Anexo 3 Reporte de resultados del simulador PIPESIM

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En los últimos años, se ha experimentado un significativo aumento en el uso masivo de gas natural tanto a nivel doméstico como industrial. Este incremento ha motivado la realización de diversos estudios y proyectos para la instalación de sistemas de suministro de gas natural en ciudades capitales, áreas urbanas intermedias y comunidades con un mercado de crecimiento demográfico. (Chumacero 2014)

Las razones que respaldan la importancia de estos proyectos son múltiples. En primer lugar, se evidencia una limitación en el suministro de Gas Licuado de Petróleo (GLP), especialmente en zonas distantes. Además, se observa un alto costo de comercialización en estas áreas. Ante esta situación, resulta exigente implementar un sistema de distribución de gas natural que asegure un suministro continuo y confiable en estas localidades.

En las carreras de Ingeniería y Técnico Superior en Petróleo y Gas Natural de la Facultad de Ciencias Tecnológicas pertenecientes a la Universidad Mayor Real y Pontificia de San Francisco Xavier Chuquisaca, se pueden apreciar estudios relacionados al presente trabajo, como ser:

- Estudio para el suministro de gas natural por el sistema virtual a la población de Porco departamento Potosí realizado por Sonia Marca Quinteros en el año 2019, el enfoque de este proyecto es el uso de tecnologías para poder masificar el uso del gas natural en las regiones más alejadas para poder transportar GNL en forma eficiente a distintos lugares de Bolivia.
- Diseño de red primaria para el abastecimiento de gas natural a las poblaciones de Surima Chuqui Chuqui D-7 del municipio de Sucre realizado por Luis Alberto Acho Choque en el año 2018.

En función a estos estudios el enfoque de este proyecto busca no solo implementar una infraestructura funcional, sino también garantizar la seguridad, sostenibilidad y rentabilidad en su operación, con un impacto positivo tanto en el entorno natural como en la calidad de vida de la población.

1.1.1 Planteamiento del problema

La problemática en el matadero APROCACH se centra en su actual abastecimiento de energía mediante GLP, lo que resulta en un suministro discontinuo. Esta situación conlleva riesgos de desabastecimiento que pueden afectar adversamente la operatividad de las instalaciones, generando dificultades logísticas y comprometiendo la eficiencia de las operaciones diarias.

El uso constante de GLP como fuente de energía también contribuye significativamente a la contaminación ambiental. Durante su combustión, el GLP emite gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, lo que puede deteriorar la calidad del aire y representar riesgos para la salud de la comunidad circundante, además de generar impactos negativos en el entorno ambiental del matadero y sus alrededores.

Además de los problemas de suministro y contaminación, el uso continuo de GLP también implica costos adicionales asociados con su transporte y almacenamiento. Estos costos adicionales no solo aumentan el precio final del producto, sino que también afectan la viabilidad económica del matadero, dificultando su capacidad para mantener operaciones rentables y sostenibles a largo plazo.

1.1.2 Formulación del problema

¿Cómo se puede garantizar un suministro continuo de energía de gas natural a la empresa APROCACH para su funcionamiento ininterrumpido?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

Propuesta de transición energética de GLP a Gas Natural a través de un gasoducto utilizando el programa PIPESIM para el matadero de APROCACH en sucre

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un sustento teóricamente del presente trabajo de investigación para su mejor comprensión y realización.
- Efectuar un diagnóstico del matadero de APROCACH entorno a los procesos de faenado de animales, para la determinación del caudal óptimo requerido de gas natural
- Diseñar la red para la instalación de gas natural para el matadero APROCACH mediante simulación con PIPESIM.

- Realizar los costos de instalación de la red

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Justificación técnica

La propuesta se fundamenta en una sólida base técnica, donde se realizará un exhaustivo diagnóstico del consumo energético actual del matadero, identificando los equipos que dependen del suministro de gas natural. Este análisis permitirá determinar el caudal óptimo necesario y diseñar una red de distribución eficiente. Empleando herramientas como el simulador PIPESIM, se calculará el diámetro óptimo de la red, asegurando una implementación precisa y eficaz del proyecto.

1.3.2 Justificación económica

La transición al gas natural representa una decisión económica estratégica para el matadero, ya que ofrece ahorros significativos en los costos de combustible en comparación con el GLP. Esta medida garantizará una mayor estabilidad en los precios a largo plazo, fortaleciendo la viabilidad financiera del negocio y su capacidad para enfrentar desafíos económicos futuros. La implementación de una red de gas natural se traducirá en una gestión financiera eficiente y sostenible, mejorando la rentabilidad general del matadero.

1.3.3 Justificación social

La instalación de una red de suministro continuo de gas natural promoverá un entorno laboral más seguro y eficiente al eliminar riesgos asociados con la manipulación de garrafas y garantizar un suministro estable de energía. Esto no solo protegerá la vida y la integridad física de los trabajadores, sino que también mejorará su bienestar general. Además, al asegurar una operación fluida y eficiente del matadero, se promoverá un ambiente laboral más productivo y satisfactorio para todos los involucrados.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Enfoque cuantitativo

La presente monografía adopta un enfoque cuantitativo, puesto que su objetivo es demostrar la viabilidad tanto económica como técnica de la instalación de una red de suministro de gas natural en el matadero, en sustitución del GLP. Este enfoque requiere la utilización de métodos analíticos matemáticos para llevar a cabo cálculos detallados y rigurosos que respalden nuestras conclusiones. La recolección y análisis de datos cuantitativos nos permitirán evaluar con precisión aspectos clave como los costos de inversión y operativos, el rendimiento energético y cualquier otro factor relevante para la toma de decisiones.

1.4.2 Tipo de investigación

1.4.2.1 Descriptivo

La monografía adoptará un enfoque descriptivo para analizar la situación actual del matadero y el procedimiento de cálculo para evaluar la viabilidad de instalar gas natural. Se detallarán aspectos como la infraestructura existente, el consumo de energía y los costos asociados al GLP. Luego, se describirá en profundidad el método de cálculo, que incluirá la recopilación de datos, análisis económico y técnico, y la aplicación de modelos matemáticos. Esta combinación de descripciones proporcionará una base sólida para la investigación y la toma de decisiones con respecto a la transición energética del matadero.

1.4.2.2 Exploratorios

Mediante el estudio exploratorio se podrá recopilar información precedente sobre ciertos aspectos como ser: la accesibilidad y disponibilidad de una red de gas natural que este ubicado por la zona del matadero, así como el lugar donde debe ir la red y también las normas y regulaciones que son necesarias para poder implementar las redes de gas. En el caso de no contar con una red de gas natural traería consigo una inversión adicional para poder implementar la red.

Mediante este tipo de investigación se describirá los problemas y factores positivos para la instalación de gas natural para el matadero de APROCACH de la ciudad de Sucre. Para poder llevar a cabo este estudio es necesario utilizar la técnica de la entrevista a personas expertas en el tema, como también la revisión de documentos, realizar visitas al matadero.

Los resultados obtenidos podrán ayudar a identificar algunos posibles obstáculos o limitaciones que deberán ser considerados durante el diseño y cálculo de la red de gas.

Con la información obtenida se podrá tomar decisiones importantes en la planificación y diseño de la red de gas natural.

1.4.3 Diseño de la investigación

La metodología usada tendrá un diseño no experimental, el cual se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, una investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos.

En un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador. Este diseño no experimental será de tipo transversal, se recolectarán datos en un solo momento, en un tiempo único. El propósito es describir variables, y analizar su interrelación.

1.4.4 Métodos

1.4.4.1 Métodos bibliográficos

El método bibliográfico será utilizado con la finalidad de poder obtener información sobre los aspectos técnicos, normas, costos y beneficios que llegaría a tener la implementación de una red de gas natural para el matadero. Es importante considerar que la información obtenida debe de ser confiable y actualizada, al identificar esta información se podrá hallar experiencias exitosas en instalaciones similares al de la propuesta de esta manera se podrá identificar buenas prácticas que ya fueron adoptadas en otros países.

También se destinará a la revisión de documentos, noticias, internet, libros y otras, acerca de métodos para medir el nivel de riesgo, seguridad y conceptos relacionados con el trabajo de investigación, los cuales ayudaran en las diferentes etapas de la investigación.

1.4.4.2 Método analítico

El método analítico será utilizado con la finalidad de analizar y evaluar diferentes aspectos técnicos y económicos que implica el diseño de una red de gas natural. Dentro de las mismas se analizará los costos de instalación y operación de la red de gas natural comparando con el uso de garrafas de gas licuado de petróleo e identificar los costos fijos y variables que implica

el diseño. También será importante analizar los requerimientos de instalación del gas natural las cuales son: la demanda energética necesaria, la presión necesaria para las operaciones que se desarrollan en el matadero.

Otro aspecto que se analizara mediante el uso de este método será la seguridad de la instalación dentro de la misma se considerara aspectos como la prevención de fugas, detección de fugas y control de incendios.

1.4.5 Técnicas e instrumentos

En el presente trabajo se realizará un estudio de casos, que consiste en un análisis detallado y profundo de uno o varios casos específicos referentes al tema propuesto. Además, se realizará un análisis documental, que involucra la revisión y análisis crítico de documentos, proyectos, tesis, archivos y registros relevantes para la investigación.

➤ Entrevista

La entrevista se posiciona como una técnica fundamental para recopilar datos de relevancia que puedan ser aplicados en el diseño y cálculo de una red de gas natural destinada al matadero APROCACH. Se llevarán a cabo dos tipos de entrevistas: una dirigida a ingenieros especializados en la instalación de gas natural, con el propósito de obtener información valiosa y detallada sobre las mejores prácticas y consideraciones técnicas.

La segunda entrevista estará dirigida a los responsables del matadero, con el fin de entender las necesidades específicas de la instalación de una red de gas. Se buscará identificar en qué áreas específicas del matadero es necesaria la implementación de la red de gas natural, asegurando así una cobertura integral y efectiva de las demandas de energía en el establecimiento.

➤ Excel y PIPESIM

Para la ejecución de este proyecto, se hará uso de boletines informativos, así como de hojas de cálculo en Excel que contendrán los análisis realizados.

Para el estudio se empleará el simulador PIPESIM, que es una herramienta de cálculo, esto permitirá obtener resultados y analizados respectivamente. Mediante el apoyo del Excel se podrá realizar el análisis de costos, de resultados importantes.

CAPÍTULO II: DESARROLLO

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1.1 Gas Natural

El gas natural es una mezcla de gases entre los que se encuentra en mayor proporción el metano. La proporción en la que se encuentra este compuesto es del 75% al 95% del volumen total de la mezcla. El resto de los componentes son etano, propano, butano, nitrógeno, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, helio y argón. (Foro Nuclear 2015)

El gas natural es una fuente de energía mucho más económica que cualquier otro combustible fósil. Además, es muy versátil, ya que está listo para usar en casas, oficinas, vehículos, industrias y plantas de generación de energía eléctrica. Asimismo, es muy usado en la industria siderúrgica y en la petroquímica, para elaborar plásticos, fertilizantes y miles de productos.

En cuanto al aspecto ambiental, el gas natural es un combustible muy limpio y eficiente: tiene menos emisiones que el carbón o el petróleo, no tiene emisiones atmosféricas de dióxido de carbono, y mínimas emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos reactivos, óxidos de nitrógeno y dióxido de carbono comparadas con la combustión de otros combustibles fósiles. (MDAR 2016)

Figura 1

Consumo de gas natural en uso domiciliario.



Nota: Entre los usos más comunes que se le da al gas natural, es el de uso domiciliario.

(MDAR 2016)

En la siguiente Tabla 1 se detalla la composición que comúnmente presenta el gas natural, donde en mayor porcentaje se encuentra el metano.

Tabla 1

Composición del Gas Natural

Componente	Composición (%)	Estado natural
Metano (CH ₄)	95,08	Gas
Etano (C ₂ H ₆)	2,14	Gas
Propano (C ₃ H ₈)	0,29	Gas licuable
Butano (C ₄ H ₁₀)	0,11	Gas licuable
Pentano (C ₅ H ₁₂)	0,04	Líquido
Hexano (C ₆ H ₁₄)	0,01	Líquido
Nitrógeno (N ₂)	1,94	Gas
Gas carbónico (CO ₂)	0,39	Gas

Nota: Elaboración propia a base de **(Arias 2006)**

2.1.1.2 Propiedades del gas natural en Bolivia

El producto comercializado como gas natural, es principalmente una mezcla de metano y etano, con una pequeña fracción de propano. Sus propiedades varían según la composición específica, pero generalmente incluyen:

a) Composición Principal:

El componente principal del gas natural es metano (CH_4), que constituye la mayor parte de su composición. Sin embargo, también puede contener pequeñas cantidades de otros hidrocarburos como etano, propano, butano y trazas de gases inertes. (Pilco Nuñez 2010)

b) Incoloro e Inodoro:

El gas natural es incoloro e inodoro en su estado natural. Para su detección, se le agrega un compuesto odorante (generalmente mercaptano) antes de su distribución para facilitar la identificación de posibles fugas. (Pilco Nuñez 2010)

c) Ligero y No Tóxico:

Es más ligero que el aire, lo que significa que tiende a elevarse y dispersarse en la atmósfera en caso de fugas. Además, en su forma natural, el gas natural no es tóxico. (Pilco Nuñez 2010)

d) Alta Eficiencia Energética:

El gas natural es una fuente de energía eficiente. Al quemarse, produce una cantidad significativa de energía en comparación con su volumen, emitiendo menos dióxido de carbono (CO_2) en comparación con otros combustibles fósiles. (Pilco Nuñez 2010)

e) Bajo Contenido de Impurezas:

Por lo general, el gas natural tiene un contenido muy bajo de impurezas, lo que facilita su combustión más limpia en comparación con otros combustibles fósiles. (Pilco Nuñez 2010)

f) Inflamabilidad:

El gas natural es inflamable en concentraciones específicas en el aire. Su rango de inflamabilidad es más estrecho en comparación con otros gases, lo que lo hace relativamente seguro en términos de manipulación y almacenamiento. (Pilco Nuñez 2010)

g) Versatilidad de Uso:

El gas natural se utiliza para una variedad de aplicaciones, incluyendo generación de electricidad, calefacción residencial y comercial, cocinas, agua caliente, y como combustible para vehículos. (Pilco Nuñez 2010)

h) Menor Emisión de Contaminantes:

En comparación con otros combustibles fósiles, el gas natural emite menos dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), y partículas, lo que contribuye a una menor contaminación atmosférica. (Pilco Nuñez 2010)

i) Reservas Mundiales:

Las reservas de gas natural son abundantes en todo el mundo, lo que lo convierte en una fuente de energía accesible y potencialmente sostenible a largo plazo.

Estas propiedades hacen del gas natural una opción atractiva como fuente de energía en diversas aplicaciones, destacando su eficiencia y su menor impacto ambiental en comparación con otros combustibles fósiles. (Pilco Nuñez 2010)

2.1.1.3 Usos del Gas Natural

El gas natural tiene una amplia variedad de usos en diferentes sectores debido a sus propiedades versátiles y su eficiencia como fuente de energía (Zoilo Rios Group 2018). Aquí se detallan algunos de los usos más comunes:

- a) Generación de Electricidad:** El gas natural se utiliza extensamente en plantas de generación de electricidad para producir energía eléctrica de manera eficiente y con menores emisiones de carbono en comparación con otros combustibles fósiles.
- b) Calefacción Residencial y Comercial:** Es una fuente popular de calefacción en hogares y edificios comerciales. Se utiliza en sistemas de calefacción central, calderas y estufas.
- c) Agua Caliente y Cocina:** Se emplea en sistemas de calentamiento de agua y cocinas tanto en hogares como en la industria alimentaria.
- d) Industria:** Muchas industrias utilizan gas natural como fuente de energía para procesos industriales, como la fabricación de acero, la producción de cerámica y la generación de vapor en procesos químicos.
- e) Vehículos a Gas Natural (GNV):** En algunos lugares, se utiliza gas natural comprimido (GNC) o gas natural licuado (GNL) como combustible para vehículos, ya que es más limpio en términos de emisiones.
- f) Generación de Calor para Procesos:** En la industria, el gas natural se utiliza para generar calor en diversos procesos, como el secado de productos, la destilación y la producción de alimentos.

- g) Fertilizantes y Químicos:** El gas natural es una materia prima clave en la producción de amoníaco, utilizado en la fabricación de fertilizantes, y en la síntesis de diversos productos químicos.
- h) Plantas de Gas Natural Licuado (GNL):** Se utiliza en la cadena de suministro de gas natural, donde se licúa para facilitar el transporte y almacenamiento a larga distancia.

La versatilidad del gas natural y su papel como una fuente de energía más limpia lo convierten en una opción crucial en la transición hacia formas más sostenibles de energía. Su uso contribuye a la reducción de emisiones y a la eficiencia en diversas aplicaciones.

2.1.1.4 Usos más comunes del gas natural

- a) Aplicación Doméstica y comercial:** En el sector doméstico y comercial, el gas natural se utiliza sobre todo para el suministro de agua caliente y calefacción, y en cocinas. También se usa en lavadoras bitérmicas, un poco más caras, pero entre un 20 y un 50% más eficiente energéticamente que las convencionales, ya que introducen en la lavadora el agua caliente procedente de la caldera de gas natural de la vivienda, en lugar de usar electricidad para calentar el agua.
- b) Aplicación Industrial:** los principales sectores industriales donde se propicia la utilización de gas son: Cerámica, vidrio, porcelana, textil, papel, y en especial, en la industria química donde además de fuente de calor es importante para la obtención de hidrogeno, amoniaco, metanol.
- c) Cogeneración Termoeléctrica:** consiste en la producción simultánea de energía mecánica o eléctrica y de calor útil, obteniéndose los máximos beneficios cuando los consumos térmicos y eléctricos se encuentran físicamente próximos.

2.1.1.5 Sistema de Transporte de Gas Natural

El sistema de transporte de gas natural es un componente esencial de la cadena de suministro que facilita el traslado eficiente y seguro de este recurso desde los puntos de producción hasta los consumidores finales. Este sistema implica una infraestructura compleja y especializada que puede variar en función de la distancia, la cantidad de gas transportado y otros factores.

