



Tecnológico UNIVERSITARIO
“RUMIÑAHUI”

CARRERA:

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN PETRÓLEOS

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de

TECNOLÓGO SUPERIOR EN PETROLEOS

TEMA:

**MITIGAR LA QUEMA DE GAS ASOCIADO MEDIANTE LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y
APROVECHAMIENTO VIABLE EN EL BLOQUE 64, AFRO 2023-2025
UBICADO EN LA PROVINCIA DE ORELLANA**

AUTOR:

MONTERO VILLENA DARWIN ALBERTO

GUZMÁN OLEAS LUIS ENRIQUE

CHANGO LICUY JOSÉ LUIS

DIRECTOR:

ING. LUIS ALFREDO ALVAREZ LAZO

Quito, Julio, 21 de 2024

**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 03 de noviembre de 2024

**MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, **CHANGO LICUY JOSE LUIS**, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, **MITIGAR LA QUEMA DE GAS ASOCIADO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO VIABLE EN EL BLOQUE 64, AFRO 2023-2025 UBICADO EN LA PROVINCIA DE ORELLANA**, de la Tecnología Superior en Petróleos; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



CHANGO LICUY JOSE LUIS

**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 03 de noviembre de 2024

**MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, **GUZMÁN OLEAS LUIS ENRIQUE**, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, **MITIGAR LA QUEMA DE GAS ASOCIADO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO VIABLE EN EL BLOQUE 64, AFRO 2023-2025 UBICADO EN LA PROVINCIA DE ORELLANA**, de la Tecnología Superior en Petróleos; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,


GUZMÁN OLEAS LUIS ENRIQUE

**CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

CT-ANX-2024-ISTER-6-6.2

Sangolquí, 03 de noviembre de 2024

**MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA**

**MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN**

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

Por medio de la presente, yo, **MONTERO VILLENA DARWIN ALBERTO**, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado, **MITIGAR LA QUEMA DE GAS ASOCIADO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO VIABLE EN EL BLOQUE 64, AFRO 2023-2025 UBICADO EN LA PROVINCIA DE ORELLANA**, de la Tecnología

Superior en Petróleos; y a su vez manifiesto mi voluntad de ceder al Instituto Superior Tecnológico Rumiñahui con condición de Universitario los derechos de reproducción, distribución y publicación de dicho trabajo de titulación, en cualquier formato y medio, con fines académicos y de investigación.

Esta cesión se otorga de manera no exclusiva y por un periodo indeterminado. Sin embargo, conservo los derechos morales sobre mi obra.

En fe de lo cual, firmo la presente.

Atentamente,



MONTERO VILLENA DARWIN ALBERTO

**FORMULARIO PARA ENTREGA DE PROYECTOS EN
BIBLIOTECA INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO
RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO**

CT-ANX-2024-ISTER-1

CARRERA:

TECNOLOGÍA SUPERIOR EN PETROLEOS

AUTOR /ES:

MONTERO VILLENA DARWIN ALBERTO
GUZMAN OLEAS LUIS ENRIQUE
CHANGO LICUY JOSE LUIS

TUTOR:

ÁLVAREZ LAZO LUIS ALFREDO

CONTACTO ESTUDIANTE:

0959525626
0980228103
0986832510

CORREO ELECTRÓNICO:

damv_2012@hotmail.com
luisguzman16@yahoo.es
jose.chango@ister.edu.ec

TEMA:

MITIGAR LA QUEMA DE GAS ASOCIADO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO VIABLE EN EL BLOQUE 64, AFRO 2023-2025 UBICADO EN LA PROVINCIA DE ORELLANA

OPCIÓN DE TITULACIÓN:

TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULARPREVIO A LA OBTENION DEL TITULO DE TECNOLOGO SUPERIOR EN PETROLEOS

RESUMEN EN ESPAÑOL:

El gas asociado es un subproducto inevitable de la producción de petróleo que, si no se maneja adecuadamente, puede generar graves consecuencias ambientales y económicas. La quema de gas asociado dispersa gases que atrapan el calor y poluentes en la atmósfera, lo que impulsa el calentamiento global y afecta la pureza del aire.

Existen diversos métodos para la captación del gas asociado, cada uno con sus ventajas y desventajas. Los que se estudiaron fueron: Sistemas de Recuperación de Condensados (SRC), que permiten recuperar condensados líquidos y otros componentes valiosos del gas asociado, pero su eficiencia se limita a campos con alto contenido de condensados; Criogenia, que ofrece una alta eficiencia de separación, recuperando hasta el 95% del GLP presente en el gas asociado, además de permitir la separación de otros componentes valiosos como etano y propano; y el Oxidador Térmico, que elimina completamente el gas asociado, reduciendo las liberaciones de gases que contribuyen al calentamiento global y los poluentes del aire., pero no permite la recuperación de componentes valiosos y presenta una menor eficiencia de conversión de gas a energía eléctrica.

PALABRAS CLAVE:

- PRODUCCION
- GAS
- ENERGIA
- ECONOMIA
- AMBIENTE

ABSTRACT:

Associated gas is an unavoidable byproduct of oil production that, if not properly managed, can lead to serious environmental and economic consequences. Flaring associated gas disperses heat-trapping gases and pollutants into the atmosphere, driving global warming and affecting air purity.

There are various methods for capturing associated gas, each with its advantages and disadvantages. Those studied were: Condensate Recovery Systems (CRS), which allow the recovery of liquid condensates and other valuable components from associated gas, but their efficiency is limited to fields with high condensate content; Cryogenics, which offers high separation efficiency, recovering up to 95% of the LPG present in associated gas, as well as allowing the separation of other valuable components such as ethane and propane; and the Thermal Oxidizer, which completely removes associated gas, reducing the releases

of gases that contribute to global warming and air pollutants, but does not allow the recovery of valuable components and has a lower gas-to-electrical conversion efficiency.

PALABRAS CLAVE:

- PRODUCTION
- GAS
- ENERGY
- ECONOMY
- ATMOSPHERE

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2024-ISTER-2

Sangolquí, 31 de Octubre del 2024

Sres.-

**INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE
UNIVERSITARIO**

Presente

A través del presente me permito aceptar la publicación del trabajo de titulación de la Unidad de Integración Curricular en el repositorio digital "DsPace" de los estudiantes: MONTERO VILLENA DARWIN ALBERTO, con CI. 2200242549, GUZMAN OLEAS LUIS ENRIQUE, con CI.2200047179, CHANGO LICUY JOSE LUIS, con CI, 1500629314 alumnos de la Carrera TECNOLOGIA SUPERIOR EN PETROLEOS

Atentamente,



DARWIN MONTERO
C.I.: 22002242549



LUIS GUZMAN
C.I.:2200047179



JOSE CHANGO
C.I.:1500629314

SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software "TURNITING" y cuenta con un porcentaje de 6 %; motivo por el cual, el Proyecto Técnico de Titulación es publicable. (EL PORCENTAJE DE SIMILITUD DEBE SER MÁXIMO DE 15%)

MSc. Elizabeth Ordoñez
DIRECTORA DE DOCENCIA

MSc. Mónica Loachamín
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe ____ / ____ / ____

ÍNDICE GENERAL (FORMATO DE INDICE DE WORD)

RESUMEN.....	6
CAPITULO I.....	7
INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. Planteamiento del Problema.....	7
1.1.1 Problema Central.....	7
1.1.2 Causas.....	7
1.1.3 Efectos.....	8
1.2 Justificación.....	8
1.3 Alcance.....	10
1.3.1 Escenario 1: Optimización de Procesos Operativos.....	10
1.3.2 Escenario 2: Captación del Gas Asociado.....	10
1.3.3 Escenario 3: Aprovechamiento del Gas Asociado.....	11
1.3.4 Resultados Esperados.....	11
1.4 Objetivos General y Específicos.....	11
1.4.1 Objetivo general.....	11
1.4.2 Objetivos específicos.....	12
CAPITULO II.....	13
MARCO TEÓRICO.....	13
2.1 Soluciones Propuestas.....	13
2.1.1 Optimización de Procesos Operativos.....	13
2.1.2 Tecnologías de Captación.....	14
2.1.3 Tecnologías de Aprovechamiento.....	15
CAPITULO III.....	16
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.....	16

3.1 Optimización de Procesos Operativos para la Captura de Gas Asociado	16
3.1.1 Optimización del Separador FWKO V-01	16
3.1.2 Optimización de los Separadores de Producción.....	18
3.2 Captación del Gas Asociado.....	19
3.2.1 Implementación de Sistemas de Recuperación de Condensados (SRC).....	19
3.2.1.1 Condiciones Actuales	20
3.2.1.2 Diseño del Sistema	20
3.2.1.3 Implementación.....	21
3.2.1.4 Análisis Financiero.....	21
3.2.2 Implementación de Tecnología de Criogenia	22
3.2.2.1 Condiciones Actuales	22
3.2.2.2 Diseño del Sistema	23
3.2.2.3 Implementación.....	23
3.2.2.4 Análisis Financiero.....	23
3.2.3 Instalación de Oxidadores Térmicos (Thermal Oxidizers).....	24
3.2.3.1 Condiciones Actuales	26
3.2.3.2 Diseño del Sistema	27
3.2.3.3 Implementación y Análisis Financiero	27
3.3 Aprovechamiento del Gas Asociado.....	28
3.3.1 Aprovechamiento para Generación Eléctrica	28
3.3.1.2 Implementación del Proceso de Aprovechamiento del Gas Asociado para Generación de Electricidad	29
3.3.1.2 Componentes Principales de la Planta de Generación Eléctrica.....	29
3.3.1.3 Ventajas de la Generación de Electricidad a partir de Gas Asociado	30
3.3.1.4 Análisis Financiero.....	30

3.3.1.5 Proceso de Generación	31
3.3.2 Aprovechamiento para Producción de Gas Licuado de Petróleo (GLP).....	32
3.3.2.1 Aprovechamiento según el Método de Captación	32
3.3.2.2 Proceso de Producción de GLP	33
3.3.3 Alimentación de procesos industriales	36
3.3.3.1 Calderas y Hornos	36
3.3.3.2 Producción de Hidrógeno	37
3.3.3.3 Fabricación de Productos Químicos.....	37
CAPITULO IV	40
PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	40
4.1 Comparativo de los 3 Métodos de Captación.....	40
4.2 Evaluación de los métodos de Aprovechamiento	40
4.3 Discusión	40
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	42
5.1 Mejor Opción de Captación de Gas Asociado.....	42
5.2 Mejor Opción de Aprovechamiento del Gas Asociado.....	42
5.3 Análisis PESTEL	42
5.4 Conclusiones.....	46
5.5 Recomendaciones	47
5.6 Consideraciones Finales	48
BIBLIOGRAFIA	49

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Optimización del Separador FWKO V-01	17
Tabla 2. Optimización de los Separadores de Producción	19
Tabla 3. Resultados del Proceso de Recuperación de Condensados (SRC)	21
Tabla 4. Resultados del Proceso de Criogenia	23
Tabla 5. Análisis Comparativo Principales Rubros de los 3 Métodos de Captación	40
Tabla 6. Análisis Comparativo Principales Rubros de los 2 Métodos de Aprovechamiento.....	40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de un Oxidador Térmico.	25
Figura 2. Producción de GLP y Usos.....	36
Figura 3. Obtención de Metanol.	38
Figura 4. Obtención de Amoníaco.....	39
Figura 5. Obtención de Ácido Sulfúrico.	39

RESUMEN

El gas asociado es un subproducto inevitable de la producción de petróleo que, si no se maneja adecuadamente, puede generar graves consecuencias ambientales y económicas. La quema de gas asociado dispersa gases que atrapan el calor y poluentes en la atmósfera, lo que impulsa el calentamiento global y afecta la pureza del aire.

