

Pregrado

Carrera: Petróleos

Asignatura (UIC): Seminario de carrera

Trabajo de titulación previo a la obtención del

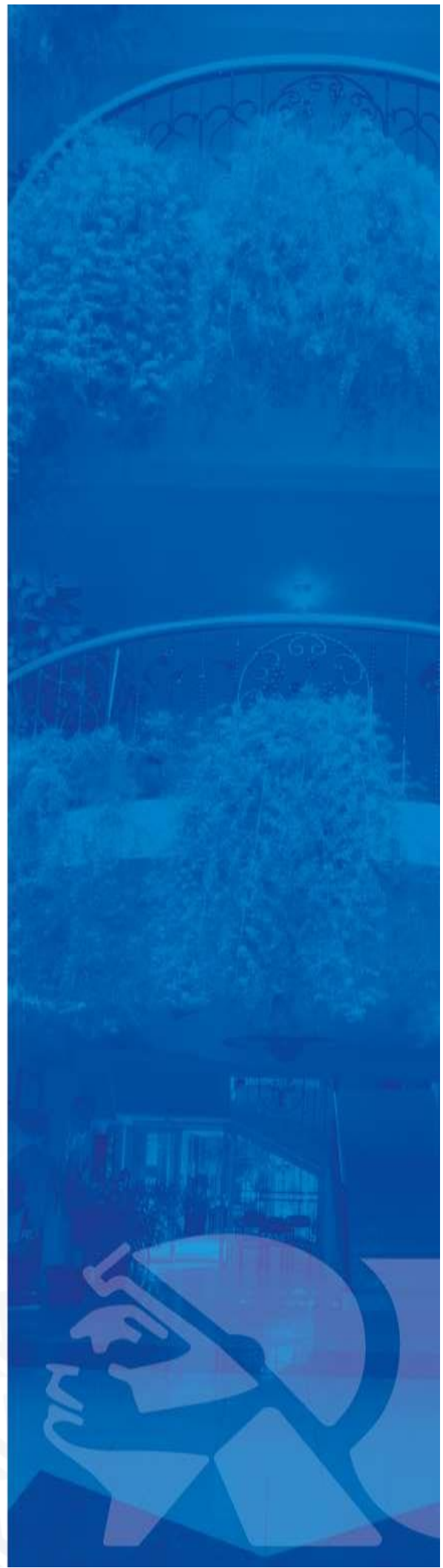
Título en: Tecnólogo Superior en Petróleos

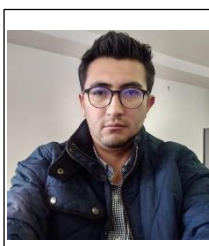
Tema: Aprovechamiento del gas asociado producido en la plataforma 420 del campo Sacha mediante la generación GLP y generación eléctrica en el 2025

**Autores: Ramírez Rivera Ángel Miguel
Tenelema Carreño Patricia Elizabeth
Ocampo Armijos Daniel Marcelo**

Tutor: Ing. Luis Álvarez

Fecha: 19-03-2025



Autor 1:**Ram3rez Rivera 3ngel Miguel****T3tulo a obtener:** Tecn3logo superior en Petr3leos**Matriz:** Sangolqu3 -Ecuador**Correo electr3nico:** miguelito_ramis@hotmail.com**Autor 2:****Tenelema Carre3o Patricia Elizabeth****T3tulo a obtener:** Tecn3logo superior en Petr3leos**Matriz:** Sangolqu3 -Ecuador**Correo electr3nico:** patriciaelizabeth0602@gmail.com**Autor 3:****Ocampo Armijos Daniel Marcelo****T3tulo a obtener:** Tecn3logo superior en Petr3leos**Matriz:** Sangolqu3 -Ecuador**Correo electr3nico:** ocampodany1991@hotmail.com**Dirigido por:****3lvarez Lazo Luis Alfredo****T3tulo:** Ing. Petr3leos**Matriz:** Sangolqu3 -Ecuador**Correo electr3nico:** luis.alvarez@ister.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

©2024 Tecnológico Universitario Rumiñahui

SANGOLQUÍ – ECUADOR

Ramírez Rivera Ángel Miguel

Tenelema Carreño Patricia Elizabeth

Ocampo Armijos Daniel Marcelo

Aprovechamiento del gas asociado producido en la plataforma 420 del campo Sacha mediante la generación GLP y generación eléctrica en el 2025

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 19 de marzo del 2025

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, Ramírez Rivera Ángel Miguel declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado: Aprovechamiento del gas asociado producido en la plataforma 420 del campo Sacha mediante la generación GLP y generación eléctrica en el 2025, 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



Ramírez Rivera Ángel Miguel
C.I.: 2200075006

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 19 de marzo del 2025

**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, Tenelema Carreño Patricia Elizabeth declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado: Aprovechamiento del gas asociado producido en la plataforma 420 del campo Sacha mediante la generación GLP y generación eléctrica en el 2025, 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



Tenelema Carreño Patricia Elizabeth
C.I.: patriciaelizabeth0602@gmail.com

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-2-2.2

Sangolquí, 19 de marzo del 2025

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, Ocampo Armijos Daniel Marcelo declaro y acepto en forma expresa lo siguiente: Ser autor del trabajo de titulación denominado: Aprovechamiento del gas asociado producido en la plataforma 420 del campo Sacha mediante la generación GLP y generación eléctrica en el 2025, 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



Ocampo Armijos Daniel Marcelo
C.I.: ocampodany1991@hotmail.com

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

CT-ANX-2025-ISTER-3

CARRERA:
TECNOLOGIA SUPERIOR EN PETROLEOS.