Figura 2

Transporte de hidrocarburos por tuberías de acero negro al carbón de la red primaria



Fuente: (Arias 2006)

Aquí se describen los elementos clave de un sistema de transporte de gas natural:

a) Gasoductos

Los gasoductos son tuberías diseñadas para transportar grandes volúmenes de gas natural a largas distancias. Pueden ser de alta presión para el transporte a larga distancia o de baja presión para distribución local. Los gasoductos pueden ser enterrados o aéreos, dependiendo de las condiciones geográficas y ambientales. Se incluyen en esta definición las líneas de transporte y recolección de gas, incluyendo sus complementos o accesorios que se hayan instalado costa fuera para el transporte de gas desde las instalaciones de producción a localidades en tierra y equipos de almacenamientos de gas del tipo de tubería cerrada, que se fabrican o se forjan de tubería o se fabrican con tubería y accesorios. (Fernandez Pintado 2021)

b) Red Primaria de Gas Natural

La "red primaria de gas natural" hace referencia a la infraestructura local que distribuye el gas natural desde la línea de suministro principal hasta áreas específicas, como comunidades urbanas o industriales. Esta red primaria es esencial para llevar el gas natural a usuarios finales y constituye un paso crucial en la entrega del recurso a nivel local. Aquí se describen los componentes clave de una red primaria de gas natural:

Figura 3

Red primaria de Gas Natural



Fuente: Obtenido de (mantenimiento de ductos de la red primaria de YPFB, 2023).

- **Red de Distribución:** La red primaria se compone de una serie de tuberías de distribución que conectan los puntos de entrega de la línea principal de gas natural con los consumidores locales. Estas tuberías suelen ser de menor diámetro que los gasoductos de alta presión utilizados en la línea principal.
- **Válvulas y Reguladores de Presión:** A lo largo de la red primaria, se instalan válvulas y reguladores de presión para controlar el flujo de gas y garantizar que la presión sea adecuada para su uso seguro en aplicaciones residenciales, comerciales e industriales.
- **Estaciones de Medición y Regulación (EMR):** En puntos estratégicos de la red, se colocan estaciones de medición y regulación para monitorear y ajustar el flujo de gas, así como medir con precisión la cantidad de gas que se distribuye a diferentes áreas.
- **Puntos de Entrega:** La red primaria se conecta a puntos de entrega, desde donde se suministra gas natural a usuarios finales. Estos puntos pueden incluir instalaciones comerciales, industrias, instituciones y, especialmente, conexiones residenciales.
- **Sistemas de Seguridad y Detección de Fugas:** Se implementan sistemas de seguridad avanzados, como sensores y dispositivos de detección de fugas, para garantizar la seguridad y responder rápidamente a cualquier anomalía.
- **Conexiones a Usuarios Finales:** La red primaria se conecta a la infraestructura de distribución interna de edificaciones y hogares a través de conexiones individuales, permitiendo el suministro directo a equipos y sistemas de gas en el lugar.

La red primaria de gas natural desempeña un papel esencial en la distribución local de este recurso energético, brindando acceso a una variedad de usuarios finales y contribuyendo al suministro de energía de manera segura y confiable en diferentes entornos

2.1.1.6 Puente de regulación y medición

El Puente de Regulación y Medición primario se construirá por medio de uniones soldadas, admitiéndose sólo el uso de elementos roscados, tales como válvulas reguladoras de presión, válvulas de seguridad (corte o alivio), válvulas de control, filtros, instrumentos y válvulas de bloqueo, para diámetros menores a 50 mm (2") D.N. Para diámetros superiores, todos los elementos deberán ser aptos para soldar o para instalarse entre bridas, salvo la instrumentación. Las uniones soldadas a tope en Puentes de Regulación y Medición se deberán radiografiar al 100% de las soldaduras. Los otros tipos de soldaduras deberán someterse a pruebas de tintas penetrantes o ultrasonido. (A. N. (ANH) 2017)

Figura 4

Esquema de un puente de regulación y medición

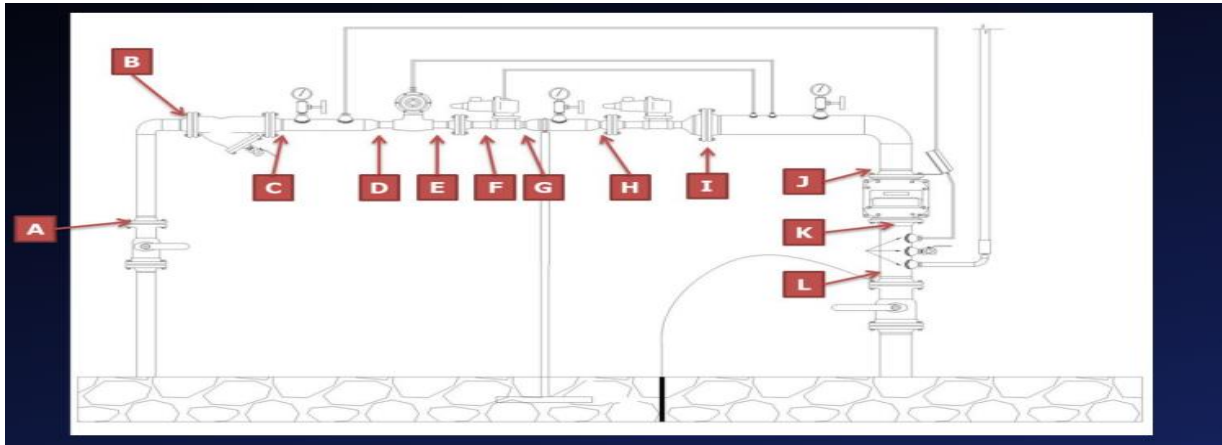


Fuente: Recopilado de (IMET, 2022)

2.1.1.7 Diagrama de carga PRM

El diagrama de cargas representará mediante bloques el trazo del flujo en el puente de regulación y medición desde la válvula de entrada hasta la válvula de salida. El diagrama de cargas se efectuará en cada carretel spool del puente de regulación y medición. (Gutierrez 2023)

Figura 5
Esquema de diagrama de carga PRM



Nota: Partes de un puente de regulación y medición (PRM)

2.1.1.8 Partes de un PRM

a) Medidor

La función del medidor es la de determinar la cantidad de gas que ingresa al PRM para posteriormente tener el monto de pago a la empresa distribuidora de gas natural. Este tipo de medidores se utiliza para gases sin humedad y lampos para un adecuado funcionamiento. No debe utilizarse para instalaciones de acetileno o biogás

El funcionamiento dos impulsores que giran en sentidos opuestos están contenidos en una cámara de medición rígida con compuertas de entrada y salida en lados opuestos de la cámara. La precisión en el sistema de engranajes que emplean los impulsores los mantiene en una posición relativa adecuada para la operación óptima de la medición. (Chumacero 2014)

b) Contador digital del medidor

El gas que ingresa a la cámara del medidor mueve los impulsores que posee, estos impulsores transmiten el giro a un contador digital o analógico, mediante un sistema de engranajes, con el cual se cuantifica la cantidad de gas que pasa por el medidor (Chumacero 2014)

c) Válvulas

Las válvulas son accesorios que bloquean y permiten el paso de gas y deben instalarse a la entrada del PRM, aguas arriba y aguas abajo para poder cortar el suministro de gas si se presentara cualquier inconveniente. (Chumacero 2014)

Pueden ser válvulas: de bola, de diafragma o de mariposa.

d) Filtros

Los filtros deben separar cualquier impureza existente del gas natural dado que estas pueden causar problemas en los equipos a proveer gas natural o en el mismo PRM. Los filtros tipo Y tienen una bifurcación, una de las cuales es cerrada y en ella se encuentra un filtro cilíndrico la cual retiene todo tipo de impurezas sin alterar o cortar el flujo del fluido. (Chumacero 2014)

e) reguladores

Son los encargados de estabilizar la presión del gas, algunos reguladores constan también de una válvula de alivio para evitar que altas presiones dañen el PRM.

En la construcción del regulador, la presión de salida se registra debajo del diafragma. Siempre que la presión de salida sea menor que la presión establecida, la fuerza del resorte del diafragma ocasiona que la palanca mantenga la válvula abierta. Cuando la presión de salida excede la presión establecida, el diafragma se mueve para comprimir el resorte y la palanca cierra la válvula hasta que la presión de salida regresa al valor de presión establecida. (Chumacero 2014)

f) Filtros.

Debe preverse la colocación de filtros o separadores de polvo tipo seco, aguas arriba de la regulación con el fin de evitar inconvenientes que se originarían por la presencia de partículas sólidas mayores que 80 micrones. (Chumacero 2014)

g) Válvulas de bloqueo

Todas las válvulas de bloqueo serán aptas para resistir la presión de diseño de los tramos en que se encuentran colocadas. Además, las válvulas situadas aguas abajo de una válvula reguladora de presión, que no estuvieran protegidas por válvulas de seguridad, deberán ser aptas para soportar la máxima presión de entrada a dicho regulador. (Chumacero 2014)

h) Dispositivos de seguridad.

Para proteger a la instalación en los casos de elevaciones de presión ocasionadas por desperfectos de los reguladores, se deberá contar con alguno los dispositivos de seguridad detallados más abajo. (Chumacero 2014)

2.1.1.9 Criterio y análisis hidráulicos para la red primaria

Se hará el diseño con los reglamentos establecidos en Bolivia siguiendo los Anexos compartidos por la ANH además del Artículo 16 del Reglamento de Diseño, Construcción, Operación de redes de Gas Natural e Instalaciones Internas de 15 de mayo del 2014.


Artículo 16°. - (Procedimiento de ampliación) Para construir nueva infraestructura de distribución o ampliar la existente, tanto en las Redes Primarias, Redes Secundarias o en Estaciones Distritales de Regulación, deberá presentar al Ente Regulador con una anticipación no menor a cinco (5) días hábiles administrativos antes del inicio de obras, el proyecto de ingeniería que a su vez estará integrado por los siguientes requisitos:

- a) Plano de planta de la trayectoria de la línea (Red Primaria y/o Red Secundario indicación: de calles y avenidas, materiales de tuberías y accesorios, diámetros internos, longitudes entre nodos, tipo de válvulas;
- b) Plano en elevación para Redes Primarias con diferencias de elevación en su trazo mayores a los treinta (30) metros entre dos puntos;
- c) Plano de ubicación del área o lugar de ejecución de la obra;
- d) Memoria de cálculo hidráulico incluyendo fórmulas y parámetros de cálculo para el dimensionamiento de Redes Primarias y/o Redes Secundarias y diámetros;
- e) Número de Usuarios beneficiarios y proyección de la demanda de Gas Natural para los siguientes cinco (5) años;
- f) Cronograma estimado de ejecución de las obras civiles y/o mecánicas expresado en días calendario;
- g) Especificaciones técnicas de construcción de obras civiles, obras mecánicas y procedimientos de pruebas de resistencia y hermeticidad.

2.1.1.10 Diseño y materiales para la construcción de red primaria

Para el tendido de la línea se usarán las tuberías de acero para nuestra Red Primaria cumpliendo los requisitos siguientes que dicta el Anexo 1 de la ANH.

a) Materiales

-  Cada componente de una tubería debe ser capaz de soportar las presiones de operación y otras cargas previstas sin detrimento de su eficacia con tensiones unitarias equivalentes a las admisibles para tubos de material comparable en la misma trayectoria y Clase de Trazado. No obstante, si no fuera posible el diseño basado en

las tensiones unitarias para un componente particular, el diseño podrá basarse en un régimen de presión establecido por el fabricante sometiendo a ese componente, o a un prototipo del mismo, a ensayos de presión.

- ✚ Los materiales a ser usados deberán contar con la certificación de producto correspondiente.
- ✚ Todos los componentes deben ser del mismo material que la tubería de conducción del gas así mismo el componente de polietileno de los accesorios de transición, salvo que precisamente se trate de un accesorio de transición entre dos materiales distintos.
- ✚ Todos los materiales de los accesorios deben ser compatibles en sus propiedades y características con el material de la tubería en el cual se instalarán.

2.1.1.11 Diseño matemático de la red primaria

Según el ANEXO 1 de la ANH, para el diseño de la red primaria se podrá emplear la ecuación de Weymouth para diámetros comprendidos entre 2 hasta 12 pulgadas. A continuación, se muestra la ecuación.

a) Ecuación de Weymouth

$$Q = 3,7435 \times 10^{-3} E \times \left(\frac{T_b}{P_b}\right) \times \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{GT_m LZ}\right)^{0,5} \times D^{2,667} \quad (1)$$

Donde:

Q = Caudal en condiciones estándar, (m³/día)

E = Factor de eficiencia de la tubería, un valor decimal menor o igual que 1, (unidimensional)

T_b = Temperatura base, K (273+°C)

P_b = Presión base, (kPa)

P_1 = Presión absoluta de entrada, (kPa)

P_2 = Presión absoluta de salida, (kPa)

G = Gravedad específica del gas, (adimensional)

T_m = Temperatura promedio de flujo del gas, K (273+°C)

L = Longitud de tubería, (km)

Z = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

D = Diámetro interno de la tubería, (mm)

b) Corrección por diferencia de nivel

Para calcular el caudal de la tubería tomando en cuenta la elevación en su recorrido, la ecuación de Weymouth incorpora un parámetro de ajuste:

$$Q = 3,7435 \times 10^{-3} E \times \left(\frac{T_b}{P_b}\right) \times \left(\frac{P_1^2 - P_2^2}{GT_m L_e Z}\right)^{0,5} \times D^{2,667} \quad (2)$$

La longitud equivalente tiene la siguiente expresión:

$$L_e = \frac{L * (e^s - 1)}{s} \quad (3)$$

$$s = 0,0684 \times G \times \left(\frac{H_2 - H_1}{T_m \times Z}\right) \quad (4)$$

Donde:

L_e = Longitud equivalente de tubería, (km)

H_2 = Elevación de la tubería de salida, (m)

L = Longitud de tubería, (km)

P_2 = Presión absoluta de salida, (kPa)

s = Parámetro de ajuste por elevación, (adimensional)

T_m = Temperatura promedio de flujo del gas, K (273+°C)

e = Base del logaritmo natural, (e=2.718...)

Z = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

H_1 = Elevación de la tubería de entrada, (m)

c) Velocidad de flujo

En general la velocidad en cualquier punto "i" de la tubería está dada por:

$$v = 14,7349 \times \left(\frac{Q}{D^2}\right) \times \left(\frac{P_b}{T_b}\right) \times \left(\frac{ZT_i}{P_i}\right) \quad (5)$$

Donde:

Q = Caudal en condiciones estándar, (m3/día)

Z = Factor de compresibilidad del gas, (adimensional)

D = Diámetro interno de la tubería, (mm)

T_i = Temperatura promedio de flujo del gas en el punto i, K (273+°C)

T_b = Temperatura base, K (273+°C)

P_i = Presión en el punto i de la tubería, (kPa)

P_b = Presión base, (kPa)

d) Velocidad Erosional

Al crecer la velocidad, se pueden presentar ruidos y vibraciones. Adicionalmente altas velocidades pueden causar erosiones en el interior de la tubería a lo largo del tiempo. El límite máximo de la velocidad del gas es usualmente calculado aproximadamente por la siguiente ecuación:

$$v_e = 1,22 \frac{C}{\sqrt{\rho}} \quad (6)$$

v_e = Velocidad erosional de flujo, (m/s)

C = Constante empírica, se aplica un valor de 100 para servicio continuo y 125 para servicio intermitente, (adimensional)

$\sqrt{\rho}$ = Densidad del gas a temperatura de flujo, (kg/m³)

Para evitar la alta velocidad del gas en las tuberías, lo que traería aparejado un importante desgaste, pérdida de carga, ruido y movimiento del polvo contenido en el gas, se limitarán a los siguientes valores, según su presión y zona de red:

- 🚧 En tramos de red nueva: 20 m/s
- 🚧 En tramos de equipos de medición: 15 m/s
- 🚧 En tramos extremos de la red sin posibilidad de expansiones: 40 m/s

La velocidad en la red en ningún caso deberá superar a la velocidad erosional.

2.1.1.12 Criterios y análisis para el diseño de la tubería para la red primaria

Se realiza un análisis exhaustivo del impacto que el diámetro de la tubería, el espesor de la pared, el material de construcción y los requisitos de seguridad específicos establecidos por códigos de diseño y regulaciones federales pueden tener. Además, se atienden los requisitos de prueba y la clasificación de las tuberías según su proximidad a áreas residenciales, instalaciones industriales y densidad poblacional, conforme a las directrices proporcionadas en el Anexo 1 de la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH).

2.1.1.13 Cálculo de espesores

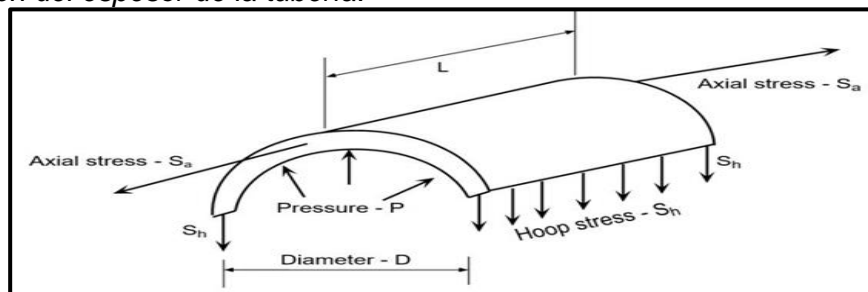
El espesor mínimo de la pared necesario para resistir la presión interna en un conducto de gas dependerá de varios factores, incluyendo la presión del gas, el diámetro de la tubería y el material de la misma. A medida que la presión o el diámetro aumenten, será necesario un espesor de pared mayor. Por otro lado, los conductos de acero de alta resistencia requerirán un espesor de pared menor para soportar una presión determinada en comparación con materiales de menor resistencia. La ecuación de Barlow es comúnmente empleada para calcular este espesor de pared necesario en función de la presión interna. (Gutierrez 2023)

2.1.1.14 Ecuación de Barlow

Cuando una tubería circular está sometida a presión interna, el material de la tubería experimentará dos tipos de tensiones en ángulos rectos entre sí. La mayor de estas tensiones se denomina tensión circunferencial, que actúa a lo largo de la dirección circunferencial de la tubería. La otra tensión es el esfuerzo longitudinal, también denominado esfuerzo axial, que actúa en una dirección paralela al eje de la tubería. Como se demostrará más adelante, la tensión circunferencial máxima, S_h , es el factor determinante para el cálculo del espesor de pared mínimo requerido para una presión interna dada. (Arias 2006)

Figura 6

Determinación del espesor de la tubería.