Existen diversos métodos para la captación del gas asociado, cada uno con sus ventajas y desventajas. Los que se estudiaron fueron: Sistemas de Recuperación de Condensados (SRC), que permiten recuperar condensados líquidos y otros componentes valiosos del gas asociado, pero su eficiencia se limita a campos con alto contenido de condensados; Criogenia, que ofrece una alta eficiencia de separación, recuperando hasta el 95% del GLP presente en el gas asociado, además de permitir la separación de otros componentes valiosos como etano y propano; y el Oxidador Térmico, que elimina completamente el gas asociado, reduciendo las liberaciones de gases que contribuyen al calentamiento global y los poluentes del aire., pero no permite la recuperación de componentes valiosos y presenta una menor eficiencia de conversión de gas a energía eléctrica.

Una vez captado, el gas asociado puede ser aprovechado de diversas maneras, generando beneficios económicos y ambientales. Las alternativas que presentamos, encontramos: La Generación de Electricidad, donde el gas asociado puede ser utilizado como energía en turbinas de gas para crear electricidad de forma más limpia y amigable con el medio ambiente, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y contribuyendo a la variedad en las fuentes de energía; y la Producción de Gas Licuado (GLP), donde el gas asociado puede ser licuado mediante criogenia para obtener GLP, un combustible versátil y transportable que puede ser comercializado a nivel nacional e internacional.

Se optaron por la implementación del Oxidador Térmico y por la producción de Gas Licuado, como las opciones con mejores resultados.

Como recomendaciones, indicamos la evaluación detallada de los métodos de captación y aprovechamiento, un estudio de mercado para el GLP, el desarrollo de infraestructura para transporte y almacenamiento de GLP, un análisis de impacto ambiental, entre otras.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

1.1.1 Problema Central

El problema central del estudio es la quema de gas asociado y su nulo aprovechamiento.

1.1.2 Causas

- Capacidad insuficiente de plantas de procesamiento.
 - Falta de infraestructura adecuada.
 - Estaciones de compresión de gas obsoletas.
 - Insuficiente inversión en actualización tecnológica.

- Sistemas de recolección y almacenamiento que son insuficientes.
 - Ausencia de sistemas de recuperación de condensados.
 - Falta de Thermal Oxidizers y otros equipos avanzados.
 - Carencia de sistemas de almacenamiento y distribución de gas capturado.

- Alta Demanda Energética y Dependencia de Diésel.
 - Uso intensivo de bombeo electro-sumergible (BES).
 - Consumo de 9,000 galones de diésel por día.
 - Producción de electricidad a partir del gas que es limitada.

- Falta de Regulaciones y políticas Efectivas.
 - Ausencia de políticas ambientales estrictas.
 - Regulaciones insuficientes para la quema de gas.
 - Falta de incentivos para la implementación de tecnologías sostenibles.

1.1.3 Efectos

- Impactos Ambientales Negativos.
 - Emisión de dióxido de carbono y otros poluentes..
 - Aporte al calentamiento global.
 - Deterioro del medio ambiente local.

- Problemas de bienestar comunitario.
 - Incremento de afecciones respiratorias en comunidades locales.
 - Pollución del aire y agua.
 - Riesgos para la salud debido a la exposición a contaminantes tóxicos.

- Ineficiencia operativa.
 - Aumento en los costos operativos debido al uso de diésel.
 - Ineficiencia en la separación y procesamiento de crudo y gas.
 - Necesidad de reprocesar crudo debido a alto contenido de BSW.

1.2 Justificación

La suposición propuesta propone que mediante la instalación de un innovador sistema de recolección y uso de gas asociado en el Bloque 64 de Orellana se podrían disminuir los efectos de la quema de gas, aumentar la eficiencia en la producción y minimizar los impactos sociales y ambientales adversos.

Esta hipótesis se cimienta en un profundo análisis técnico que identificó como causas fundamentales de la ineficiencia en la separación del petróleo y el gas los siguientes determinantes: la temperatura del proceso, el tiempo de retención de los fluidos en los separadores y la obsolescencia de los equipos actuales.

La quema de gas asociado ha sido una práctica habitual en el Bloque 64 debido a la incapacidad de las plantas procesadoras para gestionar el volumen de gas extraído. Esto ha generado emisiones de contaminantes tóxicos que han repercutido en la salud de las comunidades aledañas y han contribuido al deterioro del entorno natural.

Por otra parte, quemar gas ha provocado la pérdida de recursos valiosos que podrían ser aprovechados para generar energía y optimizar la eficiencia del funcionamiento del sector petrolero en general.

La puesta en marcha de un sistema de recuperación y uso del gas en el Bloque 64 es necesaria por varias razones. En primer lugar, esto reducirá significativamente el daño ecológico: al bajar las emisiones de dióxido de carbono y otros agentes contaminantes en la atmósfera, se mejorará efectivamente para el aire y reducirá significativamente la escala del calentamiento global. En segundo lugar, debido a la reducción de la exposición de la población y las comunidades locales a la inhalación de los productos tóxicos de la quema, el bloqueo de gas combustible mejorará la salud de las personas y la calidad de vida, y reducirá la incidencia de enfermedades del tracto respiratorio y otros problemas de salud que ocurren bajo la influencia de tales productos. flujo a la atmósfera. En tercer lugar, por razones de economía y uso efectivo de los hidrocarburos, se optimizará la calidad del petróleo y reducirá la cantidad de sedimentos y agua (BSW) en el mismo. Esto aumentará la rentabilidad del petróleo y reducirá los costes asociados con la limpieza y la posterior remoción. Adecuado para trabajo (compra de tambores de productos químicos para la limpieza, tambores y tambores; limpieza y limpieza del transporte). En cuarto lugar, la construcción de este sistema hará posible el uso eficiente de un recurso valioso, gas asociado del petróleo, desde la perspectiva económica, para producir electricidad, lo que permitirá reducir la dependencia del consumo de diésel y aumentar la eficiencia energética general. En quinto lugar, contribuirá, en relación con las directrices para salvaguardar el medio ambiente y garantizar la seguridad durante el trabajo, a su cumplimiento, con el objetivo de seguir las reglas de las normas ISO 14001, API, etc. Y, en su conjunto, contribuirá a la formación. capacitación de especialistas en la especialidad de producción, purificación, cualquier gas y petróleo que use petróleo para la seguridad y el mantenimiento sostenible del subsuelo.

En resumen, el proyecto no solo resolverá los problemas de salud y medio ambiente, sino que también fomentará procedimientos petroleros más sostenibles y responsables en términos técnicos, los que, a su vez, beneficiarán tanto a las comunidades locales, como al entorno global.

1.3 Alcance

El proyecto de la reducción de la quema de gas asociado en el Bloque 64 abarcaría un enfoque integral para capturar y aprovechar el gas asociado, optimizando los procesos operativos, adoptando tecnologías avanzadas y capacitando al personal técnico. Este proyecto se desarrollaría en varias etapas detalladas a continuación:

1.3.1 Escenario 1: Optimización de Procesos Operativos

En primer lugar, se realizará la optimización de los procesos operativos, centrándose en el equipo FWKO V-01. Este proceso implica ajustes precisos en la temperatura y el tiempo de residencia en el separador de producción, con la meta de elevar la calidad del petróleo y reducir el contenido de agua (BSW). Además, se ajustarán los parámetros operativos en los separadores de producción para maximizar la eficiencia en la separación de fluidos, asegurando una operación más eficiente y reduciendo la mala utilización de recursos. La mejora de estos procesos no solo mejorará la calidad del producto final, sino que también reducirá la necesidad de reprocesamiento, generando así una operación más rentable y sostenible.

1.3.2 Escenario 2: Captación del Gas Asociado

Para la captación efectiva del gas asociado, se considerarán diversas tecnologías emergentes. En primer lugar, se aplicarán sofisticados sistemas de recuperación de condensados, lo que posibilitará atrapar el gas asociado de manera segura y eficiente, convirtiéndolo en un recurso valioso en lugar de desperdiciarlo en antorchas. Adicionalmente, se analizará detalladamente, entre otras alternativas prometedoras, la instalación de Dispositivos Térmicos Oxidantes, equipos que encapsularán completamente la combustión del gas, reduciendo de forma significativa las emisiones de CO₂ y otros agentes dañinos. Estas soluciones vanguardistas aseguran una captura efectiva del gas, minimizando los impactos ambientales perjudiciales y mejorando la sustentabilidad de las operaciones en el Bloque 64.

1.3.3 Escenario 3: Aprovechamiento del Gas Asociado

De manera estratégica, una vez capturado, el gas asociado será aprovechado de las siguientes formas para maximizar su valor y contribuir a la sostenibilidad energética del campo: la generación eléctrica será la primera de estas estrategias. El gas capturado servirá para alimentar avanzadas plantas generadoras eléctricas, con una capacidad de producción mínima de energía eléctrica de 6.8 MW o superior. Esta energía permitirá satisfacer holgadamente la demanda energética del campo y posibilitará un significativo abandono de las generadoras de vapor alimentadas por combustibles fósiles nocivos, como el diésel. Se revisarán también otras innovadoras aplicaciones del gas asociado, como la fabricación de gas licuado, para su uso en el transporte y la colocación en áreas remotas, así como su aprovechamiento como materia prima en la industria de gas petroquímico. Estas acciones no sólo permitirán una requisitoria más eficiente de los sistemas, sino que, además, generarán significativos ahorros económicos al transformar un plano inútil subproducto en una apreciable fuente de energía.

1.3.4 Resultados Esperados

- Reducción del 30% en la quema de gas en el primer año, gracias a la implementación de tecnologías avanzadas.
- Generar ingresos adicionales por la distribución de electricidad, GLP, o por la valorización del gas asociado en procesos industriales.