AUTOR /ES:
Ramírez Rivera Ángel Miguel, Tenelema Carreño Patricia Elizabeth, Ocampo Armijos Daniel Marcelo.
TUTOR (METODOLÓGICO Y ACADÉMICO): Luis Alfredo Alvarez.
CONTACTO ESTUDIANTE: 0981578999 – 0983567624 – 0960655890.
CORREO ELECTRÓNICO: miguelito_ramis@hotmail.com, patriciaelizabeth0602@gmail.com, ocampodany1991@hotmail.com
TEMA: Aprovechamiento del gas asociado producido en la plataforma 420 del campo Sach mediante la generación GLP y generación eléctrica en el 2025

OPCIÓN DE TITULACIÓN: UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



AUTOR
Ramírez Rivera Ángel Miguel
C.I.: 2200075006



AUTOR
Tenelema Carreño Patricia Elizabeth
C.I.: 2100679543



AUTOR
Ocampo Armijos Daniel Marcelo
C.I.: 220008202

Resumen

Este proyecto investigativo de prefactibilidad analizara dos alternativas para solucionar la problemática central de la quema de gas asociado producido en la plataforma 420 del campo Sacha, Ecuador, mediante la generación de electricidad y la generación de gas licuado de petróleo (GLP). Se identifica que este gas asociado producido por los pozos de la locación se quema, resultando en pérdidas de energía y emisiones contaminantes. La investigación se centrará en analizar dos alternativas para solventar el desperdicio del gas, usándolo ya que es un hidrocarburo es decir una fuente de energía limpia y estable, mejorando la calidad de vida de las comunidades cercanas y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero.

Se plantean dos escenarios: la generación de GLP y la generación eléctrica. Los resultados esperados de la propuesta de la generación del gas licuado de petróleo son de 0.5 toneladas por cada día, en la propuesta de generación eléctrica 116 kW/h esto permitirá cubrir un 70% de la necesidad de energía eléctrica de la plataforma 420 en Sacha. Se concluye que la generación eléctrica es la opción más viable y se recomienda realizar un análisis económico comparativo entre ambas propuestas para evaluar su implementación futura.

Palabras Claves: Gas asociado, Aprovechamiento, Generación eléctrica, Gas licuado de petróleo (GLP).

Abstract

This pre-feasibility research project will analyze two alternatives to solve the central issue of associated gas flaring produced on platform 420 of the Sacha field in Ecuador, through electricity generation and liquefied petroleum gas (LPG) production. It is identified that the associated gas produced by the location's wells is flared, resulting in energy losses and pollutant emissions. The research will focus on analyzing two alternatives to address the gas waste, utilizing it since it is a

hydrocarbon, i.e., a clean and stable energy source, improving the quality of life for nearby communities and reducing greenhouse gas emissions.

Two scenarios are proposed: LPG production and electricity generation. The expected results for the LPG generation proposal are 0.5 tons per day, while the electricity generation proposal expects 116 kW/h, which will cover 70% of the electrical energy needs for platform 420 in Sacha. The conclusion is that electricity generation is the most viable option, and it is recommended to conduct a comparative economic analysis between both proposals to assess their future implementation.

Keywords: Associated gas, Utilization, Electricity generation, Liquefied Petroleum Gas (LPG).

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 19 de marzo del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo Ramírez Rivera Ángel Miguel, con C.I.: 2200075006 alumno de la Carrera PETRÓLEOS, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente



Firma del Estudiante
Ramírez Rivera Ángel Miguel
C.I.: 2200075006

SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software “TURNITING” y cuenta con un porcentaje de; 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 Loachamí
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe ____/ ____/ ____

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 19 de marzo del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo Tenelema Carreño Patricia Elizabeth, con C.I.: 2100679543 alumno de la Carrera PETROLEOS, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente



Firma del Estudiante
Tenelema Carreño Patricia Elizabeth
C.I.: 2100679543

SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software “TURNITING” y cuenta con un porcentaje de; 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 Loachamí
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe ____/____/____

SOLICITUD DE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CT-ANX-2025-ISTER-4

Sangolquí, 19 de marzo del 2025

Sres.-

INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO

Presente

Yo Ocampo Armijos Daniel Marcelo, con C.I.: 220008202 alumno de la Carrera PETRÓLEOS, cedo al INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO RUMIÑAHUI CON CONDICIÓN DE UNIVERSITARIO, los derechos de publicaciones del presente trabajo de Titulación en el Repositorio Institucional para hacer uso de todos los contenidos con fines estrictamente académico o de investigación.