Fuente: Imagen obtenida de (Neyra Chocce 2018).

En su forma básica, la ecuación de Barlow relaciona la tensión circunferencial en la pared de la tubería con la presión interna, el diámetro de la tubería y el espesor de la pared de la siguiente manera:

$$S_h = \frac{P \times D}{2 \times t} \quad (7)$$

Donde:

S_h = Tensión circunferencial en el material de la tubería, Psi.

D = Diámetro externo de la tubería, in.

t = Espesor de la tubería, in.

P = Presión interna de la tubería, Psi.

2.1.1.15 El programa PIPESIM

Es un programa que diseña la red de distribución de los derivados del petróleo la cual nos permite realizar los cálculos de los diámetros, presión y temperatura de la red a diseñar

Optimiza el diseño de redes de tuberías del sistema de recolección de petróleo de la boca del pozo. (Thomas 2015)

2.1.1.16 Aplicación del programa PIPESIN en la monografía

En la propuesta de cambio energético de GLP a Gas Natural el programa PIPESIM nos permite diseñar la red, calcular el caudal, diámetro y la presión requerida desde la red primaria hasta la línea del previo del matadero, con los datos obtenidos del matadero los caudales que requieran todos los equipos que funcionan con GLP y así optimizar el suministro de gas natural mejorando su funcionamiento y su productividad. (Iceasca 2003)

2.1.1.17 Marco normativo.

a) Normas, códigos y estándares para la ejecución de la obra

La ejecución de estos trabajos se llevará a cabo conforme a las normas aceptadas para la instalación de facilidades destinadas a la regulación y medición del gas natural. El objetivo es garantizar el óptimo funcionamiento y la seguridad de dichas instalaciones, así como maximizar la prevención de riesgos y la protección del medio ambiente en el área de ubicación.

Además, las actividades de construcción de la obra estarán sujetas y cumplirán estrictamente con la legislación vigente en materia de hidrocarburos, el reglamento ambiental correspondiente al sector y la normativa ambiental general. Es imprescindible observar y cumplir estos aspectos en su totalidad.

Según el ANEXO 1 de la Agencia Nacional de Hidrocarburos aprobado en RAN-ANH-UN N° 0016/2015, indica que “Una Red Primaria es un sistema de Distribución de Gas Natural que opera a presiones mayores a 4 bar hasta 42 bar inclusive, compuesta por tuberías de acero, válvulas, accesorios y cámara de válvulas, que conforman la matriz del sistema de distribución”. Y tomando en cuenta la presente norma de la ANH se considera la siguiente normativa: (A. N. (ANH) 2017)

- ✚ API-Standard 6D: Especificación para válvulas.
- ✚ API-Standard 5L: Especificación para tubos de línea
- ✚ ASTM-Specification A53: Especificaciones de normas de cañerías de acero soldadas y sin costura, negra o galvanizada por baño caliente.
- ✚ ANSI – B 16.5: Bridas para tubos y accesorios a bridas de acero.
- ✚ NAG-108: Revestimiento anticorrosivo de tuberías y accesorios.
- ✚ NAG-165: Normas mínimas de seguridad para obras y trabajo.
- ✚ NAG-100: Normas argentinas mínimas de seguridad para el transporte y distribución de gas natural y otros gases por Cañerías.

🚧 ASME B31.8: Sistemas de tuberías para transporte y distribución de gas.

b) Reglamentos

El presente Reglamento establece los requisitos mínimos de seguridad en la construcción de Redes de Gas Natural, que se aplicarán en todo el territorio nacional, siendo de observancia obligatoria para las personas Naturales y/o Jurídicas involucradas en la actividad. Comprende, asimismo, la normalización permitida para el empleo de los materiales a incorporar a las obras mencionadas, hasta el límite del servicio de Distribución de Gas Natural en redes primarias y redes secundarias (A. N. (ANH) 2017)

c) Normas de construcción

Es el Reglamento de Diseño, Construcción, Operación de Redes de Gas Natural e Instalaciones Internas que contiene las normas técnicas y operativas de los sistemas de Distribución de Gas Natural por Redes. (A. N. (ANH) 2017)

- API-Standard 6D: Especificación para válvulas.
- API-Standard 5L: Especificación para tubos de línea.
- ASTM-Specification A 53: Especificaciones de normas de cañerías de acero soldadas y sin costura, negra o galvanizada por baño caliente.
- ASTM-Specification A 106: Especificaciones de normas para tubos de acero al carbono sin costura, para servicio en altas temperaturas.
- ASTM-Specification A 372: Especificaciones de normas para piezas forjadas de acero al carbono y aleado para recipientes a presión de pared delgada.
- ANSI – B 16.1: Bridas para tubos y accesorios a brida de fundición de hierro.
- ANSI – B 16.5: Bridas para tubos y accesorios a bridas de acero.
- NFPA 30: Código de líquidos inflamables y combustibles.
- NFPA 30: Código de líquidos inflamables y combustibles.
- NFPA 70: Código Eléctrico Nacional
- NAG-105: Bases para la calificación de soldadores y operadores de soldadura por arco eléctrico y especificaciones de procedimientos.
- NAG-108: Revestimientos anticorrosivos de tuberías y accesorios.
- NAG-109: Normas para el almacenamiento de tubos de acero revestido y sin revestir.
- NAG 124: Procedimiento general para pruebas de resistencia y hermeticidad de gasoductos. IRAM-IAS U 500 - 2613: Tubos de acero al carbono soldado y sin costura, cincados por inmersión en caliente o sin cincados, para conducción de fluidos.

- BGC/PS/PL2: Especificación para tubos y accesorios de polietileno (PE) para Gas Natural y gas manufacturado apropiado. Parte 1- Tubos.
- D.S. 29018: Reglamento de Transporte de Hidrocarburos por Ductos. (A. N. (ANH) 2017)

2.1.2 MARCO CONTEXTUAL

2.1.2.1 Ubicación del lugar de aplicación

El Matadero APROCACH se encuentra en la comunidad de Ckochis, denominado también tranca de Ckochis, cuyas coordenadas de ubicación se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 2

Coordenadas geográficas de ubicación del matadero APROCACH

Latitud	-19,132598
Longitud	-65,204860

Fuente: Información obtenida de Google Map, 2024.

La imagen que se presenta a continuación ofrece una visión detallada del terreno en el cual se encuentra situado el matadero. En este paisaje, podemos apreciar los distintos elementos que conforman el entorno del establecimiento, tales como edificaciones, áreas de trabajo, accesos viales y posibles infraestructuras auxiliares. Esta vista proporciona una comprensión más completa del entorno físico en el que opera el matadero, lo que puede resultar útil para evaluar su ubicación y su relación con el entorno circundante.

Figura 7

Vista satelital del matadero APROCACH para su ubicación.



Fuente: Imagen obtenida de Google Map, 2024.

2.1.2.2 Propósitos

a) Misión

Tenemos como misión contribuir a mejorar la nutrición de las personas ofreciendo una amplia variedad de productos cárnicos, inocuos y de máxima calidad. Esto se lleva a cabo gracias a nuestro proceso integrado de producción que nos permite transformar la proteína vegetal en proteína animal. Además, nos comprometemos a mantener el origen del grupo empresarial, basado en la búsqueda constante de mejoras en la alimentación animal, a través de la distribución de alimentos de primera necesidad con todas las garantías de calidad y seguridad.

Gestionaremos nuestras tres líneas de negocio: explotaciones de carne porcina y vacuno y la transformación de la sangre de los animales faenados en abono orgánico, de manera que crean valor dentro y fuera de la empresa. (zambrana, fundacion de aprocach 1997)

b) Visión

Nuestro objetivo es convertirnos en una empresa de referencia en la elaboración de productos cárnicos de calidad procedentes del cerdo y el vacuno, para lograrlo seguiremos apostando por nuestras marcas APROCACH, convirtiéndolas en un símbolo de calidad e innovación reconocido por nuestros consumidores, empleados, clientes, proveedores y

todos los grupos de interés relacionados con la actividad del Grupo. (zambrana, fundacion del matadero 1997)

c) Valores

Calidad

Trabajamos cada día, no para adaptarnos al cambio, sino para ser parte del mismo. Ofrecemos a nuestros clientes productos auténticos y de calidad, cumpliendo con los requisitos legales y las especificaciones vigentes. (zambrana, fundacion del matadero 1997)

Honestidad, integridad e igualdad

Nos relacionamos con las personas con humildad, de forma cercana y auténtica, tratándoles y ofreciéndoles oportunidades y/o nuestros servicios en igualdad de condiciones, con la meta puesta en el cumplimiento de la promesa que hemos adquirido con nuestra plantilla, el mercado y con la sociedad. (zambrana, fundacion del matadero 1997)

Responsabilidad medioambiental y sostenibilidad

Creemos que es posible transformar positivamente el mundo que nos rodea, y por eso trabajamos para mejorar la huella medioambiental, social y emocional de nuestra asociación. (zambrana, fundacion del matadero 1997)

Perseverancia

Mantenemos una actitud de constancia, haciendo frente a las adversidades, dificultades o retos a los que nos enfrentamos cada día con motivación, velando por los resultados a largo plazo de la asociación y adecuándonos a las necesidades de nuestros clientes y proveedores. (zambrana, fundacion del matadero 1997)

2.1.2.3 Organigrama de la planta



2.1.2.4 Suministro de GLP

El suministro de GLP es por medio de camiones de distribución que es suministrado cada semana dejando un aproximado de 60 a 65 garrafas de GLP entre 11.5 Kg y 45.5 Kg, durante el mes en la cual deja un aproximado de 240 a 250 garrafas entre 11.5 Kg y 45.5 Kg

En la actualidad el matadero utiliza grandes cantidades de GLP lo que implica varias desventajas.

- El GLP está recomendado solo para zonas de clima templado ya que su temperatura de congelamiento ronda los 0°C, además GLP es más pesado que el Gas Natural lo que implica cuando hay una contaminación en el ambiente donde se encuentra el GLP se tiende a bajarse al piso, mientras tanto el Gas Natural tiende a subir hacia la atmosfera así evitando una acumulación de Gas en el ambiente. Su contaminación del Gas Natural es relativamente baja a comparación del GLP.
- El suministro del GLP al matadero presenta una complicación por la distancia que se encuentra el punto de engarrafado.

- Económicamente el Gas Licuado del Petróleo es más caro a comparación del Gas Natural tenemos un suministro continuo y las presiones reguladas para que pueda ser utilizada con mayor facilidad en los equipos que se encuentran dentro del matadero.
- La instalación del Gas Natural proporcionara grandes cambios y muchas ventajas, económicamente podrá disminuir significativamente su costo de consumo de energía, tendrá la posibilidad de implantar más equipos para su mejor rendimiento y aumentar su producción, se podrá implementar acondicionamiento de los lugares donde sean necesarios equipos que funcione con gas natural.

2.2 INFORMACIÓN Y DATOS OBTENIDOS

2.2.1 Descripción de lugar y los equipos en funcionamiento

El matadero de APROCACH se encuentra aproximadamente a 10 km de la ciudad de sucre en la comunidad de Ckochis perteneciente a la provincia oropesa que se encuentra en un área urbana. El matadero está equipado con varios equipos que funcionan con la energía de GLP los cuales se describen a continuación, con los cuales proporciona el suministro de carnes porcino y vacuno a la ciudad de sucre y las poblaciones de su entorno, para la parte de agricultura ofrece lo que es el abono de sangre. Lo cual es muy bueno para fertilizar la tierra en momento de la siembra.

2.2.1.1 Tanque que funciona como recepción de sangre

Los equipos que funcionan en el matadero con gas GLP al inicio de la línea de proceso se dispone un tanque que funciona como almacenamiento para la sangre, un tanque con las siguientes dimensiones largo de 2 metros, ancho de 1 metro y una altura de 0.8 metros, a continuación, la cual se muestra en la siguiente figura.

Figura 8

Tanque de reconoció de sangre



Fuente: Recopilado de (APROCACH, 2024)

2.2.1.2 Caldera de vapor en primera etapa

A continuación, se tiene el siguiente equipo de línea de proceso una caldera de vapor que se encarga de la cocción de la sangre e inciso de la deshidratación del mismo al 10%, cuya potencia de trajo es de 1800 kw, con una longitud de altura 1.56 metros y diámetro 0.95 con 8 horas de operación diarias. A continuación, se muestra el equipo.

Figura 9

caldera de vapor



Fuente: Recopilado de (APROCACH, 2024)

2.2.1.3 Caldera de vapor de segunda etapa

Continuando en la línea de proceso se tiene una segunda caldera de vapor de deshidratación de 25 a 30% de deshidratación aproximadamente, cuya potencia de trabajo es de 2500 kw, con las dimensiones de: altura de 2 metros, y el diámetro de 1.5 metros con 8 horas de operación diarias.

Figura 10

Caldera de vapor en segunda etapa



Fuente: Recopilado de (APROCACH, 2024)

2.2.1.4 Equipo presecado en tercera etapa

Posteriormente se tiene el equipo de presecado, que se encarga de centrifugar la sangre, funciona a una potencia 1500kw de trabajo con una deshidratación de 50%, las dimensiones son las siguientes, largo de 1.5 metro y circunferencia de 1.4 metros con 8 horas diarias de operación. A continuación, se muestra el equipo.

Figura 11

Caldera de vapor se presecado



Fuente: Recopilado de (APROCACH, 2024)

2.2.1.5 Equipo de secado en cuarta etapa

Se tiene secado en cuarta etapa, para aumentar el rendimiento del secado para tener el producto hasta 80% de deshidratación, con una potencia de trabajo de 200kw y con las

siguientes dimensiones que son: largo 1.8 metros y diámetro de 1.4 metros con 8 horas de trabajo al día, a continuación, se muestra el equipo.

Figura 12

Secado en cuarta etapa



Fuente: Recopilado de (APROCACH, 2024)

2.2.1.6 Equipo de secado

Por último, se tiene el secado final con una deshidratación al 100% donde se obtiene la harina de sangre en las condiciones requeridas, el equipo cuneta con las siguientes dimensiones que son: de largo 3 metros y diámetro de 1.3 metros con 8 horas de operación diarios, la fotografía obtenida en el matadero se muestra a continuación.

Figura 13

Secado final del proceso



Fuente: Recopilado de (APROCACH, 2024)

2.2.1.7 Producto final de la línea de proceso

Se tiene la harina de sangre que es utilizado como abono, por los agricultores, este producto es de gran ayuda para fertilizar la tierra, a continuación, se tiene una fotografía del producto final.

Figura 14

Harina de sangre



Fuente: Recopilado de (APROCACH, 2024)

2.2.1.8 Caldero de proceso de escaldado

Un "caldero de proceso de escaldado" es un equipo utilizado en mataderos y plantas de procesamiento de carne para escaldar animales antes de pelarlos. Este proceso implica sumergir el animal en agua caliente o vapor para aflojar la piel y facilitar su eliminación, durante la etapa de pelado. Es una máquina que está diseñada para quitar la piel de los animales después de haber sido escaldados. Este proceso de escaldado y pelado es común en el procesamiento de aves de corral y cerdos, donde se busca eliminar eficientemente la piel del animal sin dañar la carne. Las dimensiones que se recolecto en el matadero son: una longitud es largo de 3 metros, ancho 1.5 metros y altura de 0.8 metros. A continuación, se muestra el equipo en la siguiente figura.

Figura 15

Caldera de proceso de escaldado



Fuente: Recopilado de (APROCACH, 2024)

2.2.1.9 Crematorio en el matadero

Un crematorio en el matadero es una instalación utilizada para la disposición final de los animales infectados, donde son calcinados en el crematorio para no proliferar la contaminación entre animales o al medio ambiente.

Figura 16

Crematorio del matadero



Fuente: Recopilado de (APROCACH, 2024)

2.2.2 Determinación de consumo de gas

2.2.2.1 Análisis de consumo de GLP

Actualmente el matadero opera con el suministro de Gas Licuado del Petróleo (GLP) en todos los equipos que requieren de gas, en el proceso de harinado de sangre opera con Gas Licuado del Petróleo (GLP) de 45.5 Kg, cuyo consumo es de 5 garrafas al día, este suministro energético es cada semana, haciendo un total de 35 garrafas en este lapso de tiempo cuyo costo es de 101 bolivianos por cada garrafa de 45.5 kg.

El crematorio tiene un consumo regular de 1 garrafas semanal de 45.5 kilos, ya que es utilizado cuando existe un animal infectado, o los desechos para ser calcinados si son observados por el encargado de sanidad.

Figura 17

Garrafa de GLP 45.5 kilos



Fuente: Recopilado de (APROCACH, 2024)

En el proceso de escaldado se utilizado las garrafas de 11.5 kilos, cuyo valor económico es de 22.5 bolivianos, su consumo semanal es de 24 garrafas, este producto es entregado una vez a la semana, haciendo un total de 88 garrafas mensuales. En la cual el proceso de escalado solo funciona dos veces a la semana usando 12 garrafas diarias, el requerimiento del Gas Licuado del Petróleo (GLP) aumenta en distintas épocas del año lo que genera un consumo más de lo habitual donde se toma encanta el suministro.

Figura 18

GLP de 11.5 kilos



Fuente: Recopilado de (APROCACH, 2024)

En la Tabla 4, se puede observar el consumo diario, semanal y mensual de los diferentes procesos que existen en el matadero, donde se utiliza dos tipos de garrafones uno de 45.5

kilos y otro de 11.5 kilos, los procesos descritos previamente son, proceso harinado de sangre, proceso de escaldado y el crematorio.