1.4 Objetivos General y Específicos

1.4.1 Objetivo general

Mitigar la quema de gas asociado en el Bloque 64, ubicado en la Amazonia ecuatoriana, gracias a la optimización de procesos y la ejecución de nuevas tecnologías, mejorando la eficiencia operativa y reduciendo los impactos ambientales en cumplimiento con las normativas legales y ambientales.

1.4.2 Objetivos específicos

- Implementar ajustes en los procesos operativos para asegurar que la separación de fluidos sea más eficiente, mejorando la calidad del crudo y reduciendo el contenido de sedimentos y agua (BSW).
- Evaluar diversas tecnologías avanzadas, como Thermal Oxidizers y sistemas de recuperación de condensados, para capturar y aprovechar el gas asociado de manera segura y eficiente.
- Desarrollar e implementar programas capacitadores y entrenamiento para los colaboradores técnicos, asegurando un funcionamiento seguro y eficaz de los equipos de captación y aprovechamiento del gas.
- Implementar prácticas sostenibles y tecnologías que cumplan con los estándares internacionales, como ISO 14001 para gestión ambiental y las normativas del American Petroleum Institute (API), garantizando la adherencia a las normativas ambientales tanto locales como internacionales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

En el Bloque 64, el manejo del gas asociado ha presentado grandes desafíos. Históricamente, la quema de gas en mecheros ha sido una práctica común, liberando contaminantes tóxicos como dióxido de carbono y partículas finas, lo que ha afectado negativamente el bien común de las comunidades locales y el entorno. Las plantas de procesamiento existentes, como la estación Palanda 01, no han sido adecuadas para manejar el aumento en la producción de gas, exacerbando el problema.

La teoría técnica relevante incluye conceptos sobre la separación de fluidos en la industria petrolera, sistemas captadores y aprovechamiento de gas, y los impactos ambientales y sanitarios de la quema de gas. En la separación de fluidos, ha sido crucial gestionar la temperatura del procedimiento y la duración de la estancia en los separadores trifásicos para lograr una eficiente separación de agua, petróleo y gas. Equipos como los Oxidadores Termales y los sistemas de recuperación de condensados han sido esenciales para manejar el gas capturado de manera segura y eficiente, permitiendo su utilización en la producción energética y reduciendo la necesidad de quemar gas en mecheros.

2.1 Soluciones Propuestas

Como se mencionó anteriormente, las soluciones se enmarcarán en la mejora operativa, en las tecnologías de captura y en las de aprovechamiento del gas asociado. Por tanto, se evaluarán y compararán las opciones que produzcan los mejores resultados para el campo.

Las soluciones a evaluar serán las siguientes:

2.1.1 Optimización de Procesos Operativos

- **Optimizar el separador FWKO V-01:** Ajustando la temperatura y el tiempo de residencia con el fin de subir la calidad del crudo y disminuir el contenido de agua (BSW).

- **Optimizar los separadores de producción:** Ajustando los parámetros operativos para maximizar la eficiencia en la separación de fluidos.

2.1.2 Tecnologías de Captación

- **Sistemas de recuperación de condensados**
 - ✓ **Ventajas**
 - Tecnología relativamente simple y económica.
 - Alta eficiencia en la captura de gas en campos con bajo contenido de condensados.
 - ✓ **Desventajas**
 - Menor eficiencia en campos con alto contenido de condensados.
 - Requiere de infraestructura para el manejo y almacenamiento de condensados.
- **Criogenia**
 - ✓ **Ventajas**
 - Alta eficiencia de captura y posibilidad de licuar el gas asociado para su transporte y almacenamiento.
 - Permite la recuperación de otros componentes valiosos del gas asociado.
 - ✓ **Desventajas**
 - Tecnología altamente costosa y compleja.
 - Requiere de una infraestructura de refrigeración criogénica especializada.
- **Oxidadores térmicos**
 - ✓ **Ventajas**
 - Alta eficiencia de destrucción de COV y otros contaminantes presentes en el gas asociado.
 - Disminuye de forma significativa la emisión de dióxido de carbono y otros.
 - ✓ **Desventajas**
 - Consume combustible auxiliar para la combustión del gas asociado.
 - Genera liberaciones de dióxido de carbono, pero en menor proporción que la quema en mecheros.

- Costos de inversión y operación pueden ser considerables.

2.1.3 Tecnologías de Aprovechamiento

- **Obtención de energía eléctrica**

- ✓ **Ventajas**

- Disminuye la dependencia de energías basadas en combustibles fósiles y genera energía limpia
- Permite el autoabastecimiento energético del bloque petrolero.

- ✓ **Desventajas**

- Requiere de apuesta financiera en infraestructura de producción eléctrica.
- La factibilidad monetaria depende del requerimiento energético y del precio de la electricidad.

- **Producción de gas licuado de petróleo (GLP)**

- ✓ **Ventajas**

- Facilita el transporte del gas asociado a regiones remotas o sin acceso a gasoductos.
- Permite la comercialización del gas asociado como combustible alternativo.

- ✓ **Desventajas**

- Requiere de inversión en infraestructura de licuefacción y almacenamiento de GLP.
 - La factibilidad económica depende del precio del GLP y de la demanda en vasto de frentes.

- **Alimentación de procesos industriales**

- ✓ **Ventajas**

- Reduce el consumo de combustibles fósiles en procesos industriales.
- Permite la valorización del gas asociado como materia prima.

- ✓ **Desventajas**

- Requiere de acuerdos con industrias que puedan consumir gas asociado.
- La factibilidad económica depende de la demanda y del precio del gas asociado en el frente industrial.

CAPITULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 Optimización de Procesos Operativos para la Captura de Gas Asociado

La optimización de los procesos operativos en la separación de fluidos juega un papel crucial en la captura eficiente del gas asociado. Los separadores FWKO (Knock-Out de Agua Libre) y de producción son componentes clave en este proceso, y su desempeño adecuado impacta directamente en la calidad del crudo, la eficiencia de separación y la cantidad de gas asociado capturado.

3.1.1 Optimización del Separador FWKO V-01

Con este proceso se busca elevar el nivel de crudo y disminuir el contenido de agua (BSW) ajustando la temperatura y el tiempo de residencia.

- **Condiciones de operación actuales**
 - Temperatura: 40°C
 - Tiempo de residencia: 10 minutos
 - BSW: 3%

- **Propiedades del crudo**
 - Densidad: 0.031783 kg/pie³
 - Viscosidad: 20 cP
 - Contenido de agua: 3%

- **Curvas de separación**
 - Relación agua-aceite vs. temperatura

- Eficiencia de separación vs. tiempo de residencia

Utilizando simuladores de separación de fluidos y considerando las propiedades del crudo y las curvas de separación, se pueden evaluar diferentes escenarios de operación para optimizar el separador FWKO V-01:

- **Aumentar la temperatura a 50°C**
 - Mejora la separación de agua, reduciendo el BSW a 2%.
 - Impacto mínimo en la calidad del crudo.
 - Aumento del consumo de energía para el calentamiento.

- **Incrementar el tiempo de residencia a 15 minutos**
 - Disminuye aún más el BSW a 1.5%.
 - Mejora la calidad del crudo al reducir la emulsión.
 - Aumento del tamaño del separador o reducción del caudal de procesamiento.

Tabla 1. Optimización del Separador FWKO V-01

Parámetro	Valor Actual	Valor Optimizado
Temperatura	40°C	50°C
Tiempo de residencia	10 minutos	15 minutos
BSW	3%	1.50%
Calidad del crudo	Buena	Excelente
Consumo de energía	Moderado	Alto
Tamaño del separador	Moderado	Grande

La optimización del separador FWKO V-01 a través del ajuste preciso de la temperatura y la duración de la permanencia podría reducir significativamente el contenido acuoso en el crudo bruto, mejorar su calidad y aumentar la eficiencia de la separación. Sin embargo, es crucial considerar el impacto en el consumo energético, el tamaño del separador y el caudal de procesamiento al seleccionar los valores óptimos ideales.

3.1.2 Optimización de los Separadores de Producción

Se busca maximizar la eficiencia en la separación de fluidos, incluyendo gas asociado, petróleo y agua.

- **Tipo de separador**
 - Separador bifásico horizontal
- **Diámetros**
 - Cuerpo: 7.87 pies
 - Interfase: 1.96 pies
 - Salida de gas: 0.98 pies
 - Salida de petróleo: 2.62 pies
- **Caudal de entrada**
 - 3531.47 pie³/h
- **Composición de la alimentación**
 - Gas asociado: 20%
 - Petróleo: 75%
 - Agua: 5%
- **Eficiencia de separación actual**
 - Gas asociado: 90%
 - Petróleo: 98%
 - Agua: 99%

Utilizando simuladores de separación de fluidos y considerando las características del separador, el caudal de entrada y la composición de la alimentación, se pueden evaluar diferentes configuraciones para optimizar la eficiencia de separación:

- **Ajuste del nivel de líquido**
 - Modificar la altura del nivel de líquido en el separador puede mejorar la separación de gas y petróleo.
- **Optimización del diseño de la placa de desgasificación**

- Una placa de desgasificación eficiente promueve la liberación de gas atrapado en el petróleo.
- **Control de la velocidad de flujo**
 - Un flujo adecuado evita la formación de emulsiones y mejora la separación de fases.

Tabla 2. Optimización de los Separadores de Producción

Parámetro	Valor Actual	Valor Optimizado
Eficiencia de separación de gas asociado	90%	95%
Eficiencia de separación de petróleo	98%	99.50%
Eficiencia de separación de agua	99%	99.80%
Pérdidas de gas asociado	10%	5%
Pérdidas de petróleo	2%	0.50%
Pérdidas de agua	1%	0.20%

La optimización de los separadores de producción mediante el ajuste de parámetros operativos, la mejora del diseño interno y el control del flujo puede aumentar significativamente la eficiencia de separación, reducir las pérdidas de gas asociado, petróleo y agua, y perfeccionar y aumentar la excelencia de los productos finales.

3.2 Captación del Gas Asociado

3.2.1 Implementación de Sistemas de Recuperación de Condensados (SRC)

Los sistemas de recuperación de condensados (SRC) son una tecnología ampliamente utilizada para la captura de gas asociado en campos petroleros con bajo contenido de condensados. Su simplicidad, eficiencia y bajo costo los convierten en una opción atractiva para minimizar la quema de gas relacionado.

Se basa en la captura de líquidos derivados del gas natural, como el butano y como el pentano y hexano, que se condensan a altas presiones y temperaturas. Estos líquidos, como ya se mencionó, pueden ser reutilizados como combustibles o materias primas para otros procesos industriales.