Atentamente



Firma del Estudiante
Ocampo Armijos Daniel Marcelo
C.I.: 220008202

SÓLO PARA USO DEL ISTER

Han sido revisadas las similitudes del trabajo en el software “TURNITING” y cuenta con un porcentaje de; 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 Loachamína
COORDINADORA DE TITULACIÓN

Fecha del Informe ____/____/____

Aprovechamiento del gas asociado producido en la plataforma 420 del campo Sacha mediante la generación GLP y generación eléctrica en el 2025.

Dedicatoria:

A nuestras amadas familias que han sido parte esencial en todo este proceso que ha sido complicado ya que trabajar y a la vez estudiar es algo sacrificado, pero como dicen por ahí las grandes cosas requieren de esfuerzos mayores.

Agradecimientos:

A todas las personas que formaron parte de este proceso de estudios, empezando con las autoridades y toda la planta de excepcionales docentes del Instituto Rumiñahui por haber aportado, de igual manera a las personas que nos ayudaron en nuestros trabajos para permitirnos salir adelante.

Índice de contenido:

Planteamiento del Problema	18
Justificación.....	19
Alcance	20
Metodología.....	21
Objetivos General y Específicos.....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos Específicos	21
1.1 Ubicación del proyecto	23
1.2 Gas Asociado en Yacimientos Petroleros.....	24
1.3 Métodos de Manejo y Aprovechamiento del Gas Asociado	24
1.3.1 Venteo de gas.....	25
1.3.2 Uso de gas para inyección en recuperación mejorada	27
1.3.3 Uso del gas para generación eléctrica.....	29
1.3.4 Uso del gas para refinación (GLP).	30
1.3.5 Uso del gas en procesos petroquímicos	31
1.4 Producción en la plataforma 420	32
2.1 Información usada para el estudio	34
2.2 Propuestas del proyecto	34
2.3 Diseño generación GLP	34

2.3.1 Captación y separación del gas.....	35
2.3.2 Tratamiento del gas.	36
2.3.3 Comprensión del gas.	37
2.3.4 Distribución y consumo del gas.....	37
2.3.5 Almacenamiento del GLP.	38
2.3.6 Fraccionamiento del gas.	38
2.3.7 Monitoreo.	39
2.3 Diseño generación Eléctrica	39
Nota. Fuente propia.	40
2.3.1 Captación del gas.....	41
2.3.2 Tratamiento del gas.	42
2.3.3 Comprensión del gas.	42
2.3.4 Dimensionamiento de generadores a gas.....	43
2.3.5 Sistema de distribución.....	45
3.1 Datos asumidos.....	47
3.2 Resultados estimados generación GLP	48
3.3 Resultados estimados generación eléctrica.....	49
3.4 Discusión de resultados	50

Índice de tablas

Tabla 1: Pozos productores en locación 420 Sacha bloque 60.....	20
Tabla 2: Datos asumidos para estimación de resultados locación 420 Sacha.....	30
Tabla 3: Resultados estimado de generación de GLP.....	31
Tabla 4: Resultados estimado de generación eléctrica.....	32

Índice de figuras

Figura 1: Diagrama de problemática del proyecto.....	9
Figura 2: Ubicación de campo sachá bloque 60.....	12
Figura 3: Tea quemando gas asociado.....	13
Figura 4: Inyección de gas para recuperación mejorada.....	16
Figura 5: Central de generación eléctrica a gas.....	18
Figura 6: Aprovechamiento del gas en la petroquímica.....	20
Figura 7: Proceso para aprovechamiento del gas produciendo GLP.....	25
Figura 8: Proceso para aprovechamiento del gas generando energía eléctrica.....	29

Introducción

Planteamiento del Problema

El problema principal es la ineficiencia en la utilización del gas mientras se quema en los mecheros. En otras palabras, tales actividades resultan en una pérdida de energía y emisiones contaminantes. El problema en cuestión se refiere a dos áreas: aspectos de producción e impacto ambiental, ya que un recurso energético como el gas no se le está dando el uso adecuado, esto constituye un desperdicio de recurso energético y por otro lado también el impacto que genera la quema al medio ambiente.

De igual manera ahí que mencionar que las centrales de tratamiento de gas en Ecuador son ineficientes.

En tal virtud sin la existencia de un sistema eficiente para utilizar el gas, el país puede enfrentar apagones que son significativamente destructivos en términos de estabilidad energética. Por tal razón, se plantea realizar una propuesta que permita analizar el aprovechamiento de este hidrocarburo lo cual permitirá generar energía estable y más limpia en el Ecuador. Mediante el enfoque que nos permita tener un sistema de productivo que dure a lo largo del tiempo sin comprometer los recursos naturales, sociales y económicos. Una condición adicional es que se puede generar fuentes de empleo con estos nuevos sistemas, la participación y Empoderamiento de la comunidad que se encuentra cerca del bloque 60.