Tabla 3

Consumo diario y mensual de GPL en el matadero APROCACH

proceso	consumo de numero de garrafas día	consumo de numero de garrafas semanal	consumo de numero de garrafas mes
Proceso de harinado de sangre	5 garrafas GLP de 45.5 kilos	35 garrafas GLP de 45.5 kilos	140 garrafas de GLP 45.5 kilos
Crematorio	0.5garrafas GLP de 45.5 kilos	2 garrafas GLP 45.5 kilos	8 garrafas GLP de 45.5 kilos
Proceso de escaldado	12 garrafas GLP de 11.5 kilos	24 garrafas GLP 11.5 kilos	96 garrafas de GLP 11.5 kilos
Total	5.5 garrafas de 45.5 kg	37 garrafas de 45.5 kg	148 garrafas de GLP 45.5 kilos
Total	12 garrafas de 11.5 kg	24 garrafas de 11.5 kg	96 garrafas de GLP 11.5 kilos

Nota: Elaboración propia en base a reporte del matadero

2.2.2.2 Caudal demandado por el matadero APROCACH mensual

La garrafa, con un precio de 22,50 Bs y una capacidad de 11.5 kilos de GLP, almacena 0,741 Mpc, equivalente a 12,659 m³ de gas natural. Considerando que se paga 0,62 Bs por cada metro cúbico de gas natural, el valor resultante es de 7,85 Bs. Esto representa un ahorro del 65%.

Para los garrafones se almacena 2.4386 mpc, equivalente a 50.636 m3 demandado mensual, se realizará cálculo del caudal en unidades de millón de pie cubico.

$$Caudal = numero\ de\ garrafas * volumen \quad (8)$$

$$Caudal = 148 * \frac{2.964}{1000} = 0.4386\ mmpc \quad \therefore\ GARRAFONES$$

$$Caudal = 96 * \frac{0.741}{1000} = 0.07042336\ mmpc \quad \therefore\ GARRAFONES$$

$$\text{Caudal TOTAL} = \text{caudal de garrafrones} + \text{caudal de garrafas} \quad (9)$$

$$\text{Caudal TOTAL} = 0.4386 + 0.07 = 0.5097 \text{ mmpc}$$

Considerando una tasa de crecimiento del 58.2 % porque la red tiene que ser proyectada para un tiempo mínimo 20 años, donde el matadero tendrá una mayor demanda al aumento poblacional que requiere de este producto alimenticio.

$$\text{Caudal proyectado} = \text{Caudal TOTAL} * 1.582 \quad (10)$$

$$\text{Caudal proyectado} = 0.5097 * 1.582 = 0.8063 \text{ mmpc}$$

2.2.2.3 Proyección de la demanda

Se dispone de información recopilada en los dos censos más recientes realizados por el Instituto Nacional de Estadística (INE) en los años 2001 y 2012. Esta información facilitará el análisis del crecimiento poblacional de Ckochis, como se presenta detalladamente en la siguiente tabla.

Tabla 4

Numero de vivienda y habitantes Ckochis

Departamento	Provincia	Municipio	Ciudad / Comunidad	Nº Viviendas 2012	Nº de Habitantes 2012	Nº Habitantes Censo 2001	Nº de Viviendas Censo 2001
Chuquisaca	Sucre	Oropeza	CKOCHI	67	168	101	28

Fuente: Elaboración propia en función a datos de obtenido de la INE.

Antes de realizar la proyección del consumo, es necesario llevar a cabo la proyección del número de viviendas, ya que cada unidad habitacional demandará el servicio de gas natural.

Calculando la tasa de crecimiento del número de viviendas, se obtuvo un valor del 58.2 %, tomando en cuenta los datos de los censos de 2001 a 2012. Ahora, procederemos a realizar la proyección para los años 2022 y 2032, determinando así el número estimado de viviendas para el año 2032.

a) Determinación de la tasa de crecimiento

$$\%_{\text{crecimiento}} = 100 \frac{\text{Numero de viviendas}_{2012} - \text{Numero de viviendas}_{2001}}{\text{Numero de viviendas}_{2001}} \quad (11)$$

$$\%_{\text{crecimiento}} = 100 \frac{67 - 28}{67} = 58.2\%$$

b) Determinación de la demanda proyectada 2022

$$\text{Numero de viviendas}_{2022} = \frac{\%_{\text{crecimiento}}}{100} * \text{Numero de viviendas}_{2012} + \text{Numero de viviendas}_{2012} \quad (12)$$

$$\text{Numero de viviendas}_{2022} = \frac{58.2}{100} * 67 + 67 = 105.994$$

c) Determinación de la demanda proyectada 2032

$$\text{Numero de viviendas}_{2032} = \frac{\%_{\text{crecimiento}}}{100} * \text{Numero de viviendas}_{2022} + \text{Numero de viviendas}_{2022} \quad (13)$$

$$\text{Numero de viviendas}_{2032} = \frac{58.2}{100} * 106 + 106 = 167.685$$

d) Determinación de la demanda proyectada 2042

$$\text{Numero de viviendas}_{2042} = \frac{\%_{\text{crecimiento}}}{100} * \text{Numero de viviendas}_{2032} + \text{Numero de viviendas}_{2032} \quad (14)$$

$$\text{Numero de viviendas}_{2042} = \frac{58.2}{100} * 168 + 168 = 265.59$$

2.2.2.4 Consumo del sector domiciliario

En el ámbito doméstico, la cocina se destaca como el principal dispositivo de consumo de gas natural, con un consumo nominal de 0,97 m³/h y una simultaneidad de 0,15. Por otro lado, el calentador de baño tiene un consumo nominal de 1,28 m³/h y una simultaneidad de 0,30. Con todas estas consideraciones, se ha establecido el consumo.

La potencia útil de la cocina es 10,56 Kw/hr y del calefón es 14 Kw/hr

$$Q_d = [(P_u * C * S)_{\text{cocina}} + (P_u * C * S)_{\text{calefon}}] * N \quad (15)$$

$$Q_d = [1 * 0,97 * 0,15 + 0,20 * 1,2879 * 0,3] * 266 = 59.27 \text{ m}^3/\text{hr}$$

P_u = Porcentaje de uso, %

C = Consumo, m³/hr

S = Factor de simultaneidad

N = Número de usuarios

Utilizando la ecuación 15, se calculó el caudal demandado para el año 2042, que asciende a 59.27 m³/h, abarcando el flujo necesario para satisfacer las necesidades de cocina y calefón para el confort del hogar.

2.2.2.5 Consumo de sector comercial

En el cálculo del caudal comercial, se establece que el crecimiento del caudal consumido por el sector comercial guarda proporción con el consumo del sector doméstico. Por esta razón, se considera que el caudal de consumo comercial equivale al 20% del caudal doméstico.

$$Q_c = \frac{\%}{100} * Q_d \quad (16)$$

$$Q_c = \frac{20}{100} * 59.27 = 11.85 \text{ m}^3/\text{hr}$$

Q_d = Consumo doméstico, m³/hr

2.2.2.6 Consumo de sector industrial

El porcentaje para el sector es de 30% del sector doméstico.

$$Q_{IN} = \frac{\%}{100} * Q_d \quad (17)$$

$$Q_c = \frac{30}{100} * 59.27 = 17.78 \text{ m}^3/\text{hr}$$

2.2.2.7 Caudal proyectado

El caudal proyectado resulta de la suma del caudal doméstico, que es de 59.27 m³/h, caudal industrial que es de 17.78 m³/h, y el caudal comercial, que es de 11.85 m³/h, dando como resultado un valor total de 469.29 m³/h.

$$Q_p = Q_c + Q_d + Q_{IN} \quad (18)$$

$$Q_p = 11.85 + 59.27 + 17.78 = 88.9026 \text{ m}^3/\text{hr}$$

2.2.2.8 Determinación del caudal en unidades de millón de pies cúbicos por día de gas

Con una demanda de 88.9026 m³/h, al realizar la conversión, obtenemos un valor de 0,75432 millones de pies cúbicos por día (mmscfd). Sumándolo el consumo del matadero da un caudal total de 0.78 mmscfd.

$$Q_{total} = \frac{\text{Caudal proyectado}}{\text{mes}} + Q_p \quad (19)$$

$$Q_{total} = \frac{0.8063}{30} + 0.7532 = 0.78 \text{ mmscfd}$$

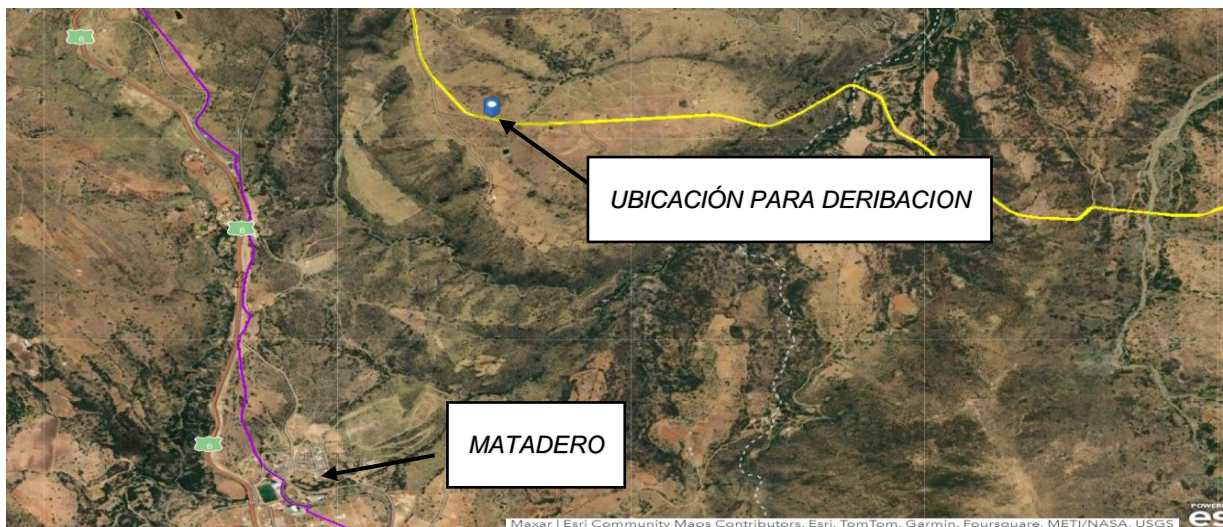
La presente monografía tiene como finalidad el diseño de la red primaria que pueda abastecer al matadero de gas natural, ya que es una operación continuo y más económico en comparación al GLP.

2.2.3 Evaluación del gasoducto

El gasoducto GTS (Gasoducto Yamparáez - Qhora Qhora), transporta el gas natural a alta presión, la red primaria que se plantea en esta monografía, parte desde las coordenadas longitud de -65.1981 y latitud de -19.113, coordenadas obtenidas de YPFB transporte. Esto se puede apreciar a continuación.

Figura 19

Ubicación de gasoducto GTS



Fuente: Imagen extraído de YPFB TRANSPORTE.

2.2.4 Trayecto de la red primaria

Se planteó el trayecto de la red primaria lo más directo posible con la menor distancia posible, considerando las plantadas que existe desde Ckochis hasta el gasoducto, con la ayuda de Google Eath, se traza el polígono, pero también con esta herramienta se puede observar el perfil topográfico, la distancia que tendrá la red de 2.39 km. Ver la siguiente ilustración.

Figura 20

Perfil topográfico de la red primaria



Fuente: elaboración propia con referencia a Google earth.

2.2.5 Diseño de la red primaria por PIPESIM

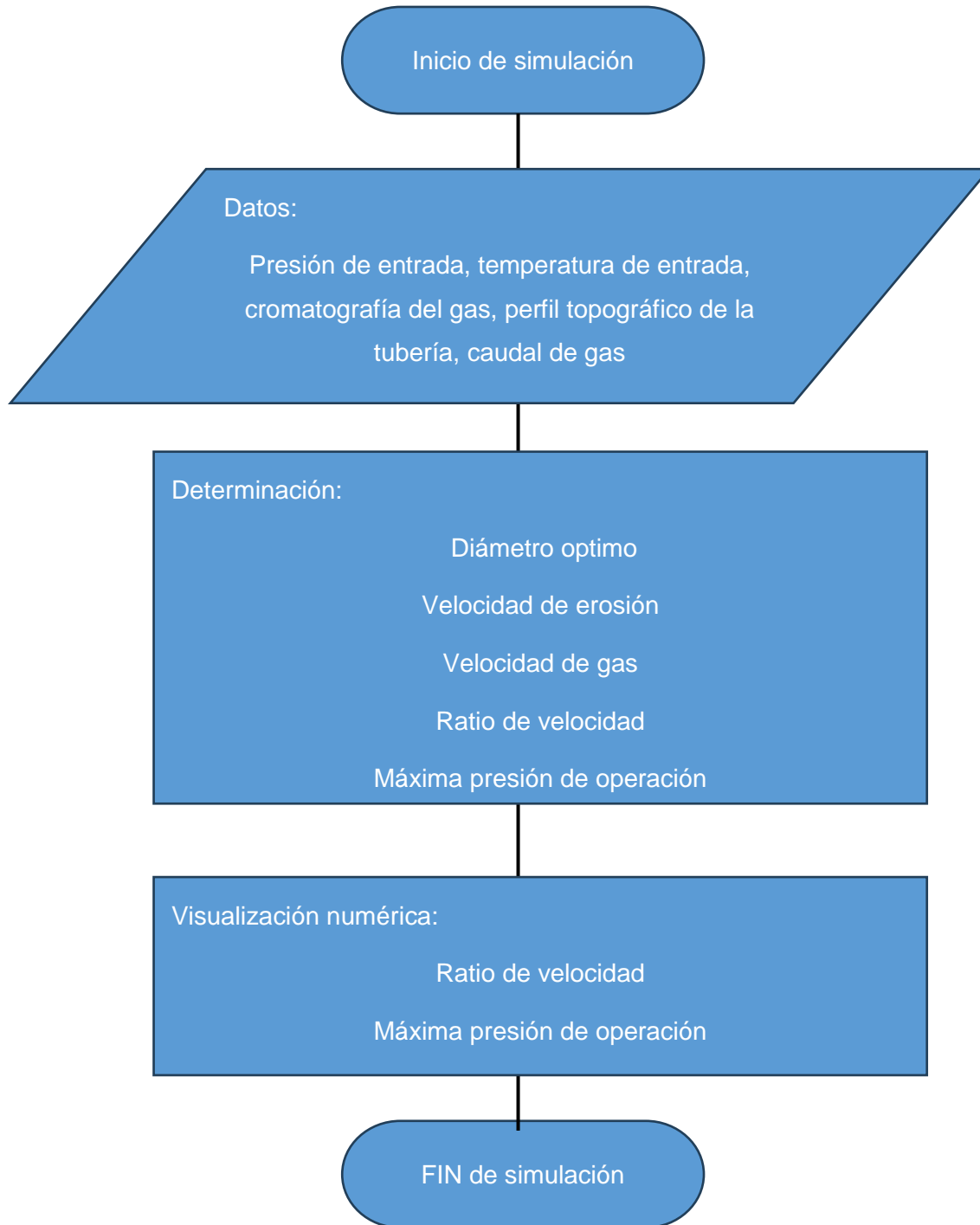
Una red primaria puede operar hasta una presión máxima de 42 bar, como valor límite se despachará el gas natural a una presión de 600 psi, así mismo el caudal demandado para la construcción de la red es de 0.78 mmscfd, la temperatura de operación es de 75°F equivalente a 25°C.

El perfil topográfico se puede detallar en el Anexo 1, donde se tiene los datos de la longitud y latitud, así también la distancia horizontal y elevación.

2.2.5.1 Diagrama de flujo para el diseño por simulación

Figura 21

Algoritmo de la simulación PIPESIM



Fuente: elaboración propia en base al manual PIPESIM

Como se puede apreciar en la ilustración 21, se utilizará el simulador PIPESIM para dar cumplimiento a los objetivos planteados en la presente monografía, se ingresará los datos para poder analizar la determinación del diámetro óptimo de la red primaria, así también evaluar si existe erosión en la red.

2.2.5.2 Datos de entrada al simulador PIPESIM

a) Condiciones de despacho

La presión de despacho para la red primaria es 600 psi a una temperatura de 75°F, estas condiciones se pueden apreciar en la siguiente ilustración.

Figura 22

Condiciones de despacho de gas a la red primaria

The screenshot shows the 'SOURCE' configuration window in PIPESIM. It includes the following details:

- SOURCE** section:
 - Name: ENTRADA
 - Active:
- FLUID MODEL** section:
 - Fluid: FLUJO DE GAS
 - Buttons: Edit..., New...
 - Override phase ratios:
- PRESSURE/FLOWRATE BOUNDARY CONDITIONS** section:
 - PQ curve:
 - Pressure: 600 psia
 - Temperature: 75 degF
 - Gas flowrate: [empty] mmscf/d

Fuente: Imagen obtenida del simulador PIPESIM

b) Condiciones de recepción

El caudal mínimo que tiene que llegar es de 0.78 mmscfd este caudal fue determinado en el Marco contextual apartado 2.2.3, este caudal es introducido al simulador PIPESIM.