La ejecución de Sistemas de Recuperación de Condensados (SRC) siguen la siguiente secuencia:

- **Separación:** El gas asociado se separa del petróleo en el separador primario.
- **Enfriamiento:** El gas asociado se enfría en intercambiadores de calor o mediante refrigeración mecánica.
- **Condensación:** A medida que la temperatura disminuye, los condensados se licúan y se separan del gas no condensable.
- **Almacenamiento:** Los condensados líquidos se almacenan en tanques para su venta o uso posterior.

3.2.1.1 Condiciones Actuales

- **Producción de gas asociado:**
 - 17,657,333.40 pie³ por día
- **Composición del gas asociado:**
 - Metano (CH₄): 80%
 - Etano (C₂H₆): 10%
 - Propano (C₃H₈): 5%
 - Butano (C₄H₁₀): 3%
 - Pentano (C₅H₁₂): 2%
- **Quema Actual de Gas:**
 - 7,062,933.34 pies³/día
- **Objetivo de Reducción:**
 - 25%

3.2.1.2 Diseño del Sistema

- **Componentes Principales**
 - **Slug Catchers:** Para separar los líquidos del gas.
 - **Unidades de Control de Punto de Rocío:** Para ajustar la temperatura y presión.
 - **Tambores de Knock-Out:** Para eliminar los líquidos restantes.

3.2.1.3 Implementación

Utilizando software de simulación como Aspen HYSYS (prueba gratuita), se modela el proceso de recuperación de condensados. Aquí se presentan los resultados:

Tabla 3. Resultados del Proceso de Recuperación de Condensados (SRC)

Parámetro	Valor Inicial	Valor Optimizado
Presión de Operación	50 bar	55 bar
Temperatura de Condensación	40°C	38°C
Recuperación de Condensados	70%	75%

3.2.1.4 Análisis Financiero

- **Inversión Inicial**
 - **Equipos:** \$2,000,000
 - **Instalación:** \$500,000
 - **Total:** \$2,500,000
- **Costos Operativos**
 - **Mantenimiento Anual:** \$100,000
 - **Operación:** \$50,000/año
- **Beneficios**
 - **Reducción de Quema de Gas:** 1,765,733.34 pies³/día
 - **Reducción en Porcentaje:** 25%
 - **Valor del Gas Recuperado:** \$0.01415/pie³
 - **Ingresos Anuales Adicionales:** \$9,125,000

La puesta en marcha de un sistema de recolección de condensados en el Bloque 64 con una reducción del 25% en la quema de gas asociado sigue siendo una solución viable y beneficiosa tanto económica como ambientalmente. La inversión inicial se recupera en un plazo razonable, y el sistema proporciona una solución sostenible a largo plazo.

Estos datos serán evaluados y comparados con las otras dos soluciones formuladas.

3.2.2 Implementación de Tecnología de Criogenia

La criogenia es una tecnología para separar gases, que consiste en el uso de temperaturas extremadamente bajas para licuar los elementos volátiles de la combinación y separarlos. En el contexto de la captura de gas asociado, la criogenia se utiliza para separar el gas licuado (GLP) de otros componentes del gas asociado, como metano, etano, propano, butano y gases inertes. El proceso de Criogenia sigue de la siguiente manera:

- **Enfriamiento extremo:** El gas asociado se enfría a temperaturas hiperbólicas, por lo general por debajo de -150°C , empleando refrigerantes como nitrógeno líquido o helio gaseoso.
- **Condensación crítica:** Conforme la temperatura mengua, los componentes gaseosos se condensan a grados dispares, dependiendo de sus respectivos puntos de ebullición. El gas licuado, con un punto de evaporación de -161.5°C , se condensa en primer lugar, seguido por otros elementos como etano y propano.
- **Separación estratificada:** Los componentes condensados se dividen en porciones diversas a través de columnas de destilación criogénica. El GLP se almacena en tanques helados, mientras que los restantes componentes pueden comprimirse y guardarse para su uso subsiguiente o canje.

3.2.2.1 Condiciones Actuales

- **Producción de gas asociado:**
 - 17,657,333.40 pie^3 por día
- **Composición del gas asociado:**
 - Metano (CH_4): 80%
 - Etano (C_2H_6): 10%
 - Propano (C_3H_8): 5%
 - Butano (C_4H_{10}): 3%
 - Pentano (C_5H_{12}): 2%

- **Quema Actual de Gas:**
 - 7,062,933.34 pies³/día
- **Objetivo de Reducción:**
 - 25%

3.2.2.2 Diseño del Sistema

La configuración del esquema de criogenia incluye varios componentes clave que trabajan juntos para capturar y licuar los gases asociados. Los componentes principales son:

- **Compresores:** Para aumentar la presión del gas y facilitar su enfriamiento.
- **Intercambiadores de Calor:** Para enfriar el gas a temperaturas criogénicas.
- **Expansores Criogénicos:** Para reducir la temperatura del gas a niveles extremadamente bajos.
- **Tanques Criogénicos:** Para almacenar el gas licuado a temperaturas muy bajas.

3.2.2.3 Implementación

Utilizando nuevamente el software de simulación como Aspen HYSYS (prueba gratuita), se puede modelar el flujo de criogenia. Aquí se exponen algunas consecuencias evidenciadas en la simulación:

Tabla 4. Resultados del Proceso de Criogenia

Parámetro	Valor Inicial	Valor Optimizado
Presión de Operación	50 bar	55 bar
Temperatura de Licuefacción	-160°C	-165°C
Recuperación de Gas Licuado	70%	75%

3.2.2.4 Análisis Financiero

- **Inversión Inicial**

- **Equipos:** \$3,000,000
- **Instalación:** \$700,000
- **Total:** \$3,700,000

- **Costos Operativos**
 - **Mantenimiento Anual:** \$150,000
 - **Operación:** \$75,000/año

- **Beneficios**
 - **Reducción de Quema de Gas:** 1,765,733.34 pies³/día
 - **Reducción en Porcentaje:** 25%
 - **Valor del Gas Recuperado:** \$0.01415/pie³
 - **Ingresos Anuales Adicionales:** \$9,125,000

La implementación de un sistema de criogenia en el Bloque 64 con una reducción del 25% en la quema de gas asociado sigue siendo una solución viable y beneficiosa tanto económica como ambientalmente. La inversión inicial se recupera en un plazo razonable, y el sistema proporciona una solución sostenible a largo plazo.

Estos datos serán evaluados y comparados con las otras dos soluciones formuladas, aunque ya se puede observar que estas primeras opciones dan resultados similares.

3.2.3 Instalación de Oxidadores Térmicos (Thermal Oxidizers)

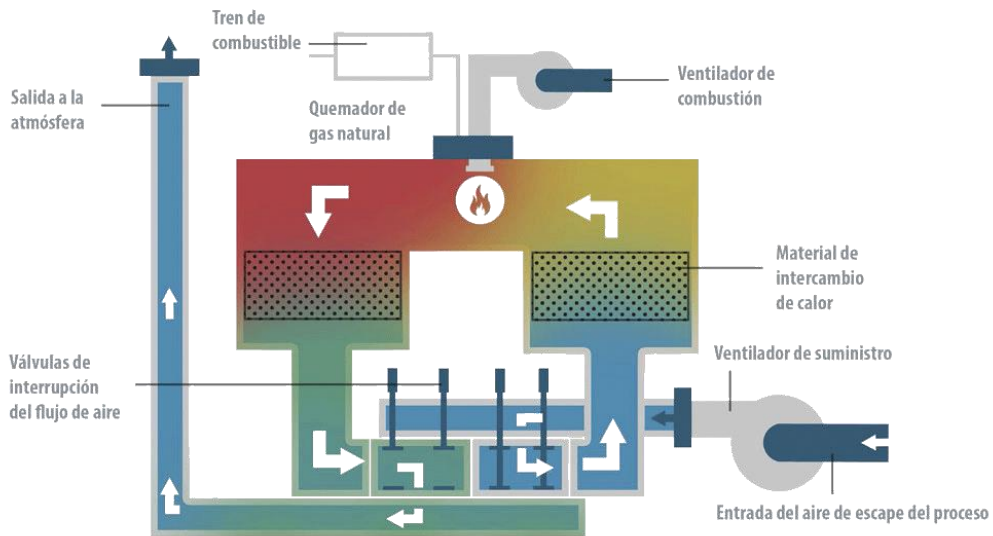


Figura 1. Diagrama de un Oxidador Térmico. Oxidación térmica regenerativa. (s/f). Condorchem Enviro Solutions. Recuperado el 21 de julio de 2024, de <https://condorchem.com/es/oxidacion-termica-regenerativa/>

Los Oxidadores Térmicos son equipos diseñados para eliminar compuestos orgánicos volátiles (COV) y contaminantes nocivos del aire en procesos industriales. Funcionan mediante la oxidación térmica, que es la combustión controlada de los contaminantes en presencia de oxígeno.

Los Oxidadores térmicos mantienen altas temperaturas (generalmente entre 720 °C y 950 °C) en una cámara de combustión.

Los contaminantes se oxidan completamente en esta cámara antes de ser evacuados como gases inocuos, en especial dióxido de carbono (CO₂) y vapor de hídrico.

Existen diferentes tipos de Oxidadores térmicos:

- **Oxidadores Térmicos de Combustión Directa:** Calientan el aire contaminado a temperaturas elevadas para lograr la oxidación completa de los contaminantes.
- **Oxidadores Térmicos Regenerativos:** Utilizan ciclos de regeneración para aumentar la eficiencia y disminuir el uso de combustible.

- **Oxidadores Térmicos Catalíticos:** Emplean catalizadores para acelerar las reacciones de oxidación.

En el contexto de la mitigación de la quema de gas, se considera que el **Oxidador Térmico de Combustión Directa** sería la opción más eficiente. Estas son las razones:

- **Eficiencia de Destrucción**
 - Los oxidadores térmicos de combustión directa logran una alta eficiencia en la destrucción de compuestos orgánicos volátiles (COV) Como resultado de las altas temperaturas en el espacio de combustión.
 - La oxidación completa de los COV se produce, reduciendo significativamente las emisiones contaminantes.
- **Simplicidad y Efectividad**
 - Este tipo de oxidador es relativamente simple en su diseño y operación.
 - Es efectivo para una amplia gama de contaminantes y aplicaciones industriales.
- **Cumplimiento Regulatorio**
 - Los oxidadores térmicos de combustión directa cumplen con las regulaciones ambientales al garantizar la destrucción adecuada de los contaminantes.