Los principales problemas que el tema en estudio plantea son los siguientes:

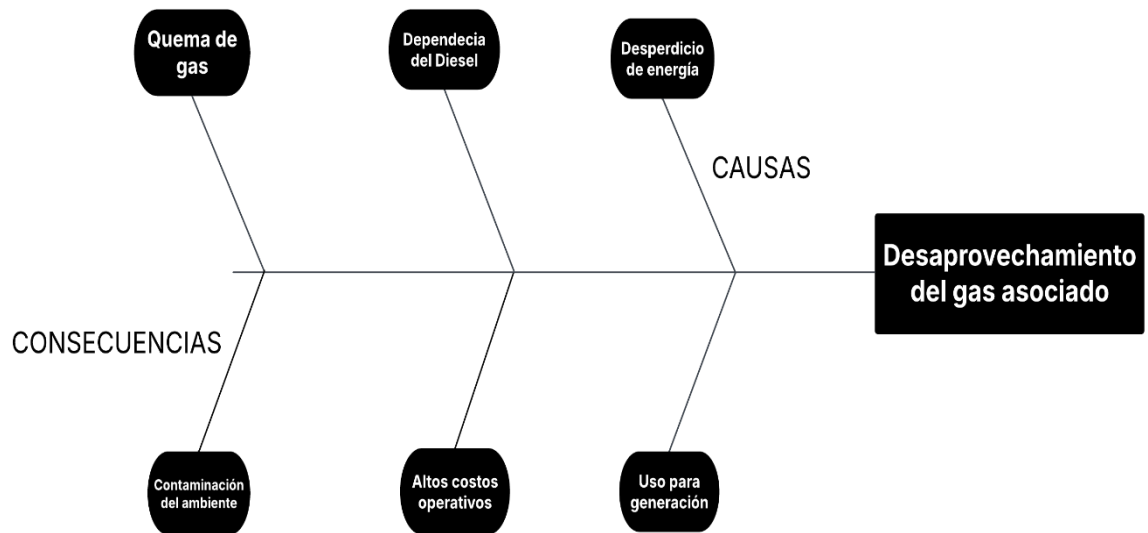
- Falta de infraestructura para aprovechamiento de gas.
- Altos costos para la implementación de sistemas que aprovechen el gas asociado.

Las consecuencias de estos problemas son:

- Desperdicio del recurso energético.
- Dificultades en la rentabilidad del proyecto si no se justifica la inversión en compresión, reinyección o monetización del gas.

Figura 1

Diagrama de problemática del proyecto.



Nota. Fuente propia

Justificación

Tomando en consideración de que hace algunos años el gas producido en la plataforma 420 de Sacha se quema en este proyecto investigativo vamos a evaluar dos alternativas que se analizarán de manera comparativa para dar uso al gas asociado:

- Generación eléctrica.
- Generación de gas licuado de petróleo GLP.

La empresa o entidad que aplique el presente trabajo reflejará una reducción de Emisiones aumentando la eficiencia operativa, lo cual permitirá optimizar los recursos que posee reduciendo sus Costos lo que le permitirá incrementar la producción.

Realizar este proyecto de seminario de carrera es crucial porque permite tener una relevancia Académica; plantea un conflicto actual y significativo en el sector energético, teniendo en cuenta el impacto ambiental que genera la quema del gas asociado; contribuyendo a la reducción de emisiones de GEI, lo cual se tendrá en cuenta la innovación tecnológica promoviendo el uso de tecnologías avanzadas para la captura y utilización del gas asociado.

Para sustentar de manera técnica este proyecto se usarán como sustento técnico las normas ASME; INEN; y API, ya que tenemos que cumplir con los estándares establecidos en cada una de las normas para así poder tener una mejor y mayor aprovechamiento del gas asociado producto de la producción del petróleo, y no volver a desaprovechar dicho recurso como se ha venido haciendo.

Alcance

Recomendar una propuesta que analizada de forma comparativa sea la que nos de mejores resultados estimados para el uso del gas asociado producido en la plataforma 420 en Sacha, mediante un sistema de captura de gas el cual permite el aprovechamiento con la infraestructura existente, asegurando compatibilidad y eficiencia. De igual manera podría ser de mucho interés plantear un cronograma base de las fases de implementación del proyecto, tomemos en cuenta que este estudio solo es una prefactibilidad.

El aprovechamiento del gas asociado reducirá las emisiones y aprovechando este recurso para generación de energía o venta, mejorando así el incremento de la eficiencia operativa del campo mediante la integración de nuevas tecnologías y procesos optimizados. En tal contexto deseamos reducir la contaminación ambiental y otros efectos negativos que generan impacto al quemar el gas.