Figura 23

Condiciones de recepción de gas a la red primaria

The screenshot shows the 'SINK' configuration window in PIPESIM. It includes the following details:

- SINK** section:
 - Name: SALIDA
 - Active:
- GENERAL** section:
 - Pressure: [empty] psia
 - Gas flowrate: 0.78 mmscf/d

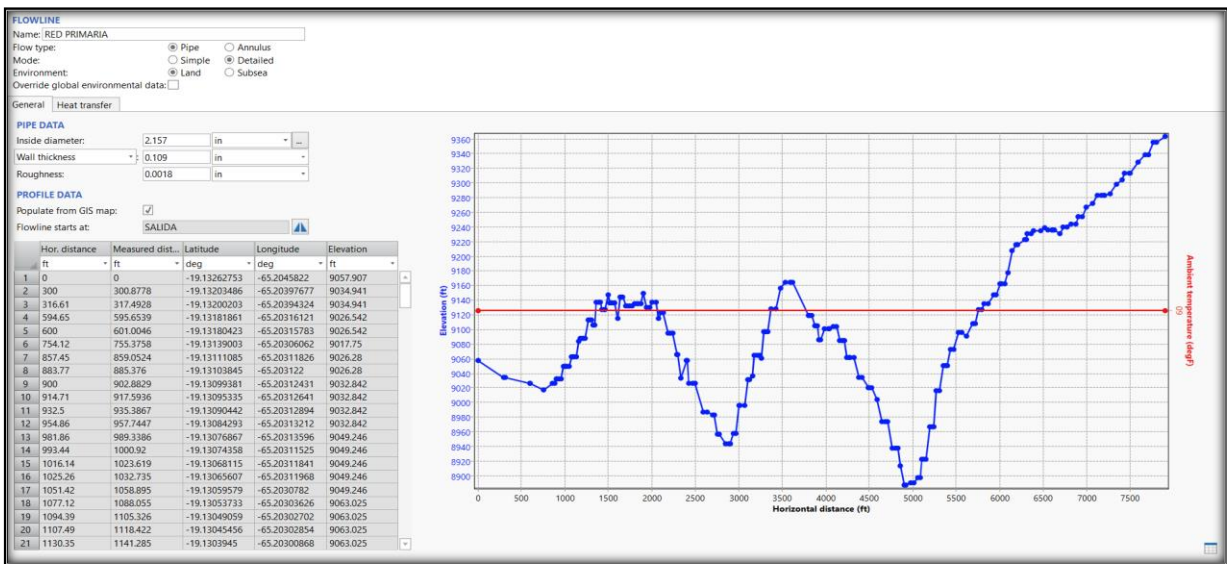
Fuente: Imagen obtenida del simulador PIPESIM

c) Perfil topográfico de la red primaria

El perfil topográfico es introducido al simulador, data generada en el Google earth, esto se puede visualizar en el simulador PIPESIM, la simulación tiene la facilidad de poder trabajar con coordenadas vía satélite, esto permite tener varios puntos de cálculo para tener una mayor aproximación al comportamiento real en campo.

Figura 24

Perfil topográfico de la red primaria



Fuente: Imagen obtenida del simulador PIPESIM

d) Selección de correlación de flujo monofásico

La aplicabilidad para la distribución de gas natural se puede seleccionar en función al tipo de flujo, la ópera a alta presión y puede comportarse como flujo turbulento, es por ello que se utilizara la correlación de weymouth.

Figura 25

Selección de correlación de flujo monofásico

APLICACIÓN	TIPO DE FLUJO PROBABLE	ECUACIÓN PREFERIDA
Muy Alta Presión	Turbulento	Weymouth
Alta Presión	Parcialmente Turbulento	Panhandle A
Media Presión	Parcialmente Turbulento	IGT Distribución
Acometida	Parcialmente Turbulento	Müeller
Baja Presión		

SINGLE PHASE

Correlation:

Flow efficiency [0..1]:

Selección

Fuente: imagen de PIPESIM y tabla obtenida de manual de distribución de red

e) Selección de la constante C para la velocidad de erosión

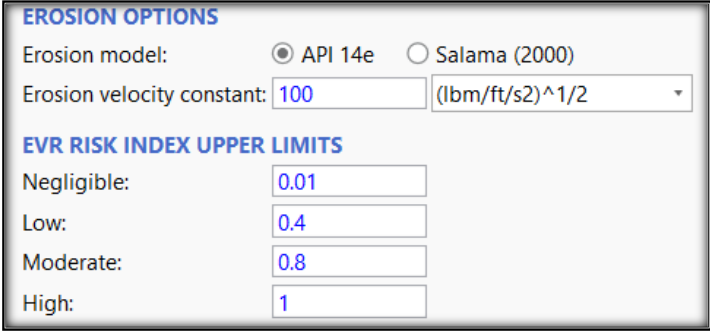
La velocidad de erosión está en función a una constante experimental con las dimensiones de $(\text{masa}/\text{longitud} \cdot \text{tiempo}^2)^{0.5}$, pero esto se puede clasificar de la siguiente forma:

- C=100, flujo continuo, no corrosivo y libre de sólido.
- C=150, flujo intermitente, no corrosivo y libre de sólido.
- C=150-200, flujo continuo, corrosivo, libre de sólidos
- C=250, flujo intermitente, corrosivo, libre de sólidos

Como se está diseñando una red primaria cuyo flujo obtenido es de un gasoducto, para el despacho o distribución de gas natural se tiene la calidad de gas, donde la Agencia nacional de hidrocarburos mediante el ANEXO 4 (Calidad de gas natural), da parámetros de la distribución, entonces bajo este criterio se trata de un flujo continuo no corrosivo y libre sólidos por lo tanto la constante C tendrá un valor de 100, en el Anexo 2, se puede observar los lineamientos de distribución de gas natural.

Figura 26

Selección de valor C en la correlación API 14e



EROSION OPTIONS	
Erosion model:	<input checked="" type="radio"/> API 14e <input type="radio"/> Salama (2000)
Erosion velocity constant:	<input type="text" value="100"/> <input type="text" value="(lbm/ft/s2)^1/2"/>
EVR RISK INDEX UPPER LIMITS	
Negligible:	<input type="text" value="0.01"/>
Low:	<input type="text" value="0.4"/>
Moderate:	<input type="text" value="0.8"/>
High:	<input type="text" value="1"/>

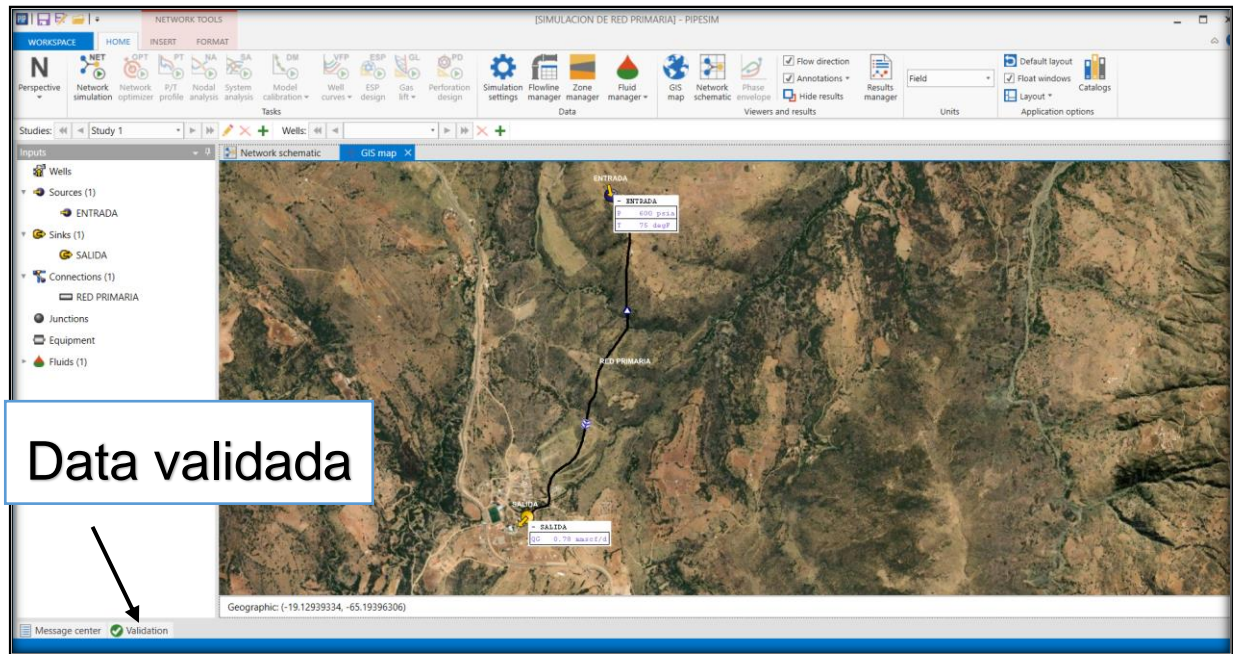
Fuente: Imagen obtenida del simulador PIPESIM

f) Información completa introducida al simulador

Toda la información introducida al simular, es necesaria para poder analizar diferentes gráficos, dicho gráficos solamente es habilitado siempre y cuando se introduzca la información técnica.

A continuación, se muestra una imagen satelital donde se observa condiciones de despacho y recepción, la red donde se plantea llevar a su destino final.

Figura 27 imagen de simulador PIPESIM con todos los datos introducidos



Fuente: Imagen obtenida del simulador PIPESIM

2.2.5.3 Determinación del diámetro óptimo

Se realizará un análisis de sensibilidad, del diámetro interno de la red primaria, variando desde 1 pulgada hasta 4 pulgadas, en función al caudal demandado se realizará la selección del diámetro óptimo.

Figura 28

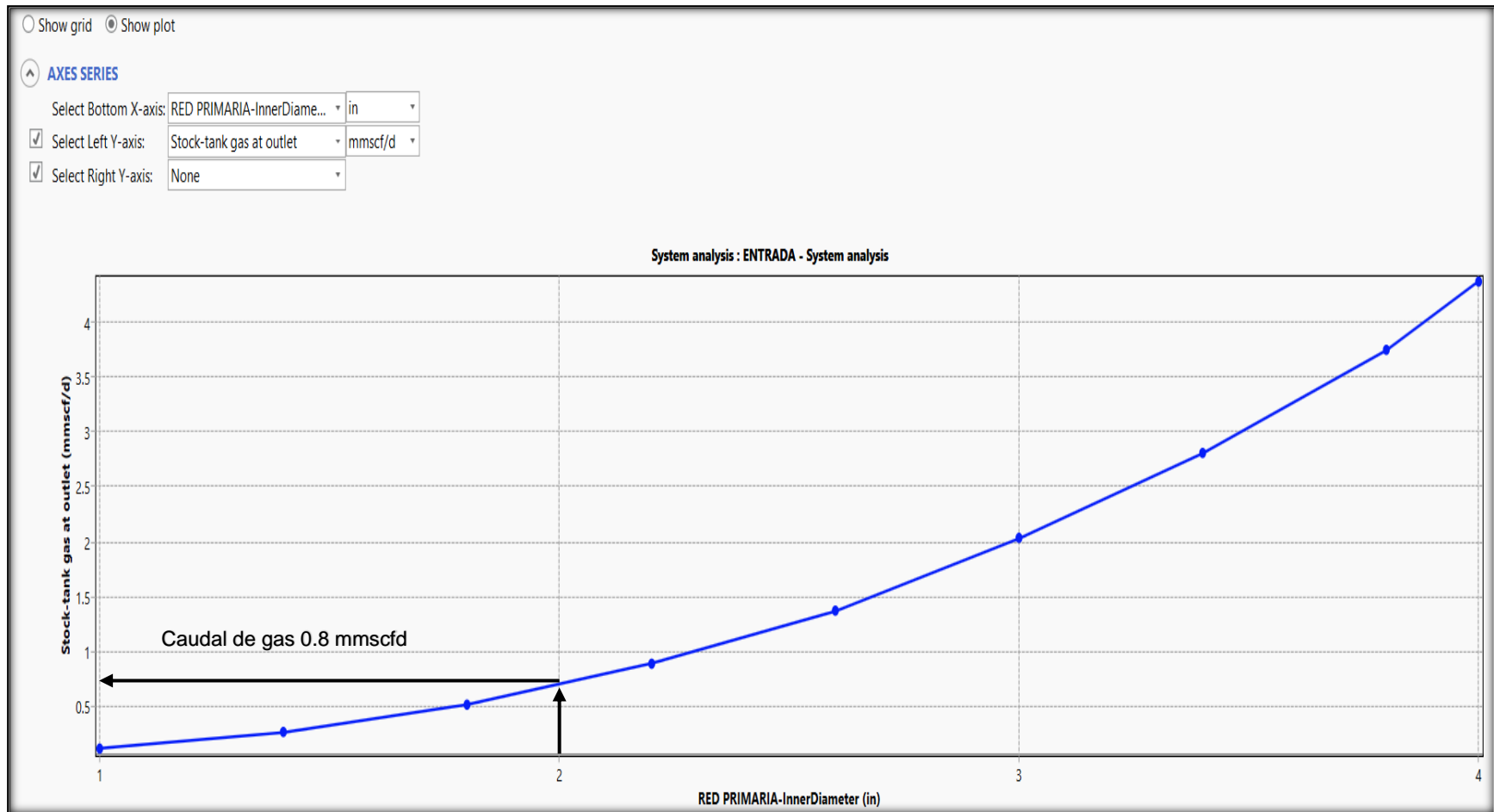
Sensibilidad del diámetro interno de la red primaria

X-axis	Variable 1	Variable 2	Variable 3	Variable 4
RED PRIMARIA	Active: <input type="checkbox"/>	Active: <input type="checkbox"/>	Active: <input type="checkbox"/>	Active: <input type="checkbox"/>
Inside diameter				
Range...	Range...	Range...	Range...	Range...
in				
1	1			
2	1.4			
3	1.8			
4	2.2			
5	2.6			
6	3			
7	3.4			
8	3.8			
9	4			
10				
+				

Fuente: Imagen obtenida del simulador PIPESIM

Figura 29

Selección del diámetro óptimo



Fuente: Imagen obtenida del simulador PIPESIM

Teniendo la gráfica del simulador que se muestra en la figura 29 podemos demostrar que para un diámetro nominal de 2 pulgadas se tiene un caudal de 0.8 mmscfd, entonces en función a catalogo se selecciona el diámetro óptimo para su distribución del gas natural.

Sacando los datos de la gráfica del simulador podemos seleccionar el diámetro nominal de 2 pulgadas, de grado 10S, de tipo API, cuenta con un peso de 2.638 Lbm/ft, estas especificaciones de puede detallar en la figura 30.

Figura 30

Selección del diámetro nominal de la red primaria

	Type	Nom. Diameter	Schedule	OD in	ID in	Thickness in	Roughness in	Weight lbm/ft
66	API	2	5S	2.375	2.245	0.065	0.0018	1.604
67	API	2	10S	2.375	2.157	0.109	0.0018	2.638
68	API	2	40	2.375	2.067	0.154	0.0018	3.653
69	API	2	Std	2.375	2.067	0.154	0.0018	3.653
70	API	2	40S	2.375	2.067	0.154	0.0018	3.653
71	API	2	80	2.375	1.939	0.218	0.0018	5.022
72	API	2	XS	2.375	1.939	0.218	0.0018	5.022
73	API	2	80S	2.375	1.939	0.218	0.0018	5.022
74	API	2	160	2.375	1.689	0.343	0.0018	7.444
75	API	2	XXS	2.375	1.503	0.436	0.0018	9.029

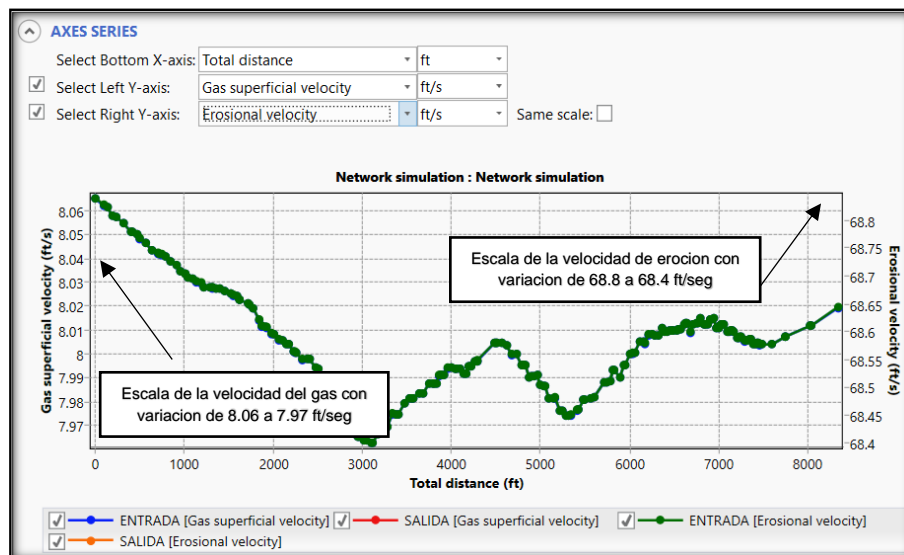
Fuente: Imagen obtenida del simulador PIPESIM

La tubería tiene que ser apta para operar la máxima presión de operación y condiciones de erosión.

2.2.5.4 Análisis comparativo de la velocidad de gas con la velocidad de erosión

Figura 31

Perfil de velocidad del gas con la velocidad de erosión



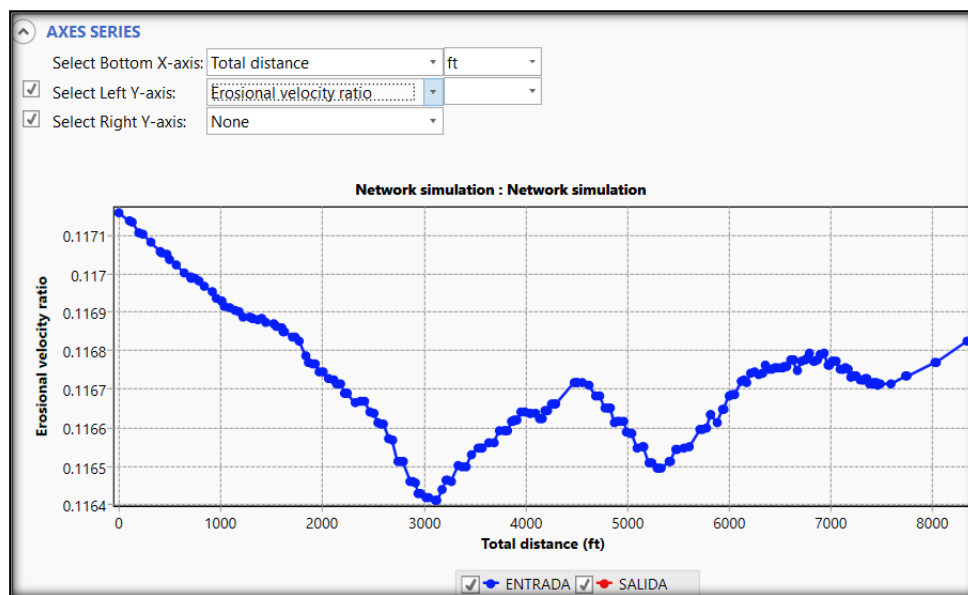
Fuente: Imagen obtenida del simulador PIPESIM

En el apartado 2.3.3.4, se observa en la figura 31, La velocidad de erosión oscila entre 68.8 ft/seg a 68.4 ft/seg mientras que la velocidad del gas oscila entre 8.06 ft/seg a 7.97 ft/seg, entonces podemos comprobar que la velocidad de erosión es mayor a la velocidad de gas, lo que significa que no existe fenómeno de erosión (desgaste del espesor de la tubería).