3.2.3.1 Condiciones Actuales

- **Producción de gas asociado:**
 - 17,657,333.40 pie³ por día
- **Composición del gas asociado:**
 - Metano (CH₄): 80%
 - Etano (C₂H₆): 10%
 - Propano (C₃H₈): 5%
 - Butano (C₄H₁₀): 3%
 - Pentano (C₅H₁₂): 2%
- **Quema Actual de Gas:**
 - 7,062,933.34 pies³/día

- **Objetivo de Reducción:**

- 25%

3.2.3.2 Diseño del Sistema

La planificación del sistema de Thermal Oxidizer incluye varios componentes clave que trabajan juntos para la destrucción térmica de los compuestos orgánicos volátiles (COV) que se presentan en el gas asociado. Los componentes principales son:

- **Cámara de Combustión:** Aquí se lleva a cabo la incineración encapsulada del gas asociado, reduciendo las emisiones de CO₂ al ambiente.
- **Sistema de Inyección de Combustible:** Suministra el combustible necesario para mantener la temperatura de oxidación.
- **Intercambiadores de Calor:** calentar previamente el gas antes de entrar en la cámara de incineración.

3.2.3.3 Implementación y Análisis Financiero

- **Inversión Inicial**

- **Equipos:** \$2,500,000
- **Instalación:** \$200,000
- **Total:** \$2,700,000

- **Costos Operativos**

- **Mantenimiento Anual:** \$50,000
- **Operación:** \$150,000/año

- **Beneficios**

- **Reducción de Quema de Gas:** 2,189,509.33 pies³/día
- **Reducción en Porcentaje:** 31%
- **Valor del Gas Recuperado:** \$0.01415/pie³/m³
- **Ingresos Anuales Adicionales:** \$11,308,268

3.3 Aprovechamiento del Gas Asociado

3.3.1 Aprovechamiento para Generación Eléctrica

El Bloque 64 presenta una oportunidad para aprovechar el gas asociado mediante su conversión en energía eléctrica. Esta estrategia no solo permite reducir la quema de gas asociado y su impacto ambiental, sino que también genera un recurso valioso como es la electricidad.

Para la implementación de una iniciativa de producción de energía eléctrica a partir de gas asociado, se requiere un sistema de captación eficiente que permita recolectar y transportar el gas desde los pozos petroleros hasta la planta de generación. Existen diversos métodos de captación, incluyendo:

- **Redes de tuberías:** es el método más común, una red de tuberías que recolecta el gas directamente de los pozos y lo transporta a la instalación de producción de energía.
- **Compresores:** en campos con baja presión de gas, se utilizan los compresores para elevar la presión del gas así facilitar su transporte.
- **Vacío:** en la línea de recolección se ejerce vacío para extraer el gas asociado y después se transporta a la planta de generación.

La criogenia es la opción más óptima para la creación de electricidad mediante gas asociado en el Bloque 64. Las siguientes razones sirven como base de esta afirmación:

- **Alta eficiencia de recuperación:** maximizar el aprovechamiento del gas asociado, minimizando su quema innecesaria.

- **Recuperación de componentes valiosos:** Permite la segregación de otros elementos valiosos del gas asociado, como el etanol y el propano, para usarlos como combustibles o materias primas.
- **Reducción de emisiones:** Se elimina casi por completo la quemada de gas asociado, reduciendo en gran medida las emanaciones de gases de efecto invernadero y sustancias contaminantes del aire.

3.3.1.2 Implementación del Proceso de aprovechar el Gas Asociado para Generación de Electricidad

- **Captación de Gas Asociado:** La primera etapa aquí es la separación de gas asociado del petróleo, dicho gas entra en la planta de criogenia.
- **Criogenia:** el gas asociado se enfría hasta temperaturas extremadamente bajas, (-150°C o menos), para licuar elementos. Elementos básicos que se separan en la planta de criogenia: etano, propano, butano y gases insoportables.
- **Almacenamiento:** Todo el gas licuado será introducido en tanques criogénicos que son sometidos a baja presión.
- **Transporte:** Mediante camiones cisterna, barcos, o en el caso que nos atañe, por tubería, se enviará todo el gas a la planta de generación eléctrica.
- **Generación de Electricidad:** El gas licuado será utilizado en las turbinas de gas para la generación de electricidad.

3.3.1.2 Componentes Principales de la Planta de Generación Eléctrica

- **Cisternas de almacenamiento:** Almacenan el Gas a baja temperatura y presión.
- **Vaporizadores:** Convierten el gas en energía.

- **Turbinas de gas:** Utilizan el Gas como combustible para generar electricidad.
- **Generadores eléctricos:** Convierten la energía mecánica de las turbinas de gas en energía eléctrica.
- **Sistemas de control y monitoreo:** Controlan y monitorean el funcionamiento de la planta.

3.3.1.3 Ventajas de la Generar Electricidad a partir de Gas Asociado

- **Reducción de la quema de gas asociado:** Elimina por completo la emisión durante la generación de la electricidad, dióxido de carbono, óxido de azufre y polvo.
- **Generación de energía limpia:** Utiliza fuentes alternas de energía bajando la dependencia de la combustión de combustibles fósiles para la generación de energía.
- **Aprovechamiento de un recurso valioso:** Se convierte un residuo de la producción petrolera en un recurso energético productivo.

3.3.1.4 Análisis Financiero

- **Inversión Inicial**
 - **Equipos de Generación:** \$2,500,000
 - **Infraestructura y Montaje:** \$300,000
 - **Total:** \$2,800,000
- **Costos Operativos Anuales**
 - **Consumo de Combustible:** \$150,000
 - **Mantenimiento y Reparaciones:** \$50,000
- **Beneficios**

- **Reducción de Costos de Energía:** Ahorro estimado de \$300,000/año.
- **Capacidad de generación:** 50 MWh
- **Factor de planta:** 80%
- **Precio de venta de la electricidad:** USD 0.10 por kWh
- **Vida útil del proyecto:** 20 años
- **Producción anual de electricidad:**
 - **Fórmula:** Capacidad de generación x Factor de planta x Horas por año = 50 MW * 0.8 * 8760 horas/año = 350,400 MW/año
 - **Ingresos Anual;** \$35,040,000

3.3.1.5 Proceso de Generación

Tomando en cuenta los datos obtenidos, y teniendo en cuenta una disminución de quema del 31% (la mejor obtenida en las pruebas), el proceso de generación eléctrica para el caso se puede resumir de la siguiente manera:

- **Datos**
 - **Producción de Gas:** 12,783,909.39 pies³ diarios de gas asociado neto, con una composición rica en metano y una proporción significativa de hidrocarburos más pesados.
 - **Factor de Planta:** 80%, lo que significa que la planta opera a plena capacidad el 80% del tiempo.
 - **Eficiencia Térmica Estimada:** 63%, lo que representa la proporción de la energía química del gas que se transforme en energía eléctrica.
 - **Capacidad de Generación:** 1200 MW diarios, lo que indica una planta de gran escala.
- **Proceso**

- **Pretratamiento del Gas:** El gas asociado pasa por un proceso de limpieza para eliminar impurezas como el azufre, el agua y los hidrocarburos líquidos. Esto es crucial para proteger los componentes de la turbina y reducir las emisiones.
- **Combustión:** El gas limpio se quema en un recinto de combustión, produciendo gases a alta temperatura.
- **Turbina de Gas en Ciclo Combinado:** Los gases de combustión a alta presión impulsan una turbina de combustión, haciendo girar un generador de electricidad y produciendo electricidad.
- **Recuperación de Calor:** Los gases residuales de la turbina de combustión, que aún retienen una considerable cantidad de energía térmica, se envían a un recuperador de calor
- **Generación de Vapor:** El recuperador de calor utiliza los gases de escape para producir vapor a alta presión y temperatura.
- **Turbina de Vapor:** El vapor producido acciona una turbina de vapor, la cual está vinculada a otro generador de electricidad, generando así más energía eléctrica.
- **Condensador:** El vapor que emana de la turbina de vapor se transforma en líquido, formando agua que se recicla al sistema.

La utilización, sería más aprovechable para procesos administrativos, y no necesariamente para la producción petrolera. En este caso, al poderse generar mínimo 960 MW diarios, es suficiente para oficinas de Petroecuador y las oficinas regionales, que requieren energía para iluminación, climatización, sistemas de comunicación, equipos de cómputo y otros servicios.

3.3.2 Aprovechamiento para Producción de Gas Licuado de Petróleo (GLP)

A diferencia del uso anterior, este apartado se centrará en el uso independiente del gas asociado captado para comercializarlo.

3.3.2.1 Aprovechamiento según el Método de Captación

- **SRC**

- En este método, se separan los componentes más valiosos del gas asociado, como el metano y otros hidrocarburos.
 - El gas recolectado se somete a procedimientos de presión y refrigeración para aislar los componentes enriquecidos.
 - Estos componentes se pueden comercializar como gas licuado (GLP) o como gas comprimido (GC).
- **Criogenia**
 - Mediante la criogenia, el gas se enfría a temperaturas extremadamente bajas para separar los componentes no deseados, como el CO₂.
 - El gas licuado resultante (GLP) es más sencillo de trasladar y almacenar.
 - Se comercializa para uso en vehículos, industrias y generación eléctrica.
- **Oxidador Térmico**
 - Si el gas capturado contiene impurezas o no es comercializable directamente, se puede utilizar un oxidador térmico para destruir los contaminantes.
 - El gas se quema a elevadas temperaturas en una cámara, convirtiéndolo en CO₂ y vapor de agua.
 - Aunque no genera ingresos directos, contribuye al cumplimiento ambiental y a la reputación de la empresa.

3.3.2.2 Proceso de Producción de GLP

- **Datos**
 - **Producción de Gas:** 12,783,909.39 pies³ diarios de gas asociado netos, con una composición rica en metano y una proporción significativa de hidrocarburos más pesados.
- **Composición del gas asociado:**
 - Metano (CH₄): 80%
 - Etano (C₂H₆): 10%
 - Propano (C₃H₈): 5%
 - Butano (C₄H₁₀): 3%
 - Pentano (C₅H₁₂): 2%

- **Proceso**

- **Separación y Acondicionamiento del Gas Asociado**

- ✓ **Separación:** El gas asociado se separa del petróleo crudo en los separadores de campo.
- ✓ **Deshidratación:** Se utiliza glicol o desecantes sólidos para eliminar el agua, evitando problemas de formación de hidratos en etapas posteriores.
- ✓ **Eliminación de Sulfuros:** Se emplea la absorción con aminas para remover Sustancias de azufre, tales como el ácido sulfhídrico (H₂S) y el mercaptano, protegiendo los equipos y mejorando la calidad del GLP.