Con este trabajo se pretende desarrollar un análisis técnico y estimación de posibles resultados de las dos propuestas planteadas, mediante la propuesta de desarrollo de planos y especificaciones técnicas del sistema de aprovechamiento del gas. Para lo cual se deberá seleccionar y cotizar los sistemas necesarios para la posible posterior implementación y se realizará pruebas para asegurar su correcto funcionamiento. Para que todo este proceso se realice de manera eficiente y se logre con los planteamientos propuestos se recomendará el establecimiento de un sistema que permita evaluar el comportamiento de la implementación y de ser necesario realizar ajustes que vayan en pro de una mejor y mayor aprovechamiento

de este recurso. Si logramos aprovechar de mejor manera este recurso, se podrá utilizar la energía generada por el gas asociado cuando este pase por los equipos.

Volumen de gas aprovechado, registro del volumen de gas capturado y procesado.

Eficiencia operativa, evaluación de la eficiencia operativa antes y después de la implementación del sistema.

Impacto ambiental monitoreo de las emisiones y otros indicadores ambientales para evaluar el impacto positivo del proyecto.

Metodología

La metodología que se usan en todos los proyectos de investigación que tienen que ver con la industria del petróleo es la del PMI (Project Managment Institute)

En tal virtud el desarrollo de esta investigación es analítica y descriptiva debido a que; se analizó el uso, queda y manejo del gas asociado en el campo, así como también la descripción actual de las facilidades de deshidratación, recomendaciones de adecuaciones realizadas en las mismas y parámetros operativos de los sistemas de levantamiento artificial a manera descriptiva.

Objetivos General y Específicos

Objetivo General

Aprovechar el gas asociado producido en los pozos de la plataforma 420 del campo Sacha, mediante la generación de energía y gas licuado de petróleo.

Objetivos Específicos

- Estimar la cantidad generada de GLP que podríamos obtener al procesar el gas producido en los pozos de la plataforma 420 del campo Sacha.
- Estimar la capacidad eléctrica que se podría obtener con el gas producido en los pozos de la plataforma 420 del campo Sacha.

- Recomendar la mejor opción a usarse para el manejo del gas asociado de los pozos producidos en la plataforma 420 del campo Sacha.

CAPÍTULO I:

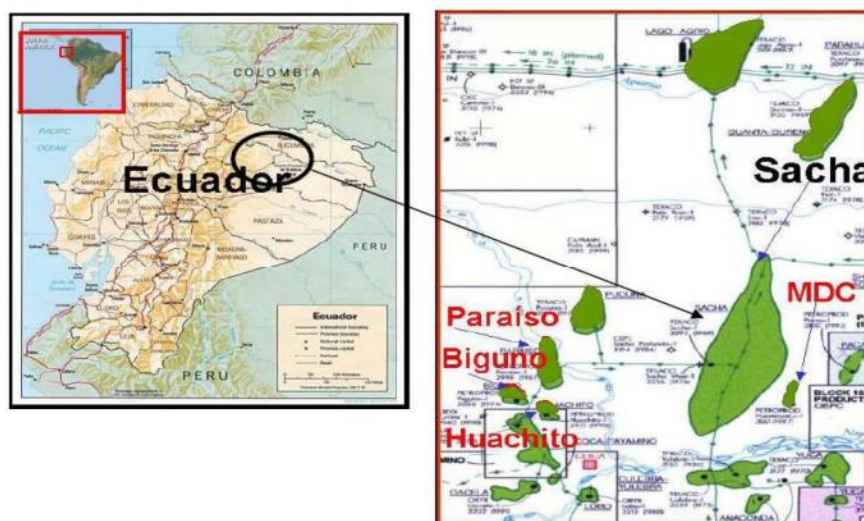
1. Marco Teórico

1.1 Ubicación del proyecto

El proyecto se llevará a cabo en el bloque Sacha más conocido como bloque 60, el cual se encuentra ubicado en la comunidad La Parker, perteneciente a la parroquia San Sebastián del Coca de la provincia de Orellana, considerado como uno de los campos petroleros más productivos, importante y productivo del país, seguido de los campos como Auca, Shushufindi y el ITT con una producción de 70.508 BPPD, 61.500 BPPD y 55.407 BPPD respectivamente. Por lo cual, se estima que contiene reservas de 350 000 000 BP. Este campo se encuentra bajo la dirección de la estatal Petroamazonas EP, la cual produce alrededor de 425.000 BPPD actualmente, con un costo promedio de USD 17,89 por barril, en el primer trimestre del año; la calidad del petróleo producido es de 24.9 API. Este campo está conformado por 280 pozos activos, de los cuales algunos se encuentran cerrados o de baja producción, los mismos fueron sometidos a trabajos de reacondicionamiento y de recuperación secundaria, para poder tener de ellos su máximo nivel de producción.

Figura 2

Ubicación de campo sachá bloque 60.



Nota. Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables, 2024.

1.2 Gas Asociado en Yacimientos Petroleros

El gas asociado representa el componente natural hidrocarburo más volátil en el reservorio que dependiendo del tipo de yacimiento puede ser en solución o gas libre.