La relación de la velocidad de gas con la velocidad de erosión tiene que ser menor a la unidad para que no exista desgaste de tubería, analizando la figura 32, se puede observar a lo largo del perfil topográfico la ratio de erosión siempre es menor a la unidad.

Figura 32

Perfil de la ratio de erosión



Nota: Imagen obtenida del simulador PIPESIM

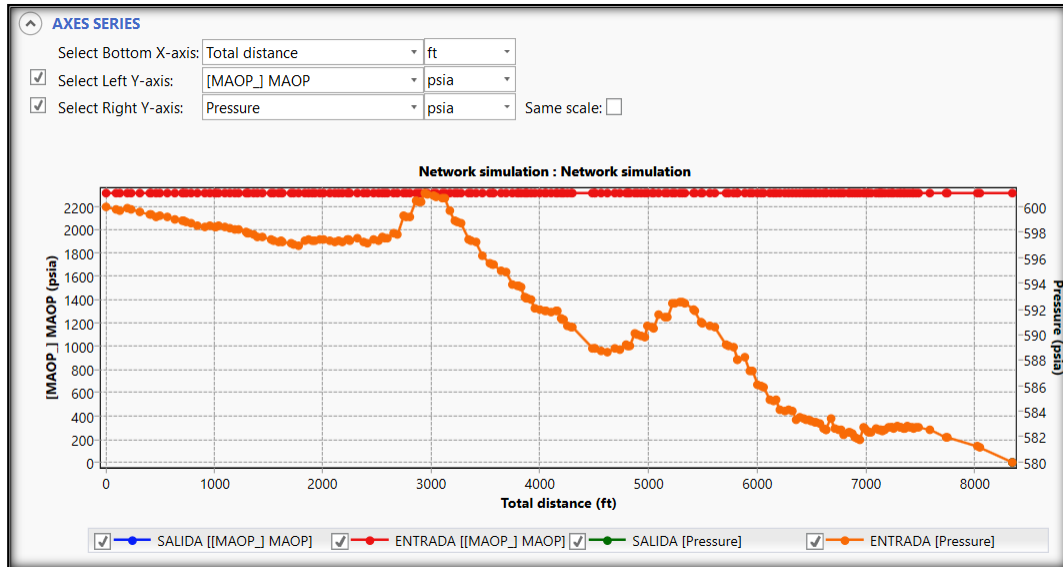
2.2.5.5 Análisis de la máxima presión de operación con la presión de operación

En la figura33, se puede observar que la presión máxima de operación es de 2200 Psi, esto significa que la red primaria puede soportar hasta dicha presión, sin embargo, la presión que estará presente en la red, se tiene como una máxima de 600 psi, lo que significa que se operara por detrás de límite permitido.

Entonces la tubería seleccionada de grado 10S de tipo API, es la adecuada, ya que resiste la máxima operación y no genera erosión.

Figura 33

Perfil de la máxima presión de operación y presión de operación

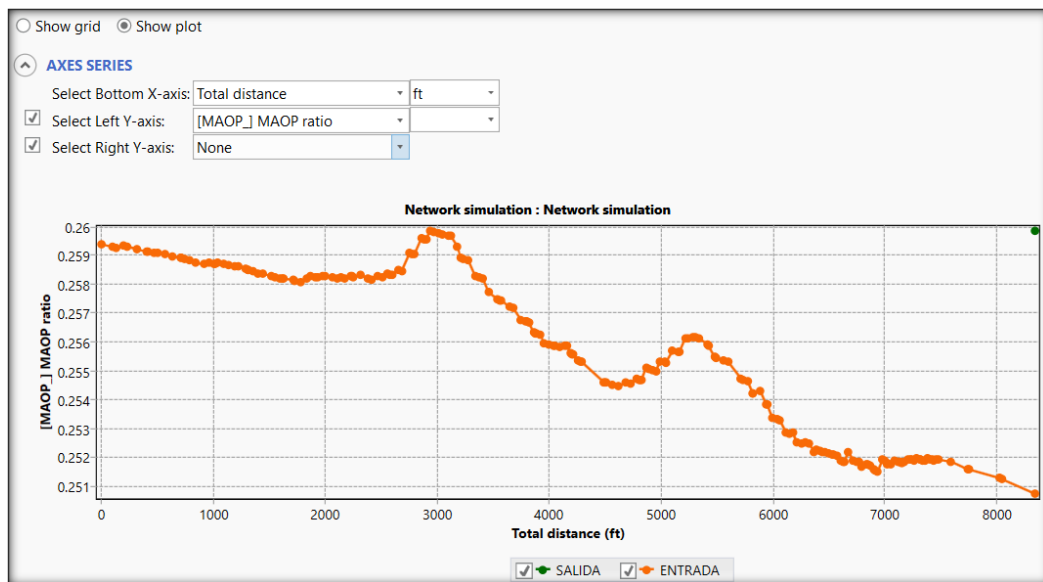


Nota: Imagen obtenida del simulador PIPESIM

Para no exceder la resistencia de la tubería seleccionada, la ratio MAOP tiene que ser menor a la unidad, como se observa a continuación, esta variable oscila entre de 0.26 a 0.251.

Figura 34

Perfil de la ratio MAOP



Nota: Imagen obtenida del simulador PIPESIM

2.2.6 Costos de la construcción de un gasoducto

Para calcular el costo de la tubería, se procederá a determinar el costo por kilómetro (Km), Este cálculo aproximado se basará en el costo unitario de la tubería y la longitud de cada tramo.

Tabla 5

Costos de compra de tubería

GASODUCTO	Longitud, Km	Precio unitario, API 5L	Precio total USD
I	2.4	77076.177 USD/KM	184982.82

Fuente: Elaboración propia a base de API 5L.

La inversión estimada de 184982.82 USD se enfoca en la adquisición de equipos y maquinaria esenciales para la implementación de un proyecto de red primaria. Este desglose financiero abarca diversos elementos clave, entre los que se destacan la compra de Tubería de Acero al Carbón, un Camión con grúa de 3 Toneladas, una Máquina Zanjadora, un Generador de Luz, una Máquina de Soldar, una Compresora, una Grúa de 45 Toneladas.

Tabla 6

Costos de instalación

N°	Equipos, Maquinarias y Materiales	Costo Unitario USD	Longitud, km	Días	Cantidad	Costo Total USD
1	Tubería de Acero al carbón	77076.077	2.4			184982.58
2	Camión con grúa de 3 Toneladas	80		120	1	9600
3	Máquina Zanjadora	350		120	1	42000
4	Generador de luz	3000		180	2	36000
5	Máquina de Soldar	32.4		120	3	11664
6	Compresora	42		120	3	15120
7	Grúa de 45 Tn	850		120	1	102000
8	Micro	50		120	3	18000
9	Alquiler carpa	465		120	8	446400
10	Disco de corte	9.75		120	6	7020

11	Disco de desbaste	6.963	120	6	5013.36
12	Amoladoras	104.5	120	3	37620
TOTAL					915419.9448

Fuente: Elaboración propia a base de (Mamani 2021)

El análisis de costos de la presente propuesta asciende a un total de 283200 USD. Este desglose incluye diversos roles, como el Gerente de Proyecto, con un costo de 30000 USD para 120 días de trabajo a un precio unitario de 125 USD por día. Asimismo, el Superintendente de Obra tiene un costo total de 45000 USD con una estructura similar. Otros roles, como el Ingeniero Control de Proyectos, Inspector de Medio Ambiente, Ingeniero de Obras Mecánicas, Ingeniero de Obras Civiles, Ingeniero de Obra Eléctrico, Administrador de Obra, Almacenero de Obra, Mecánico de Apoyo, Topógrafo y Supervisor de Pintado, contribuyen con costos específicos a la totalidad del proyecto. Estos costos se basan en jornales, cantidades y precios unitarios detallados en la tabla.

Tabla 7

Costos de ingeniería

INGENIERÍA	JORNAL, DIAS	CANTIDAD	P.U. (USD)	C.T. (USD)
Gerente de proyecto	120	2	125	30000
Superintendente de obra	120	3	125	45000
Ingeniero control de proyectos	120	4	40	19200
Inspector de medio ambiente	120	2	80	19200
Ingeniero de obras mecánicas	120	4	70	33600
Ingeniero de obras civiles	120	4	70	33600
Ingeniero de obra eléctrico	120	4	70	33600
Administrador de obra	120	3	35	12600
Almacenero de obra	120	6	20	14400
Mecánico de apoyo	120	6	25	18000
Topógrafo	120	4	30	14400
Supervisor pintado	120	4	20	9600
Costo Total de Ingeniería	Global			283200

Fuente: Elaboración propia a base de (Mamani, 2021)

2.3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

En el contexto de la comunidad de Ckochis, se ha identificado una carencia significativa en el suministro de gas natural (GN), lo cual ha generado problemas operativos tanto para el matadero APROCACH como para los residentes del área. Para abordar esta situación, se propone la implementación de una red primaria de distribución de gas natural.

La red primaria se diseñó meticulosamente utilizando herramientas de análisis y simulación, resultando en la selección de un diámetro óptimo de 2 pulgadas y una longitud estimada de 2.4 kilómetros. Para garantizar la durabilidad y eficiencia de la red, se ha recomendado el uso de tubería de acero al carbono de grado 10S.

Además del diseño técnico, se realizó una evaluación detallada de los costos asociados con la implementación de la red primaria. Se estima que la inversión total ascenderá a aproximadamente 1,383,602 USD, que incluye los costos de compra de tubería, gastos de ingeniería y adquisición de equipos y materiales.

La implementación de esta red primaria no solo resolverá la problemática actual de falta de gas natural, sino que también brindará una solución sostenible y confiable para el suministro de energía en la comunidad de Ckochis. Esta iniciativa beneficiará tanto al matadero APROCACH como a los residentes locales, promoviendo el desarrollo económico y mejorando la calidad de vida en la región.

CAPÍTULO III: CONCLUSIONES

- Se fundamentó teóricamente la distribución de gas natural, detallando las diferentes redes existentes, que incluyen el gasoducto, la red primaria y la red secundaria. Además, se describieron las consideraciones y correlaciones para el flujo monofásico de Weymouth.
- Se llevó a cabo una descripción exhaustiva de los equipos operados en el matadero. Esto abarcó desde la caldera de vapor de primera etapa, el tanque de recepción de sangre, la caldera de vapor de segunda etapa, hasta el equipo de presecado en primera etapa, presecado segunda etapa y el equipo de secado. Todo esto se realiza con el fin de obtener el producto de harina de sangre, utilizado como abono en la agricultura.
- Además, se determinó el número mensual de garrafas de 11.5 kilos y de 45.5 kilos utilizadas, resultando en un total de 148 garrafones de 45.5 kilos y 96 garrafas de 11.5 kilos. Considerando también el sector domiciliario, se calculó un caudal requerido de 0.78 mmscfd.
- La simulación se llevó a cabo con la asistencia del software PIPESIM, determinando el diámetro óptimo para transportar el caudal demandado, el cual fue de 2 pulgadas. Por consiguiente, se seleccionó un diámetro de tipo API con grado 10S y diámetro nominal de 2 pulgadas. Asimismo, se evaluó la velocidad de erosión, la cual se estableció en 68 ft/seg, superando la velocidad del gas de 8.1 ft/seg. Esta mayor velocidad de erosión indica que no hay desgaste de tuberías.
- Se determinó además que la presión máxima de operación es de 2200 psi, superior a la presión de operación de 600 psi, lo que confirma que la tubería seleccionada puede soportar condiciones severas.
- Se calculó una inversión de 184,983 USD para la compra de tubería. Además, se consideró una inversión de 283,200 USD en la ingeniería de la red primaria y de 915,420 USD en equipos y materiales, lo que da un total de inversión de 1,198,620 USD para la construcción de la red primaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (ANH), Agencia Nacional de Hidrocarburos. «Construcción de Redes de Gas Natural.» 5-7. 2015.
- (ANH), AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS. *RESOLUCION ADMINISTRATIVA DE NORMAS RAN-ANH-UN ANEXO 6*. LAPAZ: AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS (ANH), 2017.
- Arias, Jorge Marcelo. *Gas Natural Licuado Tecnología y Mercado*. Argentina : instituto argentino de la energía "general Mosconi", 2006.
- Chumacero, Beymar Ortiz. *PUENTE DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN PRM*. BOGOTA: Beymar Ortiz Chumacero, 2014.
- Fernandez Pintado, Enrique Alexandre. *Estudio del transporte de gas natural para el abastecimiento del sector mercantil ferroviario*. Septiembre de 2021.
- Foro Nuclear. *Foro de la industria local Española*. 2015. <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-el-gas-natural-y-que-usos-tiene/>.
- Gutierrez, Luis Montalvo. *DIMENSIONAMIENTO DEL PUENTE DE REGULACIÓN Y MEDICIÓN*. Mexico: Luis Montalvo Gutierrez, 2023.
- Iceacsa. «Documento de red de gas.» 6-9. Ayuntamiento de La Coruña, 2003.
- Mamani, Rolando Alberto. *DISEÑO DE LOOP EN EL GASODUCTO CARRASCO COCHABAMBA ENTRE LOS TRAMOS VILLA TUNARI - PAPA TAMBO*. COCHABAMBA: ROLANDO MAMANI ALBERTO, 2021.
- MDAR. *Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego*. 2016. <https://www.midagri.gob.pe/portal/45-sector-agrario/recurso-energetico/340-el-gas-natural>.
- Neyra Chocce, Manuel Jesus. «Implementación de una red de gas natural para la alimentación de los equipos térmicos del hospital general Santa Rosa - Pueblo Libre.» 39 - 45. Callao - Peru, 2018.
- Pilco Nuñez, Alex. 2010. https://www.academia.edu/30388518/Propiedades_del_Gas_Natural.

Sycgas S.R.L. «Obras civiles y mecanicas red primaria Av. Virgen de Cotoca - Av. G77 fase 1.» 10-11. Santa Cruz - Bolivia, 2017.

Thomas. *WELLFLO PROSPER*. NUEVA YORK, 2015.

Valdez Ortuño, Edilson. «Estudio tecnico economico para el suministro de gas natural para lapoblacion de Caiza D-Potosi por el sistema de gas vistural.» 28-31. Sucre - Bolivia, 2018.

Yampa Quispe, Mijael. «Diseño de red primaria de gas natural para el municipio de Tiwuanacu de la provincia Ingavi departamento de La Paz.» 23-30. La Paz - Bolivia, 2023.

zambrana, lucio. *fundacion de aprocach*. sucre, 1997.

—. *fundacion del matadero*. sucre, 1997.

Zoilo Rios Group. 05 de Septiembre de 2018. <https://www.zoilorios.com/noticias/usos-del-gas-natural-cuales-son-las-principales-aplicaciones-y-ventajas-de-esta-energia>.

ANEXO

Anexo 1 Perfil topográfico de la red primaria

Horizontal distance (ft)	Measured distance (ft)	Latitude (deg)	Longitude (deg)	Elevation (ft)
0	0	-19.1326275	-65.2045822	9057.907
300	300.8778	-19.1320349	-65.2039768	9034.941
316.61	317.4928	-19.132002	-65.2039432	9034.941
594.65	595.6539	-19.1318186	-65.2031612	9026.542
600	601.0046	-19.1318042	-65.2031578	9026.542
754.12	755.3758	-19.13139	-65.2030606	9017.75
857.45	859.0524	-19.1311109	-65.2031183	9026.28
883.77	885.376	-19.1310385	-65.203122	9026.28
900	902.8829	-19.1309938	-65.2031243	9032.842
914.71	917.5936	-19.1309534	-65.2031264	9032.842
932.5	935.3867	-19.1309044	-65.2031289	9032.842
954.86	957.7447	-19.1308429	-65.2031321	9032.842
981.86	989.3386	-19.1307687	-65.203136	9049.246
993.44	1000.92	-19.1307436	-65.2031153	9049.246
1016.14	1023.619	-19.1306812	-65.2031184	9049.246
1025.26	1032.735	-19.1306561	-65.2031197	9049.246
1051.42	1058.895	-19.1305958	-65.2030782	9049.246
1077.12	1088.055	-19.1305373	-65.2030363	9063.025
1094.39	1105.326	-19.1304906	-65.203027	9063.025
1107.49	1118.422	-19.1304546	-65.2030285	9063.025
1130.35	1141.285	-19.1303945	-65.2030087	9063.025
1156.93	1174.755	-19.1303217	-65.2030005	9083.366
1174.9	1193.302	-19.130273	-65.2029912	9087.959
1186.38	1204.787	-19.1302489	-65.2029696	9087.959
1200	1218.404	-19.1302204	-65.2029441	9087.959
1209.42	1227.823	-19.1302006	-65.2029264	9087.959
1234.16	1252.562	-19.1301395	-65.2028948	9087.959
1265.83	1292.873	-19.1300787	-65.2028289	9112.894
1290.83	1317.873	-19.130017	-65.2027969	9112.894
1300.56	1327.601	-19.1299922	-65.2027863	9112.894
1321.79	1350.027	-19.1299426	-65.2027537	9105.676
1339.28	1367.519	-19.1299062	-65.2027205	9105.676
1360.58	1405.54	-19.1298826	-65.202664	9137.172
1384.04	1428.997	-19.1298338	-65.2026195	9137.172
1401.93	1446.885	-19.1298098	-65.2025742	9137.172
1425.49	1472.677	-19.1297735	-65.2025177	9126.673
1449.48	1496.668	-19.1297352	-65.202461	9126.673
1461.84	1509.028	-19.1297087	-65.2024385	9126.673
1499.29	1551.982	-19.1296527	-65.2023474	9147.704