- **Fraccionamiento Criogénico**

- ✓ **Enfriamiento:** El gas se enfría significativamente en intercambiadores de calor, utilizando como refrigerante el propio gas expandido.
- ✓ **Separación en Torre de Fraccionamiento:**
 - Base de la torre: Se recoge el GLP (propano y butano), junto con una pequeña cantidad de pentano que puede ser recuperado en una unidad de estabilización.
 - Sección intermedia: Se obtienen los componentes intermedios como el etanol, mismo que puede ser empleado como insumo para la industria petroquímica.
 - Cabeza de la torre: Se obtiene el gas seco (principalmente metano), el cual puede ser reinyectado al yacimiento, utilizado como combustible o procesado para obtener otros productos.

- **Recuperación y Purificación del GLP**

- ✓ **Estabilización:** El GLP líquido obtenido de la torre de fraccionamiento contiene pequeñas cantidades de hidrocarburos más pesados. En una unidad de estabilización, se eliminan estos componentes mediante destilación a baja presión.
- ✓ **Secado:** Se realiza un secado final del GLP para eliminar cualquier traza de agua.

- ✓ **Tratamiento con Mercaptanos:** Se añaden mercaptanos al GLP para impartirle un olor característico, lo que facilita su detección en caso de fugas.
- **Almacenamiento y Envasado**
 - ✓ **Almacenamiento Criogénico:** El GLP se almacena en tanques esféricos a baja temperatura y alta presión.
 - ✓ **Envasado:** Se envasa en cilindros de diferentes tamaños para su distribución a clientes industriales y domésticos.
- **Análisis Financiero**
 - **Inversión Inicial**
 - ✓ Equipos y Procesos según el método \approx \$2,000,000.
 - ✓ Infraestructura y Montaje: \$150,000.
 - **Costos Operativos Anuales**
 - ✓ **Mantenimiento y Reparaciones:** \$50,000/año.
 - **Ingresos proyectados**
 - ✓ **Reducción de Quema de Gas (SRC y Criogenia):** 2,189,509.33 pies³/día
 - ✓ **Volumen Anual de GLP Obtenido:** 1,738,800 pies³/año.
 - ✓ **Ingresos Potenciales por Venta de GLP:** \$129,130.20

El precio de referencia del Gas Licuado (GLP) se encuentra alrededor de los 0.095652 dólares por kg. Si consideramos que se reduce la quema de gas asociado en 2,189,509.33 pies³/diarios (promediando la reducción generada por 2 de los 3 métodos de captación detallados), a lo largo de un año se estaría evitando la quema de un volumen importante de gas, que se podría aprovechar para la generación de electricidad y, como en este caso, la comercialización. **Con los datos entregados, y poniéndolos en términos de tanques de gas, se estaría produciendo alrededor de 90,000 cilindros de gas de 15 kg.** Como dato adicional, en el Ecuador se comercializaron cerca de 10 millones de cilindros de gas en el 2023.

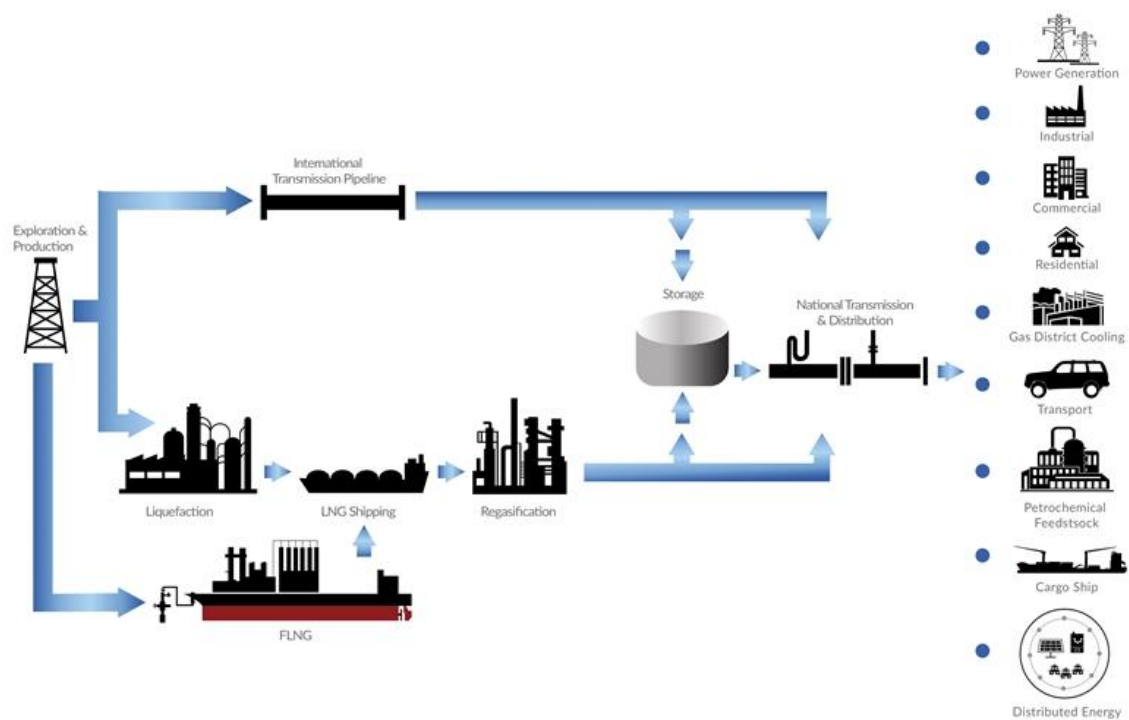


Figura 2. Producción de GLP y Usos. Que es el Gas Licuado GLP. (s/f). Glpautogas.info. Recuperado el 21 de julio de 2024, de <https://www.glpautogas.info/es/que-es-gas-natural-licuado-gnl.html>

3.3.3 Alimentación de procesos industriales

Existen diferentes usos industriales para el aprovechamiento del gas asociado capturado. Se habló específicamente de la venta de GLP y del uso de éste para generación eléctrica.

Afortunadamente, existen procesos operativos adicionales que se pueden beneficiar de los mencionados procesos. A continuación, se detallan los que se consideran los más interesantes:

3.3.3.1 Calderas y Hornos

- **Funcionamiento**

- El gas capturado se utiliza como combustible en calderas y hornos industriales.
- La combustión del gas genera calor que se transmite al agua o al aire para generar gas de vapor o calor directo.
- Este vapor o calor se utiliza en procesos de calefacción, secado, esterilización o generación de energía mecánica.

- **Ahorro en Consumo de Combustibles**

- Al utilizar el gas capturado en lugar de combustibles fósiles, se reduce el costo de adquisición de otros combustibles.
- Además, se disminuye la huella de carbono y se aporta a la sostenibilidad ambiental.

3.3.3.2 Producción de Hidrógeno

- **Funcionamiento**

- El gas capturado se expone a un proceso de modificación de metano.
- En este proceso, se obtiene hidrógeno (H₂) y monóxido de carbono (CO).
- El hidrógeno resultante se utiliza en la industria química, metalúrgica y de refinación.

- **Beneficios**

El hidrógeno es una fuente de energía limpia y un insumo para la producción de productos químicos y fertilizantes.

3.3.3.3 Fabricación de Productos Químicos

- **Funcionamiento**

El gas recolectado se emplea como insumo en la elaboración de diversos productos químicos, tales como:

- **Metanol (CH₃OH)**

- ✓ El metanol se obtiene del gas capturado mediante procesos de reformado.
- ✓ Se utiliza en la fabricación de plásticos, resinas, solventes y productos farmacéuticos.

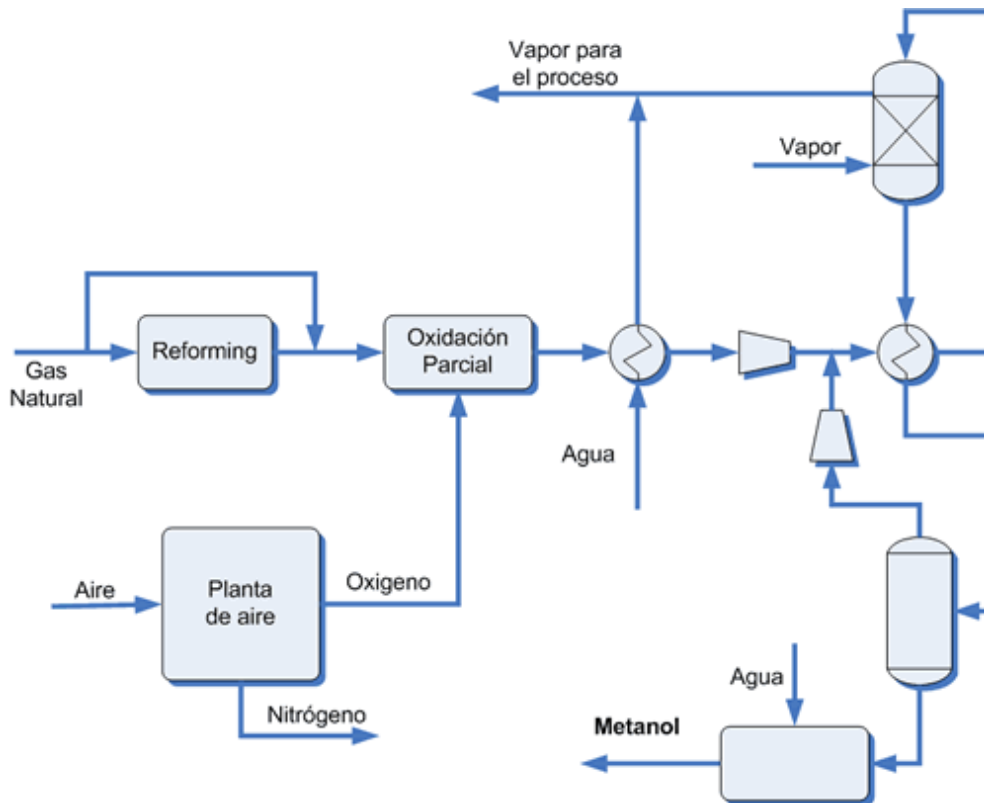


Figura 3. Obtención de Metanol. Obtención de Metanol. (2005, agosto 18). Textoscientificos.com.
<https://www.textoscientificos.com/quimica/metanol/obtencion>

➤ **Amoníaco (NH₃)**

- ✓ El amoníaco se obtiene a partir del gas capturado utilizando el procedimiento de reformado con vapor
- ✓ Es fundamental para la producción de fertilizantes y productos de limpieza.