Esta fase del producto que se extrae del reservorio en el proceso de deshidratación se debe procesar, dependiendo de las características del gas que son propias del reservorio este puede tener componentes más ricos de hidrocarburos para poder ser usado como materia prima del GLP en las estaciones de procesamiento de crudo deshidratación se usa como combustibles de generadores eléctricos que operan con este recurso.

Es importante indicar que dependiendo la composición del gas (cromatografía) este componente puede tener más componentes que se aprovechan o viceversa ya que el gas debe ser procesado.

Invertir en plantas de tratamiento de gas puede resultar en costos honorosos que deben ser justificados con el recurso que se refina y que en virtud va a pagar las inversiones, en la actualidad contar con motores que operen con gas es una gran ventaja, el desarrollo tecnológico y la globalización son fenómenos que permiten que este tipo de proyectos sean más rentables.

1.3 Métodos de Manejo y Aprovechamiento del Gas Asociado

Los principales métodos para el manejo y aprovechamiento de gas son los siguientes:

- Venteo de gas
- Uso de gas para inyección en recuperación mejorada
- Uso del gas para generación eléctrica
- Uso del gas para refinación (GLP).
- Uso del gas en procesos Petroquímicos
- Compresión y transporte.

Figura 3

Tea quemando gas asociado.



Nota. Tomado de *Acompañamiento a proyecto de reducción de quema en tea de gas asociado en campo petrolero para reducción de emisiones GEI*, por ATM, 2024. https://atm-alt.com.co/es_es/portfolio-item/accompanamiento-a-proyecto-de-reduccion-de-quema-en-tea-de-gas-asociado-en-campo-petrolero-para-reduccion-de-emisiones-gei/

1.3.1 Venteo de gas

Para World Bank (2021) el venteo de gas ha sido el método más usado para la disposición de la fase de gas producida en los pozos petroleros, aunque esta alternativa sea la más usada puede generar emisión de gas invernadero como el metano, óxidos de azufre, material particulado y otros dependiendo de los componentes que tenga el gas.

En esta alternativa de disposición final del gas podemos tener:

- Venteo
- Quema de gas

El venteo consiste en la liberación directa del gas a la atmosfera sin que exista alguna quema o combustión. Esta alternativa sin embargo es altamente contaminante es altamente contaminante y se la incluye en el trabajo solo como un tema histórico ya que en la actualidad

en un mundo que busca la sostenibilidad sería algo absurdo considerarlo como una alternativa.

Dentro de este apartado del venteo se encuentra la quema del gas asociado, esta es una mejor alternativa por, sobre el venteo que es menos contaminante pero no del todo.

En ambas alternativas el principal problema es el desperdicio del hidrocarburo o recurso energético, tomando en cuenta que existen tantas complicaciones para poder extraerlo.

A nivel mundial se han venido impulsando una serie de regulaciones que impiden esta alternativa debido a la nocividad de la misma (World Bank, 2021).

El venteo o la quema del gas son procesos que en la actualidad se están prohibiendo por el efecto nocivo que estos provocan al medio ambiente, los tres fluidos que se producen de los pozos en la industria del petróleo son el agua el petróleo y el gas, si no se cuenta con un proceso para dar uso al gas que se produce entonces se tiene que dar una disposición final a este elemento, por ello y dado que anteriormente el tema ambiental y el enfoque sostenibles que hoy se demanda más aún por el planteamiento del cambio de la matriz energética no existía se usaba una de estas dos alternativas para deshacerse del gas.

El gas si bien es cierto es un hidrocarburo y su energía depende mucho de su composición para ser un gas útil o muy poco útil. El proceso de venteo consiste en que se envía a la atmósfera un gas luego de un proceso de deshidratación que se realiza en la facilidad de tratamiento del petróleo producido en los pozos y en cumplimiento de unas especificaciones técnicas que dependen de la legislación del país o internacional, este proceso no es muy usado ya que el gas suele ser inflamable, explosivo lo cual puede ser peligroso, así como es un proceso más nocivo para el medio ambiente.

La quema del gas sigue el mismo proceso que el venteo del gas con la diferencia de que cuando el gas este en especificaciones se lo quema en una toria la idea es deshidratar y quemar un gas que sea seco ya que quemar un gas con líquido genera gases contaminantes, este

sigue siendo un proceso que genera gases de efecto invernadero, pero menos nocivo que el proceso de venteo.

La idea de este proyecto de prefactibilidad es analizar dos opciones que sean viables para poder darle un uso al gas lo cual es beneficioso a nivel económico y operativo ya que el gas es energía y dado el contexto actual aplicar una solución sostenible para reducir el impacto que genera la quema o el venteo del gas a la atmosfera.

1.3.2 Uso de gas para inyección en recuperación mejorada

Usar el gas como recurso para generar energía en el yacimiento es una alternativa que permite usar el gas producido por los pozos del reservorio generando incremento en la presión del reservorio y el barrido del hidrocarburo en las zonas circundantes donde se hace la inyección del gas.