1518.09	1573.842	-19.1296246	-65.2023017	9136.549
1539.76	1595.508	-19.1295838	-65.2022559	9136.549
1571.69	1627.446	-19.1295406	-65.2021753	9136.549
1606.27	1667.896	-19.1294845	-65.2020944	9115.552
1634.91	1708.564	-19.1294417	-65.2020247	9144.423
1642.96	1716.614	-19.1294402	-65.2020015	9144.423
1663.14	1736.792	-19.1294352	-65.2019432	9144.423
1698.33	1773.992	-19.1293775	-65.2018613	9132.382
1723.95	1799.603	-19.1293231	-65.2018141	9132.382
1743.87	1819.526	-19.1292915	-65.2017669	9132.382
1774.8	1850.458	-19.1292279	-65.2017073	9132.382
1800.08	1875.877	-19.1291754	-65.2016592	9135.006
1825.51	1901.303	-19.1291226	-65.2016109	9135.006
1844.19	1919.981	-19.1290988	-65.2015629	9135.006
1877.33	1953.122	-19.1290285	-65.2015017	9135.006
1904.64	1983.715	-19.1289623	-65.2014642	9148.786
1935.04	2019.237	-19.1288933	-65.2014143	9130.413
1973.47	2057.663	-19.1288059	-65.2013515	9130.413
2002.19	2087.277	-19.1287359	-65.2013129	9137.631
2048.01	2133.099	-19.1286158	-65.2012722	9137.631
2076.05	2168.926	-19.128543	-65.201245	9115.321
2100	2194.142	-19.128483	-65.2012164	9123.196
2132.4	2226.537	-19.1284017	-65.2011776	9123.196
2187.32	2288.282	-19.1282602	-65.2011216	9094.98
2209.74	2310.702	-19.1282002	-65.2011063	9094.98
2243.6	2344.569	-19.1281157	-65.2010647	9094.98
2284.52	2395.03	-19.1280107	-65.2010217	9065.452
2298.94	2409.451	-19.1279711	-65.2010197	9065.452
2335.25	2457.472	-19.1278712	-65.2010146	9034.023
2400	2526.395	-19.1277019	-65.2009558	9057.644
2401.62	2528.012	-19.1276977	-65.2009544	9057.644
2425.86	2567.76	-19.127631	-65.2009506	9026.149
2467.64	2609.536	-19.1275174	-65.2009312	9026.149
2495.34	2637.237	-19.1274467	-65.2009013	9026.149
2589.11	2738.94	-19.1271915	-65.20086	8986.779
2634.61	2784.432	-19.1270701	-65.2008272	8986.779
2700	2849.908	-19.1268925	-65.2007965	8983.498
2717.89	2867.793	-19.1268439	-65.2007881	8983.498
2758.69	2916.668	-19.1267331	-65.2007682	8956.595
2775.87	2933.848	-19.1266883	-65.2007521	8956.595
2847.52	3006.579	-19.1264925	-65.2007271	8944.128
2879.22	3038.272	-19.1264103	-65.2006963	8944.128
2897.15	3056.208	-19.1263609	-65.200694	8944.128
2940.81	3102.185	-19.1262448	-65.2006615	8958.563

2965.01	3126.386	-19.1261782	-65.2006583	8958.563
3000	3178.159	-19.1260845	-65.2006348	8996.719
3015.2	3193.356	-19.1260438	-65.2006246	8996.719
3070.45	3248.609	-19.1258918	-65.2006164	8996.719
3100.73	3294.723	-19.1258203	-65.2005714	9031.496
3118.21	3312.196	-19.1257746	-65.2005556	9031.496
3158.61	3352.941	-19.1256874	-65.2004829	9036.745
3173.02	3384.039	-19.1256588	-65.200454	9064.305
3209.43	3420.457	-19.1255859	-65.2003815	9064.305
3236.18	3447.204	-19.1255256	-65.2003369	9064.305
3258.3	3469.563	-19.1254812	-65.2002931	9061.024
3287.56	3516.021	-19.1254008	-65.200289	9097.113
3300	3528.465	-19.1253676	-65.2002799	9097.113
3311.34	3539.801	-19.1253374	-65.2002717	9097.113
3329.45	3557.92	-19.12529	-65.2002553	9097.113
3372.75	3611.457	-19.1251797	-65.2002076	9128.609
3423.16	3661.868	-19.1250412	-65.2001984	9128.609
3478.6	3723.783	-19.1248889	-65.2001874	9156.168
3535.12	3780.938	-19.1247336	-65.2001775	9164.698
3592.25	3838.068	-19.1245765	-65.2001674	9164.698
3600	3845.849	-19.1245552	-65.200166	9164.042
3613.83	3859.679	-19.1245172	-65.2001636	9164.042
3798.06	4049.295	-19.1240234	-65.2000416	9119.16
3808.92	4060.158	-19.1239948	-65.2000323	9119.16
3838.98	4090.222	-19.1239214	-65.1999921	9119.16
3871.6	4125.626	-19.1238463	-65.1999403	9105.381
3884.72	4138.745	-19.1238161	-65.1999194	9105.381
3900	4154.029	-19.1237805	-65.1998958	9105.381
3918.41	4180.508	-19.1237376	-65.1998673	9086.352
3939.74	4201.831	-19.1236869	-65.1998362	9086.352
3980.5	4245.073	-19.1235858	-65.1997849	9100.788
4029.26	4293.839	-19.1234653	-65.1997225	9100.788
4039.76	4304.341	-19.1234454	-65.1997004	9100.788
4085.02	4349.719	-19.1233367	-65.1996363	9104.069
4123.18	4387.873	-19.1232451	-65.1995822	9104.069
4156.75	4426.46	-19.1231691	-65.1995269	9085.04
4189.34	4459.052	-19.1231072	-65.1994585	9085.04
4200	4469.733	-19.1230812	-65.1994442	9084.384
4214	4483.73	-19.123047	-65.1994254	9084.384
4240.2	4518.57	-19.1229821	-65.1993924	9061.418
4266.6	4544.979	-19.1229166	-65.1993591	9061.418
4275.45	4553.828	-19.1228947	-65.1993479	9061.418
4318.46	4596.836	-19.1228166	-65.1992542	9061.418
4375.67	4660.057	-19.1226952	-65.1991486	9034.515

4418.14	4702.523	-19.1225997	-65.1990776	9034.515
4487.32	4773.12	-19.1224392	-65.1989697	9020.439
4500	4785.801	-19.1224138	-65.1989444	9020.439
4524.26	4810.06	-19.1223653	-65.1988961	9020.439
4590.81	4878.451	-19.1222157	-65.1987849	9004.692
4640.14	4936.279	-19.1220936	-65.1987223	8974.508
4679.27	4975.412	-19.1220138	-65.1986461	8974.508
4712.28	5008.426	-19.121937	-65.1985948	8974.508
4761.92	5070.185	-19.1218309	-65.1985042	8937.762
4800	5108.262	-19.1217409	-65.1984476	8937.762
4824.06	5132.321	-19.121684	-65.1984119	8937.762
4854.77	5171.471	-19.1216271	-65.1983461	8913.485
4902.52	5225.754	-19.121512	-65.1982792	8887.664
4915.66	5238.898	-19.1214782	-65.1982655	8887.664
4974.09	5297.42	-19.1213174	-65.1982627	8890.945
5006.92	5330.242	-19.121227	-65.198261	8890.945
5053.31	5377.191	-19.1210993	-65.1982588	8898.163
5080.05	5403.933	-19.1210257	-65.1982575	8898.163
5100	5435.866	-19.1209707	-65.1982567	8923.097
5122.38	5458.248	-19.1209091	-65.1982559	8923.097
5151.69	5487.558	-19.1208292	-65.1982681	8923.097
5191.32	5547.159	-19.1207201	-65.1982665	8967.618
5217.53	5573.368	-19.1206523	-65.1982926	8967.618
5240.42	5596.266	-19.1205893	-65.1982917	8967.618
5269.19	5653.27	-19.1205101	-65.1982907	9016.831
5305.12	5689.201	-19.1204119	-65.198303	9016.831
5353.53	5748.045	-19.1202808	-65.1983287	9050.295
5376.16	5770.679	-19.1202185	-65.198328	9050.295
5400	5794.52	-19.1201529	-65.1983273	9050.295
5433.16	5834.857	-19.1200616	-65.1983263	9073.261
5473.42	5875.119	-19.1199507	-65.198325	9073.261
5525.63	5931.891	-19.119807	-65.1983234	9095.571
5560.71	5966.974	-19.1197104	-65.1983223	9095.571
5618.37	6024.805	-19.1195536	-65.1983485	9091.076
5687.61	6096.118	-19.1193629	-65.1983464	9108.136
5700	6108.51	-19.1193288	-65.198346	9108.136
5713.02	6121.526	-19.119293	-65.1983456	9108.136
5757.78	6170.164	-19.1191697	-65.1983443	9127.165
5789.98	6202.37	-19.1190811	-65.1983433	9127.165
5822.39	6235.655	-19.1189918	-65.1983423	9134.777
5863.86	6277.129	-19.1188776	-65.198341	9134.777
5927.82	6342.294	-19.1187015	-65.1983389	9147.244
5956.51	6370.985	-19.1186225	-65.198338	9147.244
6000	6417.017	-19.1185028	-65.1983365	9162.336

6021.67	6438.687	-19.1184431	-65.1983358	9162.336
6058.24	6475.252	-19.1183425	-65.1983346	9162.336
6088.68	6509.236	-19.1182586	-65.1983336	9177.428
6139.05	6567.953	-19.1181199	-65.1983318	9207.611
6188.98	6618.603	-19.1179825	-65.1983301	9216.141
6205.81	6635.438	-19.1179385	-65.1983146	9216.141
6289.7	6719.586	-19.1177121	-65.1982665	9222.703
6300	6729.883	-19.1176837	-65.1982661	9222.703
6315.38	6747.161	-19.1176414	-65.1982655	9230.577
6361.86	6793.641	-19.1175134	-65.1982634	9230.577
6390.74	6822.885	-19.1174339	-65.1982622	9235.17
6466.58	6898.729	-19.1172276	-65.1982283	9235.17
6514.56	6946.86	-19.1170965	-65.1982107	9239.009
6553.46	6985.893	-19.1169894	-65.1982088	9235.729
6600	7032.436	-19.1168648	-65.1981772	9235.729
6602.7	7035.137	-19.1168576	-65.1981754	9235.729
6622.47	7054.903	-19.1168032	-65.1981744	9235.729
6690.08	7122.668	-19.11662	-65.1981397	9231.136
6726.55	7160.128	-19.1165195	-65.1981378	9239.665
6772.52	7206.093	-19.116393	-65.1981354	9239.665
6818.9	7252.64	-19.1162653	-65.198133	9243.603
6871.79	7305.538	-19.1161197	-65.1981304	9243.603
6897.53	7333.092	-19.1160488	-65.1981291	9253.446
6900	7335.561	-19.116042	-65.198129	9253.446
6949.37	7384.928	-19.1159061	-65.1981266	9253.446
6992.94	7430.625	-19.1157861	-65.1981245	9267.225
7061.28	7499.169	-19.115598	-65.1981209	9272.474
7117.55	7556.37	-19.1154436	-65.1981344	9282.742
7164.68	7603.501	-19.1153218	-65.1981815	9282.742
7192.36	7631.181	-19.1152455	-65.1981803	9282.742
7200	7638.818	-19.1152296	-65.1981947	9282.742
7269.79	7708.654	-19.1150838	-65.1983264	9285.367
7341.62	7781.581	-19.1149444	-65.1984741	9297.966
7406.02	7846.322	-19.1147941	-65.1985731	9304.528
7436.27	7877.928	-19.11474	-65.1986397	9313.714
7488.38	7930.042	-19.1146329	-65.1987401	9313.714
7500	7941.662	-19.1146072	-65.1987602	9313.714
7585.86	8028.837	-19.1144179	-65.1989092	9328.806
7669.58	8113.132	-19.1142542	-65.1990799	9338.649
7702.99	8146.54	-19.1141766	-65.1991319	9338.649
7763.39	8209.305	-19.114043	-65.1992362	9355.709
7800	8245.918	-19.1139445	-65.1992584	9355.709
7897.49	8343.728	-19.113682	-65.1993178	9363.583

Anexo 2 Especificaciones de calidad de gas natural

Propiedad	Especificación	Método de ensayo
Poder Calorífico Superior ⁽¹⁾	No menor a 36,14 MJ/m ³ (970 BTU/ft ³)	ASTM D 3588
Densidad relativa al aire ⁽¹⁾	No menos de 0,58 y no más de 0,69	ASTM D 3588
Volumen de Nitrógeno ⁽¹⁾	No más de 2% vol.	ASTM D 1945
Volumen de gases inertes incluyendo dióxido de carbono ⁽¹⁾	No más de 3,5% vol.	ASTM D 1945
Vapor de agua ⁽²⁾	No más de 95 mg/m ³	ASTM D 1142
Sulfuro de Hidrogeno (H ₂ S) ⁽¹⁾	No más de 5 mg/m ³	ASTM D 4084-07 o a ser acordado entre partes
Sulfuro de Mercaptano	No más de 15 mg/m ³	ASTM D 4084-07 o a ser acordado entre partes
Azufre total ⁽¹⁾	No más de 50 mg/m ³	ASTM D 4468-85 o a ser acordado entre partes
Oxígeno ⁽¹⁾	No más de 0,2% vol.	ASTM D 1945
Dióxido de carbono ⁽¹⁾	No más de 2% vol.	ASTM D 1945
Punto de rocío	0°C a la presión manométrica de 45 kg/cm ²	ASTM D 1142
Impurezas	Libre de agua en forma líquida, polvo o cualquier otra materia sólida o líquida, ceras, adherentes y elementos que formen adherentes y/o cualquier otra sustancia que interfiera con o perjudique la comercialidad del Gas. Sustancialmente libres de hidrocarburos aromáticos, glicoles, metanol o cualquier otra sustancia utilizada en el procesamiento del Gas. No contener condensados o hidrocarburos en forma líquida.	A ser acordado entre partes

Anexo 3 Reporte de resultados del simulador PIPESIM

N°	Type	Total distance (ft)	Elevation (ft)	Pressure (psia)	Temperature (degF)	Fluid mean velocity (ft/s)	Liquid holdup fraction (%)	Erosional velocity ratio	Flow pattern, gas-liquid
1	Flowline	0	305.7	600	75	8.065119	0	0.117158	Gas
2	Flowline	97.81155	297.8	599.9171	74.81005	8.062273	0	0.117138	Gas
3	Flowline	134.4296	297.8	599.8428	74.73033	8.061645	0	0.117133	Gas
4	Flowline	197.2035	280.7	599.9661	74.64844	8.058082	0	0.117107	Gas
5	Flowline	230.6135	280.7	599.8983	74.57643	8.057511	0	0.117103	Gas
6	Flowline	314.8952	270.9	599.8711	74.42699	8.054704	0	0.117083	Gas
7	Flowline	402.0729	255.8	599.9159	74.28987	8.051098	0	0.117056	Gas
8	Flowline	413.6929	255.8	599.8923	74.26537	8.050906	0	0.117055	Gas

9	Flowline	465.8129	255.8	599.7866	74.15591	8.05011	0	0.117049	Gas
10	Flowline	497.4214	246.6	599.8576	74.119	8.048292	0	0.117036	Gas
11	Flowline	562.1585	240.1	599.8219	74.00495	8.046355	0	0.117022	Gas
12	Flowline	635.0853	227.5	599.8592	73.89433	8.043436	0	0.117001	Gas
13	Flowline	704.9175	224.8	599.7575	73.7599	8.042041	0	0.116991	Gas
14	Flowline	712.5575	224.8	599.742	73.74434	8.041932	0	0.11699	Gas
15	Flowline	740.2375	224.8	599.6859	73.68812	8.041552	0	0.116987	Gas
16	Flowline	787.3675	224.8	599.5905	73.59285	8.040916	0	0.116982	Gas
17	Flowline	844.5545	214.6	599.6246	73.5103	8.038657	0	0.116966	Gas
18	Flowline	913.1097	209.3	599.5638	73.39031	8.036976	0	0.116954	Gas
19	Flowline	958.8129	195.5	599.6742	73.34345	8.034364	0	0.116935	Gas
20	Flowline	1008.173	195.5	599.5744	73.24604	8.033727	0	0.11693	Gas
21	Flowline	1010.643	195.5	599.5694	73.24118	8.033694	0	0.11693	Gas
22	Flowline	1038.185	185.7	599.6578	73.21819	8.031929	0	0.116917	Gas
23	Flowline	1091.085	185.7	599.5508	73.11472	8.031265	0	0.116912	Gas
24	Flowline	1137.649	181.8	599.514	73.03662	8.030143	0	0.116904	Gas
25	Flowline	1183.549	181.8	599.4212	72.94795	8.029609	0	0.1169	Gas
26	Flowline	1221.048	173.2	599.472	72.90318	8.027922	0	0.116888	Gas
27	Flowline	1288.805	177.8	599.2673	72.75915	8.027839	0	0.116887	Gas
28	Flowline	1308.605	177.8	599.2272	72.7216	8.027632	0	0.116886	Gas
29	Flowline	1311.305	177.8	599.2218	72.71649	8.027601	0	0.116885	Gas
30	Flowline	1357.805	177.8	599.1278	72.62872	8.027114	0	0.116882	Gas
31	Flowline	1396.845	181.1	599.0002	72.545	8.027201	0	0.116883	Gas
32	Flowline	1444.995	177.3	598.9589	72.46729	8.026165	0	0.116875	Gas
33	Flowline	1520.895	177.3	598.8054	72.32684	8.025426	0	0.11687	Gas
34	Flowline	1550.06	172.7	598.8142	72.28789	8.024478	0	0.116863	Gas
35	Flowline	1596.56	172.7	598.7203	72.20285	8.02404	0	0.11686	Gas
36	Flowline	1613.868	164.8	598.8017	72.19643	8.022738	0	0.11685	Gas
37	Flowline	1624.168	164.8	598.7808	72.17769	8.022611	0	0.116849	Gas
38	Flowline	1708.327	158.2	598.708	72.04626	8.020892	0	0.116837	Gas
39	Flowline	1725.127	158.2	598.6741	72.01604	8.020743	0	0.116836	Gas
40	Flowline	1775.746	149.7	598.6971	71.95234	8.019061	0	0.116823	Gas
41	Flowline	1834.501	119.5	599.0237	71.94339	8.014088	0	0.116787	Gas
42	Flowline	1868.534	104.4	599.1778	71.93066	8.011546	0	0.116769	Gas
43	Flowline	1905.034	104.4	599.1041	71.86568	8.011215	0	0.116766	Gas
44	Flowline	1926.734	104.4	599.0604	71.82722	8.011042	0	0.116765	Gas
45	Flowline	1972.781	89.3	599.1903	71.79385	8.008447	0	0.116746	Gas
46	Flowline	2001.481	89.3	599.1324	71.74328	8.0082	0	0.116744	Gas
47	Flowline	2066.573	76.9	599.1842	71.66858	8.005867	0	0.116727	Gas
48	Flowline	2108.073	76.9	599.1005	71.59622	8.005547	0	0.116725	Gas
49	Flowline	2141.352	69.3	599.1456	71.56264	8.004189	0	0.116715	Gas
50	Flowline	2173.552	69.3	599.0807	71.50694	8.003944	0	0.116713	Gas
51	Flowline	2222.254	50.2	599.2646	71.48378	8.00078	0	0.11669	Gas
52	Flowline	2235.254	50.2	599.2384	71.46141	8.000661	0	0.116689	Gas