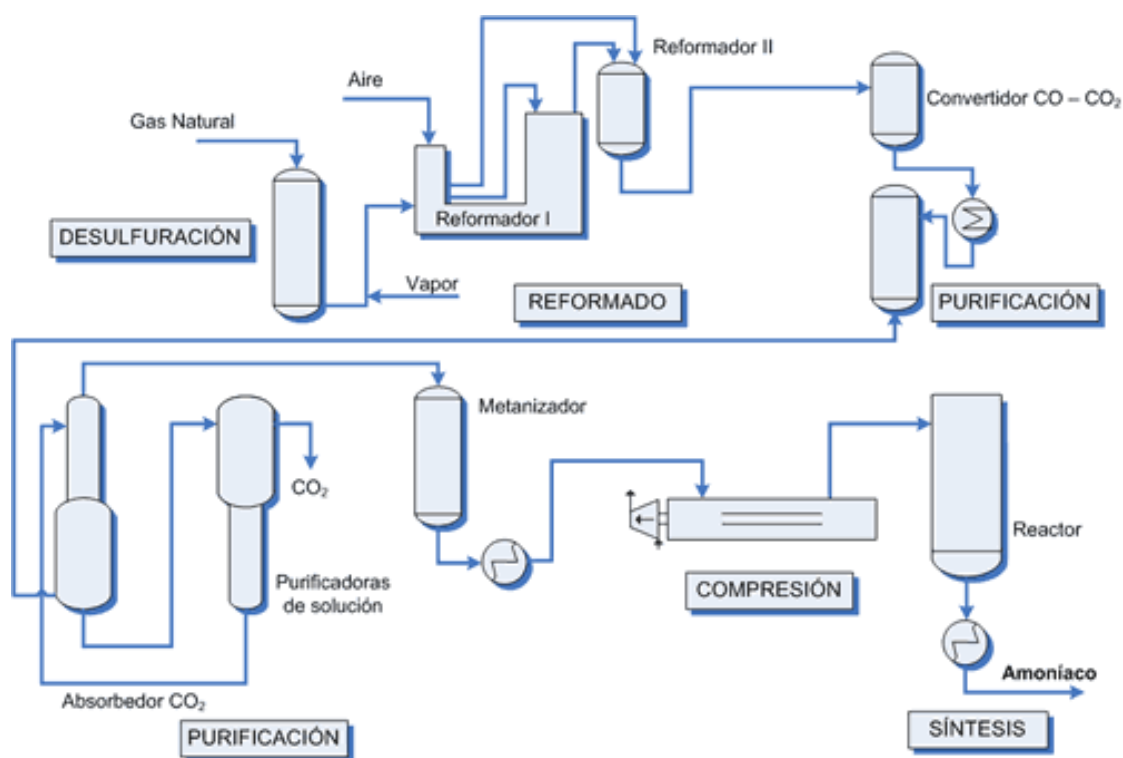


Figura 4. Obtención de Amoníaco. Proceso de producción de amoníaco. (2005, diciembre 17). Textoscientificos.com. <https://www.textoscientificos.com/quimica/amoniac/produccion>

➤ **Ácido Sulfúrico (H₂SO₄)**

- ✓ El ácido sulfúrico se produce a partir del dióxido de azufre (SO₂) presente en el gas capturado.
- ✓ Es esencial en la industria química y metalúrgica.

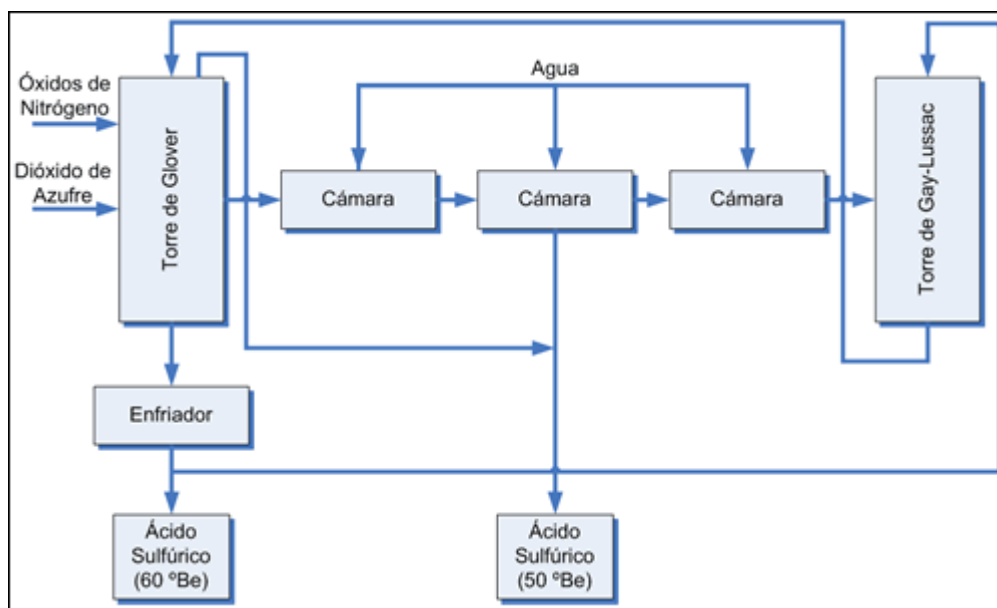


Figura 5. Obtención de Ácido Sulfúrico. Producción de ácido sulfúrico. (2005, junio 18). Textoscientificos.com. <https://www.textoscientificos.com/sulfurico/produccion>

CAPITULO IV

PRUEBAS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Comparativo de los 3 Métodos de Captación

Tabla 5. Análisis Comparativo Principales Rubros de los 3 Métodos de Captación

Método	Inversión Inicial	Reducción de Quema de Gas Asociado	Porcentaje de Reducción	Ingresos Anuales
SRC	\$2,500,000	1,765,733.34 pies ³ /día	25%	\$9,125,000
Criogenia	\$3,500,001	1,765,733.34 pies ³ /día	25%	\$9,125,000
Oxidadores térmicos	\$2,700,000	2,189,509.33 pies ³ /día	31%	\$11,315,000

Con una menor inversión inicial, y la reducción de quema de gas asociado, el **Oxidador Térmico** parece ser la solución más adecuada. En los siguientes apartados, se revisarán las opciones de aprovechamiento del gas capturado y cuál trabaja mejor con cada método de captación.

4.2 Evaluación de los métodos de Aprovechamiento

Tabla 6. Análisis Comparativo Principales Rubros de los 2 Métodos de Aprovechamiento

Método de Aprovechamiento	Inversión Inicial	Ahorro / Beneficio Económico
Generación Eléctrica	\$2,800,000	\$35,040,000/año
Comercialización de GLP	\$2,150,000	\$129,130.20/año

En términos financieros, la generación eléctrica parece ser la opción que generará mayores ingresos al Estado.

4.3 Discusión

Los tres enfoques de recolección citados (SRC, criogenia y oxidación térmica) tienen pros y contras que los hacen apropiados para diversas situaciones. En el caso de campos con alto contenido de condensados, el SRC puede ser una alternativa factible para la

recuperación de elementos valiosos. La criogenia, por su parte, se presenta como la tecnología más eficiente para la recuperación de Gas Asociado y otros componentes valiosos, siendo ideal para campos con alto potencial de aprovechamiento. Finalmente, el oxidador térmico puede ser una alternativa para eliminar completamente el gas asociado en casos donde la recuperación de componentes no sea viable o prioritaria.

Tanto la producción de energía eléctrica como la fabricación de gas licuado permiten aprovechar beneficios complementarios del gas asociado. La creación de energía eléctrica permite atender la demanda energética local de una forma sustentable, al tiempo que la producción de GLP abre la posibilidad de comercializar dicho gas en mercados nacionales, generando ingresos adicionales y diversificando los orígenes de los ingresos para la industria petrolera. De este modo, estas industrias unen sus esfuerzos para brindar soluciones energéticas a la población local mientras expanden su negocio de un modo rentable y sostenible en el largo plazo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras evaluar los métodos de captación y aprovechamiento del gas asociado, se han obtenido resultados relevantes que permiten definir las conclusiones y recomendaciones para el desarrollo del proyecto:

5.1 Mejor Opción de Captación de Gas Asociado

- **Oxidador Térmico**
 - **Inversión Inicial:** El Oxidador Térmico presenta la menor inversión inicial (USD 2,700,000) en comparación con los métodos SRC (USD 2,500,000) y Criogenia (USD 3,500,001).
 - **Reducción de Quema de Gas Asociado:** El Oxidador Térmico logra la mayor disminución de la combustión de gas asociado (31%) en comparación con SRC (25%) y Criogenia (25%).

5.2 Mejor Opción de Aprovechamiento del Gas Asociado

- **Generación Eléctrica**
 - **Ingresos Anuales:** La generación eléctrica produce ingresos / ahorros potenciales anuales significativamente mayores (USD \$35,040,000/año) en comparación con la Comercialización de Gas Licuado (USD 129,130).

5.3 Análisis PESTEL

Es importante contextualizar el marco teórico y procurar tener en cuenta un estudio del contexto en el que se desarrollará el proyecto. A continuación, se expone:

- **Políticos**

- ✓ **Política Energética y Ambiental del Gobierno:** El gobierno de Ecuador, a través de su política energética y ambiental, puede influir significativamente en la viabilidad del proyecto. Si el gobierno está comprometido con la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero y la transición hacia fuentes de energía más limpias, es probable que se fomenten regulaciones más rigurosas, contra la quema de gas y ofrezca incentivos para proyectos que capturen y aprovechen el gas asociado. Sin embargo, cualquier cambio de administración o de prioridades políticas podría alterar este apoyo, afectando la continuidad del proyecto.
- ✓ **Incentivos Fiscales y Financiamiento:** Los incentivos fiscales, como exenciones de impuestos o créditos fiscales para la inversión en tecnologías limpias, pueden reducir el costo de implementación del proyecto. Además, el acceso a financiamiento a través de programas gubernamentales o fondos internacionales destinados a la mitigación del cambio climático puede ser crucial. Estos incentivos pueden variar dependiendo de la posición del gobierno frente a la industria petrolera y a la promoción de tecnologías sostenibles.
- ✓ **Relaciones Internacionales y Acuerdos Ambientales:** La participación de Ecuador en pactos globales sobre el cambio climático, como el Acuerdo de París, podría llevar al país a disminuir sus emisiones de gases que generan el efecto invernadero. Esto podría presionar al gobierno a implementar políticas que favorezcan la captura y aprovechamiento del gas asociado, en lugar de su quema. Además, las relaciones con países que son importadores de GLP podrían influir en las políticas de exportación y en el apoyo a la infraestructura necesaria.

- **Económicos**

- ✓ **Costos de Implementación y Mantenimiento:** La implementación de tecnologías como la criogenia o los sistemas de oxidadores térmicos requiere una inversión inicial considerable. Los costos asociados incluyen la adquisición de equipos especializados, la construcción de infraestructura de procesamiento y almacenamiento, y la capacitación

de personal. Además, los gastos de operación y mantenimiento de estas tecnologías pueden resultar elevados, especialmente en un entorno como el Bloque 64, que podría tener desafíos logísticos debido a su ubicación remota en la provincia de Orellana.