De esta manera se reduce la contaminación por emisiones de gas, las limitantes es que se necesitan una gran inversión para el sistema de compresores que permitirán tratar el gas e inyectarlo, de igual manera hay que siempre considerar factores de riesgo en el manejo del gas que siempre resulta ser complejo.

Los yacimientos petroleros que se explotan con el paso del tiempo van perdiendo la energía propia natural la cual se generó hace millones de años atrás y lo que representa como principal fuente para la extracción de los fluidos del yacimiento, esto genera que la producción decaiga en este proceso y que a medida que se vaya explotando el yacimiento este proceso se vaya acrecentando.

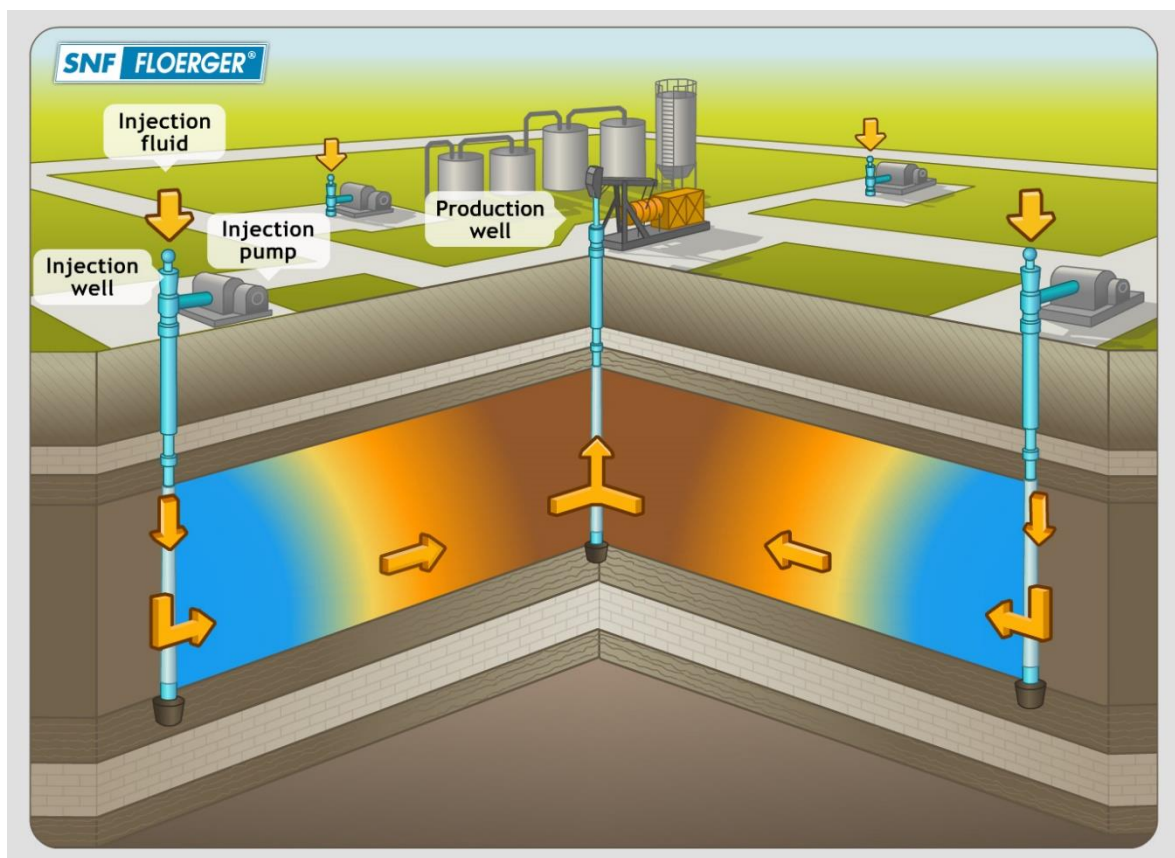
La ingeniería del petróleo tiene como principal objetivo incrementar el margen de recuperación de los fluidos que se encuentran en el reservorio desde esa perspectiva los procesos de recuperación mejorada son un ejemplo muy viable para incrementar este factor de recuperación. En líneas muy simples este proceso consiste en inyectar al yacimiento productor el gas para aumentar la presión del yacimiento y que ese gas inyectado al momento

que ingresa al yacimiento productor también haga un efecto de barrido de los fluidos que están cerca de los pozos productores.

En este proceso de igual manera se debe procesar el gas (deshidratarlo) para que cumpla con las especificaciones mínimas que la ingeniería requiere para que pueda tener un impacto positivo en el yacimiento, entonces se le da un uso al gas producido para que aumente la presión interna del yacimiento y de esa manera se pueda incrementar el factor de recobro.

Figura 4

Inyección de gas para recuperación mejorada.