53	Flowline	2247.654	50.2	599.2134	71.44011	8.000576	0	0.116689	Gas
54	Flowline	2318.911	33.2	599.3211	71.37223	7.997575	0	0.116667	Gas
55	Flowline	2376.787	37.7	599.138	71.25951	7.997852	0	0.116669	Gas
56	Flowline	2411.887	37.7	599.0673	71.20027	7.997642	0	0.116667	Gas
57	Flowline	2468.65	15.4	599.2826	71.17585	7.993992	0	0.116641	Gas
58	Flowline	2508.85	15.4	599.2017	71.1085	7.993726	0	0.116639	Gas
59	Flowline	2549.239	-7.6	599.4605	71.1143	7.990093	0	0.116612	Gas
60	Flowline	2573.039	-7.6	599.4126	71.07459	7.989913	0	0.116611	Gas
61	Flowline	2595.739	-7.6	599.3669	71.03684	7.989784	0	0.11661	Gas
62	Flowline	2654.602	-41.1	599.7443	71.04584	7.984486	0	0.116571	Gas
63	Flowline	2690.502	-41.1	599.6721	70.98633	7.984243	0	0.116569	Gas
64	Flowline	2747.511	-90.3	600.2861	71.0487	7.976638	0	0.116514	Gas
65	Flowline	2770.411	-90.3	600.2401	71.01071	7.976444	0	0.116512	Gas
66	Flowline	2796.611	-90.3	600.1875	70.9674	7.976298	0	0.116511	Gas
67	Flowline	2856.18	-134.8	600.7276	71.01082	7.969381	0	0.116461	Gas
68	Flowline	2885.48	-134.8	600.6687	70.96239	7.969161	0	0.116459	Gas
69	Flowline	2907.88	-134.8	600.6238	70.9255	7.969039	0	0.116458	Gas
70	Flowline	2939.755	-159.7	600.9292	70.95244	7.965209	0	0.11643	Gas
71	Flowline	2966.555	-159.7	600.8755	70.90836	7.965005	0	0.116429	Gas
72	Flowline	3013.525	-167	600.8896	70.85469	7.963679	0	0.116419	Gas
73	Flowline	3046.325	-167	600.8238	70.8012	7.963499	0	0.116418	Gas
74	Flowline	3104.813	-170.2	600.754	70.71656	7.962737	0	0.116412	Gas
75	Flowline	3118.013	-170.2	600.7275	70.69526	7.96267	0	0.116412	Gas
76	Flowline	3172.243	-144.4	600.2359	70.52606	7.966247	0	0.116438	Gas
77	Flowline	3211.397	-120.1	599.7969	70.38664	7.969716	0	0.116463	Gas
78	Flowline	3235.497	-120.1	599.7485	70.34886	7.969675	0	0.116463	Gas
79	Flowline	3273.597	-120.1	599.672	70.28938	7.969541	0	0.116462	Gas
80	Flowline	3335.298	-83.4	599.0041	70.07695	7.974807	0	0.1165	Gas
81	Flowline	3368.298	-83.4	598.9378	70.02663	7.974765	0	0.1165	Gas
82	Flowline	3407.498	-83.4	598.859	69.96716	7.974668	0	0.116499	Gas
83	Flowline	3465.313	-53.2	598.2954	69.7839	7.979046	0	0.116531	Gas
84	Flowline	3533.641	-37.5	597.9256	69.63271	7.981324	0	0.116548	Gas
85	Flowline	3557.941	-37.5	597.8767	69.59712	7.981311	0	0.116548	Gas
86	Flowline	3570.641	-37.5	597.8512	69.57857	7.981297	0	0.116548	Gas
87	Flowline	3641.263	-23.4	597.5005	69.43106	7.983343	0	0.116563	Gas
88	Flowline	3683.663	-23.4	597.4152	69.3702	7.983334	0	0.116563	Gas
89	Flowline	3746.872	3.5	596.89	69.19443	7.98735	0	0.116592	Gas
90	Flowline	3789.872	3.5	596.8035	69.1341	7.987391	0	0.116592	Gas
91	Flowline	3798.772	3.5	596.7856	69.12166	7.987393	0	0.116592	Gas
92	Flowline	3825.172	3.5	596.7325	69.08485	7.987404	0	0.116592	Gas
93	Flowline	3860.035	26.5	596.322	68.96305	7.990856	0	0.116618	Gas
94	Flowline	3874.035	26.5	596.2939	68.94382	7.990918	0	0.116618	Gas
95	Flowline	3884.752	27.1	596.2634	68.92721	7.991015	0	0.116619	Gas
96	Flowline	3917.252	27.1	596.198	68.88277	7.991053	0	0.116619	Gas

97	Flowline	3955.902	46.2	595.8378	68.76923	7.993959	0	0.11664	Gas
98	Flowline	3994.102	46.2	595.7609	68.71784	7.994055	0	0.116641	Gas
99	Flowline	4039.422	42.9	595.7184	68.66774	7.993638	0	0.116638	Gas
100	Flowline	4049.922	42.9	595.6973	68.65373	7.993651	0	0.116638	Gas
101	Flowline	4098.722	42.9	595.599	68.58889	7.993745	0	0.116639	Gas
102	Flowline	4141.988	28.5	595.7249	68.57772	7.991673	0	0.116624	Gas
103	Flowline	4163.288	28.5	595.682	68.5496	7.991692	0	0.116624	Gas
104	Flowline	4189.738	47.5	595.3478	68.4541	7.994583	0	0.116645	Gas
105	Flowline	4205.038	47.5	595.317	68.43415	7.994675	0	0.116646	Gas
106	Flowline	4218.138	47.5	595.2907	68.4171	7.994709	0	0.116646	Gas
107	Flowline	4253.538	61.3	595.0154	68.32712	7.996872	0	0.116662	Gas
108	Flowline	4283.638	61.3	594.9548	68.28843	7.99699	0	0.116662	Gas
109	Flowline	4294.438	61.3	594.933	68.27459	7.997022	0	0.116663	Gas
110	Flowline	4484.105	106.1	593.8891	67.89282	8.004323	0	0.116716	Gas
111	Flowline	4497.905	106.1	593.8613	67.87596	8.004371	0	0.116716	Gas
112	Flowline	4505.637	106.8	593.8353	67.86429	8.004485	0	0.116717	Gas
113	Flowline	4562.837	106.8	593.72	67.79477	8.004628	0	0.116718	Gas
114	Flowline	4619.973	98.3	593.7304	67.75289	8.003534	0	0.11671	Gas
115	Flowline	4681.867	70.7	594.0133	67.76636	7.999652	0	0.116682	Gas
116	Flowline	4732.267	70.7	593.9118	67.70577	7.999754	0	0.116683	Gas
117	Flowline	4785.813	39.2	594.2694	67.74204	7.995304	0	0.11665	Gas
118	Flowline	4804.013	39.2	594.2328	67.72018	7.995309	0	0.11665	Gas
119	Flowline	4815.313	39.2	594.21	67.70664	7.99534	0	0.11665	Gas
120	Flowline	4827.713	39.2	594.1851	67.6918	7.995374	0	0.116651	Gas
121	Flowline	4874.207	3.1	594.6253	67.75126	7.990244	0	0.116613	Gas
122	Flowline	4896.552	6.4	594.5315	67.71389	7.99072	0	0.116617	Gas
123	Flowline	4923.352	6.4	594.4776	67.68183	7.990804	0	0.116617	Gas
124	Flowline	4959.752	6.4	594.4043	67.63846	7.990908	0	0.116618	Gas
125	Flowline	4990.883	-21.2	594.75	67.68947	7.987001	0	0.11659	Gas
126	Flowline	5031.616	-26.4	594.745	67.65748	7.986294	0	0.116584	Gas
127	Flowline	5049.116	-26.4	594.7099	67.63667	7.986334	0	0.116585	Gas
128	Flowline	5095.193	-61.2	595.1324	67.69288	7.981404	0	0.116549	Gas
129	Flowline	5150.493	-61.2	595.0212	67.627	7.981501	0	0.116549	Gas
130	Flowline	5165.693	-61.2	594.9907	67.60899	7.981546	0	0.11655	Gas
131	Flowline	5217.429	-99.3	595.4511	67.66921	7.97615	0	0.11651	Gas
132	Flowline	5241.629	-99.3	595.4025	67.64042	7.976163	0	0.11651	Gas
133	Flowline	5287.577	-113.8	595.5251	67.63216	7.974186	0	0.116496	Gas
134	Flowline	5305.577	-113.8	595.4889	67.61083	7.974215	0	0.116496	Gas
135	Flowline	5337.277	-113.8	595.4253	67.57338	7.974308	0	0.116497	Gas
136	Flowline	5409.96	-101.3	595.094	67.44834	7.976365	0	0.116512	Gas
137	Flowline	5427.16	-101.3	595.0595	67.42839	7.976437	0	0.116512	Gas
138	Flowline	5476.029	-74.4	594.5628	67.28625	7.980537	0	0.116542	Gas
139	Flowline	5493.929	-74.4	594.5268	67.26588	7.98065	0	0.116543	Gas
140	Flowline	5559.412	-71.1	594.3463	67.18124	7.981408	0	0.116549	Gas

141	Flowline	5604.912	-71.1	594.2549	67.13019	7.981614	0	0.11655	Gas
142	Flowline	5706.613	-31.8	593.4686	66.89228	7.987885	0	0.116596	Gas
143	Flowline	5734.313	-31.8	593.4129	66.86226	7.988064	0	0.116597	Gas
144	Flowline	5776.013	-31.8	593.329	66.81728	7.988295	0	0.116599	Gas
145	Flowline	5815.796	-0.3	592.783	66.67414	7.993132	0	0.116634	Gas
146	Flowline	5817.396	-0.3	592.7798	66.67245	7.993203	0	0.116635	Gas
147	Flowline	5886.266	-23.9	592.9902	66.6752	7.990153	0	0.116613	Gas
148	Flowline	5934.328	7.6	592.4276	66.52415	7.995053	0	0.116648	Gas
149	Flowline	5948.828	7.6	592.3984	66.50916	7.995198	0	0.116649	Gas
150	Flowline	5999.257	37.1	591.8609	66.36313	7.999884	0	0.116684	Gas
151	Flowline	6033.157	37.1	591.7926	66.32885	8.000175	0	0.116686	Gas
152	Flowline	6055.557	37.1	591.7474	66.30629	8.00034	0	0.116687	Gas
153	Flowline	6117.276	65.3	591.2066	66.15455	8.004974	0	0.116721	Gas
154	Flowline	6149.676	65.3	591.1412	66.1227	8.005267	0	0.116723	Gas
155	Flowline	6174.848	57.4	591.2071	66.1233	8.004317	0	0.116716	Gas
156	Flowline	6210.721	79.7	590.8056	66.01699	8.007865	0	0.116742	Gas
157	Flowline	6256.521	79.7	590.7132	65.97286	8.008301	0	0.116745	Gas
158	Flowline	6286.11	72.5	590.7598	65.96751	8.007499	0	0.116739	Gas
159	Flowline	6324.51	72.5	590.6823	65.93076	8.007814	0	0.116741	Gas
160	Flowline	6360.131	90.9	590.3389	65.83807	8.010837	0	0.116763	Gas
161	Flowline	6390.72	77.1	590.4808	65.85341	8.009125	0	0.116751	Gas
162	Flowline	6423.82	77.1	590.4141	65.82223	8.00939	0	0.116753	Gas
163	Flowline	6442.52	77.1	590.3763	65.80469	8.009561	0	0.116754	Gas
164	Flowline	6467.92	77.1	590.3251	65.78093	8.009794	0	0.116756	Gas
165	Flowline	6493.354	74.5	590.3121	65.76553	8.009649	0	0.116755	Gas
166	Flowline	6524.254	74.5	590.2498	65.73679	8.009929	0	0.116757	Gas
167	Flowline	6544.154	74.5	590.2097	65.71835	8.010117	0	0.116758	Gas
168	Flowline	6569.854	74.5	590.1578	65.69461	8.01036	0	0.11676	Gas
169	Flowline	6607.043	86.5	589.9057	65.62207	8.012489	0	0.116775	Gas
170	Flowline	6627.143	86.5	589.8651	65.60376	8.01271	0	0.116777	Gas
171	Flowline	6635.243	86.5	589.8488	65.5964	8.01279	0	0.116778	Gas
172	Flowline	6675.831	57.7	590.1918	65.65161	8.008933	0	0.116749	Gas
173	Flowline	6716.254	78.6	589.8019	65.54791	8.012363	0	0.116774	Gas
174	Flowline	6748.154	78.6	589.7375	65.5192	8.012723	0	0.116777	Gas
175	Flowline	6769.854	78.6	589.6937	65.49974	8.012943	0	0.116779	Gas
176	Flowline	6791.737	89.8	589.4843	65.44435	8.014807	0	0.116792	Gas
177	Flowline	6834.716	68.8	589.7073	65.47339	8.012181	0	0.116773	Gas
178	Flowline	6847.016	68.8	589.6825	65.46243	8.012271	0	0.116774	Gas
179	Flowline	6871.016	68.8	589.634	65.4411	8.012519	0	0.116776	Gas
180	Flowline	6896.847	79.3	589.427	65.38464	8.014332	0	0.116789	Gas
181	Flowline	6914.747	79.3	589.3909	65.36892	8.014552	0	0.11679	Gas
182	Flowline	6938.147	79.3	589.3437	65.34842	8.014802	0	0.116792	Gas
183	Flowline	6976.172	47.8	589.7316	65.41592	8.010547	0	0.116761	Gas
184	Flowline	6993.672	47.8	589.6962	65.40048	8.010668	0	0.116762	Gas

185	Flowline	7016.062	55	589.5448	65.35774	8.011959	0	0.116772	Gas
186	Flowline	7025.862	55	589.5251	65.34916	8.012087	0	0.116772	Gas
187	Flowline	7050.862	55	589.4746	65.32733	8.012355	0	0.116774	Gas
188	Flowline	7091.093	30.1	589.7608	65.37194	8.0091	0	0.116751	Gas
189	Flowline	7115.893	30.1	589.7108	65.35021	8.009317	0	0.116752	Gas
190	Flowline	7125.293	30.1	589.6918	65.34199	8.009417	0	0.116753	Gas
191	Flowline	7138.893	30.1	589.6644	65.33012	8.009563	0	0.116754	Gas
192	Flowline	7150.393	30.1	589.6412	65.32011	8.009686	0	0.116755	Gas
193	Flowline	7168.972	25.5	589.6716	65.31868	8.009215	0	0.116752	Gas
194	Flowline	7202.414	5.1	589.9052	65.35486	8.006545	0	0.116732	Gas
195	Flowline	7225.314	5.1	589.859	65.33485	8.006742	0	0.116734	Gas
196	Flowline	7238.414	5.1	589.8326	65.32343	8.006883	0	0.116735	Gas
197	Flowline	7255.714	5.1	589.7977	65.30839	8.007068	0	0.116736	Gas
198	Flowline	7284.885	-8.7	589.9426	65.32723	8.00535	0	0.116723	Gas
199	Flowline	7310.985	-8.7	589.89	65.30453	8.005595	0	0.116725	Gas
200	Flowline	7320.085	-8.7	589.8716	65.29663	8.005693	0	0.116726	Gas
201	Flowline	7342.785	-8.7	589.8258	65.27698	8.005938	0	0.116728	Gas
202	Flowline	7354.385	-8.7	589.8024	65.26696	8.006064	0	0.116729	Gas
203	Flowline	7385.975	-25.1	589.9809	65.2922	8.00399	0	0.116713	Gas
204	Flowline	7408.375	-25.1	589.9357	65.27282	8.004193	0	0.116715	Gas
205	Flowline	7426.175	-25.1	589.8998	65.25746	8.004387	0	0.116716	Gas
206	Flowline	7440.875	-25.1	589.8702	65.24481	8.004548	0	0.116718	Gas
207	Flowline	7458.331	-31.6	589.931	65.25063	8.003793	0	0.116712	Gas
208	Flowline	7484.631	-31.6	589.8779	65.22803	8.004053	0	0.116714	Gas
209	Flowline	7588.388	-40.2	589.7957	65.16697	8.003921	0	0.116713	Gas
210	Flowline	7742.739	-31.4	589.3546	65.00907	8.006993	0	0.116735	Gas
211	Flowline	7748.039	-31.4	589.3439	65.00469	8.00706	0	0.116736	Gas
212	Flowline	8026.266	-23	588.6586	64.75163	8.011692	0	0.11677	Gas
213	Flowline	8042.866	-23	588.6251	64.73849	8.011904	0	0.116771	Gas
214	Flowline	8343.746	0	587.6784	64.43204	8.019311	0	0.116825	Gas