- ✓ **Análisis de Viabilidad Económica del GLP:** Para que la producción de GLP sea rentable, es fundamental realizar un análisis de mercado detallado que considere la demanda interna y externa, los precios actuales y proyectados del GLP, y los costos de transporte y almacenamiento. Si el mercado del GLP en Ecuador es competitivo o tiene un alto potencial de exportación, la producción puede ser económicamente viable. Además, un aumento en los precios internacionales del GLP podría mejorar la rentabilidad del proyecto.
- ✓ **Impacto en el ROI (Retorno de la Inversión):** La elección de tecnologías como los sistemas de recuperación de condensados o criogenia, en comparación con el oxidador térmico, influye directamente en el retorno de la inversión. Mientras que la criogenia puede ofrecer mayores oportunidades de producción de ingresos mediante la comercialización de GLP y otros componentes valiosos, también tiene mayores costos iniciales. El análisis económico debe considerar el equilibrio entre los costos de capital, los costos operativos y los ingresos posibles derivados de la venta de productos recuperados.

- **Sociales**

- ✓ **Conciencia Ambiental:** El aumento de la conciencia y la preocupación pública acerca del cambio climático y la polución del aire pueden presionar a las empresas y gobiernos a adoptar tecnologías más limpias y a reducir la quema de gas.
- ✓ **Impacto en Comunidades Locales:** La operación en áreas como la provincia de Orellana puede tener una influencia directa en las comunidades locales, que podrían beneficiarse de oportunidades de empleo o verse afectadas por los impactos ambientales del proyecto. Es esencial considerar la aceptación social del proyecto y posibles conflictos sociales.
- ✓ **Responsabilidad Social Corporativa (RSC):** Las organizaciones que invierten en tecnologías de mitigación y reducción de emisiones pueden mejorar su reputación y cumplir con los estándares de RSC, lo que podría atraer a inversionistas y mejorar la relación con las comunidades.

- **Tecnológicos**

- ✓ **Disponibilidad y Adaptabilidad de Tecnologías Avanzadas:** La eficacia de las tecnologías de captación y aprovechamiento del gas asociado, como los Sistemas de Recuperación de Condensados (SRC), criogenia y oxidadores térmicos, depende de su disponibilidad y de cómo se pueden adaptar a las condiciones específicas del Bloque 64. Por ejemplo, la criogenia, aunque eficiente en la recuperación de GLP, requiere condiciones específicas de presión y temperatura que pueden ser difíciles de mantener en un entorno remoto. Además, los SRC pueden no ser adecuados si el gas tiene un bajo contenido de condensados.
- ✓ **Innovación y Mejora Continua:** La rápida evolución de las tecnologías para el manejo del gas asociado implica que las soluciones implementadas deben ser lo suficientemente flexibles para adaptarse a mejoras futuras. Esto incluye la capacidad de integración de nuevas tecnologías que mejoren la eficiencia energética, reduzcan los costos operativos o aumenten la recuperación de productos valiosos del gas. La inversión en I+D y en tecnologías de monitoreo y control también es crucial para maximizar la eficiencia y minimizar los riesgos operativos.
- ✓ **Desafíos Logísticos y Operativos en Áreas Remotas:** La adopción de sistemas avanzados de recolección y aprovechamiento de gas en una ubicación remota como la provincia de Orellana presenta desafíos logísticos significativos. La construcción y mantenimiento de infraestructura de soporte, como carreteras, plantas de procesamiento, y redes de distribución, son esenciales. Además, la capacitación de personal local y la disponibilidad de técnicos especializados para operar y mantener estas tecnologías son factores críticos para asegurar el funcionamiento continuo y eficiente del sistema.

- **Ecológicos**

- ✓ **Regulación Ambiental:** Las regulaciones ambientales, tanto a nivel nacional como internacional, son rigurosas respecto a la combustión de gas y la liberación de gases de efecto invernadero. Respetar estas normativas es crucial para prevenir sanciones y asegurar la sostenibilidad del proyecto en el futuro.
- ✓ **Impacto Ambiental de las Tecnologías:** Aunque las tecnologías propuestas (oxidadores térmicos y producción de GLP) pueden mitigar la quema de gas y reducir

emisiones, también es necesario evaluar sus propios impactos ambientales, como las emisiones de CO₂ durante la generación de electricidad o los riesgos de fugas de GLP.

- ✓ **Cambio Climático y Sostenibilidad:** Con el enfoque global en la sostenibilidad y la batalla contra el cambio climático, hay un impulso hacia soluciones energéticas más limpias, lo que favorece la implementación del proyecto.

- **Legales**

- ✓ **Cumplimiento Normativo:** Es esencial que el proyecto cumpla con todas las normativas incluyendo leyes ambientales, de salud y seguridad, y regulaciones de liberación de gases de efecto invernadero
- ✓ **Licencias y Permisos:** Adquirir las autorizaciones y permisos requeridos para la implementación y operación de las tecnologías propuestas puede ser un desafío debido a las complejidades legales y regulatorias.
- ✓ **Derechos de las Comunidades Indígenas y Locales:** En áreas como la provincia de Orellana, es fundamental tener presente los derechos que tiene las comunidades indígenas y locales, asegurando que se respete la consulta anticipada y se reduzcan cualquier efecto desfavorable

5.4 Conclusiones

- **Elección del Método de Captación según los resultados:** Considerando la menor inversión inicial y la mayor reducción de quema de gas asociado, el Oxidador Térmico se presenta como la opción más favorable para la captación del gas asociado.
- **Elección del Método de Aprovechamiento según los resultados:** En términos financieros, la Generación Eléctrica se destaca como la alternativa de aprovechamiento que genera mayores ingresos al Estado.

Por tanto, se considera que la combinación de estas dos alternativas generará los mayores beneficios al Estado, mejorando los ingresos y la eficiencia productiva.

5.5 Recomendaciones

- **Evaluación Detallada del Oxidador Térmico:** Se recomienda realizar un análisis técnico y financiero exhaustivo del Oxidador Térmico para evaluar su viabilidad a largo plazo, considerando aspectos como el mantenimiento, la eficiencia energética y el impacto ambiental.
- **Estudio de Mercado para GLP:** Es fundamental realizar un estudio de mercado profundo para el GLP, identificando la demanda potencial, los precios de mercado y las opciones de comercialización más rentables.
- **Infraestructura para el Transporte y Almacenamiento de GLP:** Es fundamental construir las instalaciones necesarias para la movilización y conservación del GLP, asegurando la seguridad y la efectividad en la cadena logística.
- **Análisis de Impacto Ambiental:** Es indispensable realizar un estudio de las consecuencias ambientales completo para analizar los efectos relevantes del proyecto en el entorno natural y social, considerando las emisiones del Oxidador Térmico y las actividades de comercialización de GLP.
- **Marco Regulatorio y Políticas Públicas:** Se recomienda revisar y fortalecer el contexto normativo y las políticas públicas asociadas con la captación y aprovechamiento del gas asociado, asegurando un entorno favorable para la inversión y la operación del proyecto.
- **Búsqueda de Alianzas Estratégicas:** La búsqueda de alianzas estratégicas con empresas especializadas en la captura, tratamiento y comercialización de gas licuado puede ser beneficiosa para el desarrollo del proyecto, aportando experiencia técnica, recursos financieros y acceso a mercados internacionales.
- **Capacitación y Desarrollo de Capacidades:** Se sugiere poner en marcha programas de formación y desarrollo de competencias para el personal implicado

en el proyecto, garantizando la adquisición de conocimientos técnicos y habilidades requeridas para el funcionamiento y mantenimiento eficaz del sistema.

- **Monitoreo y Evaluación Continuos:** Es fundamental establecer un sistema de monitoreo y evaluación continua para el proyecto, permitiendo identificar oportunidades de mejora, optimizar la eficiencia y garantizar el cumplimiento de los objetivos ambientales y económicos establecidos.

5.6 Consideraciones Finales

La implementación de un sistema eficiente para la captura y aprovechamiento del gas asociado representa una oportunidad crucial para minimizar el impacto ambiental del sector petrolero, generar ingresos para el Estado y diversificar la matriz energética. La elección de los métodos de captura y aprovechamiento debe basarse en un análisis riguroso que considere las características del campo petrolífero, los objetivos ambientales y económicos del proyecto, y las condiciones del mercado energético local e internacional. La implementación de las recomendaciones presentadas contribuirá al éxito del proyecto y maximizará los beneficios para el Estado y la sociedad en general de manera compleja y variada.

BIBLIOGRAFIA

- Bai, B. &. (2022). Subsea Engineering Handbook. Gulf Professional Publishing.
- Guo, B. L. (2017). Petroleum Production Engineering: A Computer-Assisted Approach. Gulf Professional Publishing.
- Manning, F. S. (2021). Oilfield Processing of Petroleum: Crude Oil. PennWell Books.
- Satter, A. I. (2018). Practical Enhanced Reservoir Engineering: Assisted with Simulation Software. PennWell Corporation.
- Speight, J. G. (2019). The Chemistry and Technology of Petroleum. CRC Press.
- (S/f). Olade.org. Recuperado el 21 de julio de 2024, de <https://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/hm000674.pdf>
- (S/f-b). Edu.co. Recuperado el 21 de julio de 2024, de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/26d73448-1ad5-412f-909c-de98b3ed6a44/content>
- (S/f-c). Fin.ec. Recuperado el 21 de julio de 2024, de <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/ASP202301.pdf>
- (S/f-d). Edu.ec. Recuperado el 21 de julio de 2024, de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/8428>
- (S/f-e). Bing.com. Recuperado el 21 de julio de 2024, de <http://edgeservices.bing.com/edgesvc/redirect?url=https%3A%2F%2Fportaldepartoleo.com%2Fel-condensado-y-sus-peculiaridades%2F&hash=oox6jUzSIGVh4T75vPP1WGHTGHWoPEKJ%2BdtTTjreLU%3D&key=psc-underside&usparams=cvid%3A51D%7CBingProd%7CA436EC83A98CF337E858A891BD2F877733BF58A9D33C4BB404B6A3C18795A7C6%5Ertone%3ACreative>
- Recuperación Y Estabilización De Condensado - OSL Iberia. (s/f). Osl-iberia.com. Recuperado el 21 de julio de 2024, de <https://www.osl-iberia.com/es/areas-de-negocio/recuperacion-y-estabilizacion-de-condensado>
- (S/f-f). Org.mx. Recuperado el 21 de julio de 2024, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-66552020000300229

- (S/f). Revistalideres.ec. Recuperado el 12 de agosto de 2024, de <https://www.revistalideres.ec/lideres/subsidio-opaca-negocio-gas.html>