Nota. Tomado de Ensayos multitrizador para evaluar eficiencias de barrido en recuperación mejorada con inyección selectiva, por OilProduction.net, s.f.
<https://oilproduction.net/reservorios/eor/item/394-ensayos-multitrizador-para-evaluar-eficiencias-de-barrido-en-recuperacion-mejorada-con-inyeccion-selectiva>

En este proceso es necesario realizar varios estudios de caracterización del yacimiento para diseñar la estructura adecuada de pozos inyectores de gas requeridos y las especificaciones del gas que se va a inyectar para que exista compatibilidad en el yacimiento y no sea contraproducente su uso.

1.3.3 Uso del gas para generación eléctrica

Es una alternativa que se está usando bastante, acá se usa turbinas y motores a combustión interna acoplados para uso de gas que permite la generar. Resulta ser una opción viable y muy provechosa en áreas donde no existe red eléctrica.

Según el IEA (2020) el uso del gas producido para generar energía eléctrica puede reducir en un 30% el costo operativo de un campo y reducir de manera significativa la contaminación generada por la quema o venteo del gas.

El uso del gas producido en los pozos para proceso de generación eléctrica es ya usado actualmente en algunos campos del oriente ecuatoriano operadoras tanto por empresas privadas, así como la empresa estatal.

Consiste es captar y procesar el gas para limpiarlo y sacar sus componentes más útiles y usarlo como combustible de motores que accionan generadores eléctricos que operan a gas. Justamente por esta necesidad en el mercado actualmente existen generadores que usan gas como combustible y en algunos casos se opta por hacer adecuaciones en los mecanismos de combustión para que se pueda usar el gas.

Es importante el diseño del sistema de tratamiento del gas ya que los equipos que usan este combustible cumplen con ciertas especificaciones para disminuir la eficiencia del rendimiento del equipo, así como tener un deterioro prematuro.

Este proceso es usado ya que permite generar una alternativa muy sostenible del uso del gas y aprovechar su capacidad energética para reducir el coste operativo de uso de combustibles fósiles como el Diesel para alimentar a los generadores que proveerán de la energía para

producir los pozos son más viables si lo miramos desde el aspecto económico para su implementación justamente por ellos son procesos que ya actualmente se tiene ya implementados.

1.3.4 Uso del gas para refinación (GLP).

El gas asociado resulta ser un elemento que estos compuestos por hidrocarburos más volátiles lo cual permite que se pueda usar a este componente para obtener productos refinados.

Gas doméstico o llamado técnicamente gas licuados de petróleo el cual está compuesto de propano y butano principalmente.

El gas seco por otro lado principalmente es compuesto por metano a este se lo puede transportar por gasoductos y de igual manera se le podría dar un uso doméstico.

Esta alternativa es viable en lugares donde se tenga infraestructura para poder transportar y almacenar el gas.

El proceso concreto para obtener el GLP a partir del gas asociado se base en el proceso de refinación atmosférica (topping) en donde se eleva la materia prima es decir el gas asociado producido a las temperaturas de ebullición de los elementos más volátiles del gas natural producido, esto depende del tipo de gas característico producido en el yacimiento de manera natural. Los elementos más volátiles que son materia prima del GLP (gas licuado de petróleo) son el metano y propano al momento que se calienta la muestra que se quiere fraccionar (separar) se evapora y se capta en las cámaras más superiores de la planta topping y estas son luego procesadas para inyectar químicos como por ejemplo del mercaptano que le da el olor característicos al GLP para que este pueda ser identificado y otros aditivos así como el proceso para que se condense el gas y de esta manera pueda ser embazado y esté listo para su uso final.

Figura 5

Central de generación eléctrica a gas.



Nota. Tomado de la Central de Generación a Gas Residual Waukesha, aportará 5 MW adicionales para el Sistema Nacional Interconectado Petrolero [SEIP].

1.3.5 Uso del gas en procesos petroquímicos

A la industria de la petroquímica es muy extensa y es en donde se aprovecha la mayor cantidad de los recursos hidrocarburíferos el gas se usa en procesos para fabricación de fertilizantes plásticos, metanol y otros (IEA, 2020).

El gas en tal contexto es la materia prima para diferentes procesos petroquímicos que nos dará productos de consumo masivo, ejemplos de estos procesos son los siguientes:

- Producción etileno y propileno para el proceso del plástico.
- Metano para procesos de fabricación de pinturas, disolventes, adhesivos, etc.
- Amoníaco para procesos de fertilizantes.

Estos procesos se desarrollan en una planta petroquímica: el Steam Reforming es una reacción del principal componente del gas que es el metano con el vapor de agua para generar

amoníaco, metanol e hidrógeno los cuales se usan para otros procesos que generan fertilizantes pinturas, plásticos y otros.

Otro proceso ejemplo es el Cracking Steam, en este proceso el gas se lleva a muy altas temperaturas para disociar la estructura interna para generar productos como polipropileno y etileno materias básicas para la producción del plástico.

En líneas generales dependiendo del proceso petroquímico se lleva al gas a diferentes temperaturas (procesos atmosféricos) y presiones) procesos al vacío para obtener un fraccionamiento de los componentes del metano y propano componentes principales del gas natural para llevarlo a un proceso petroquímico en donde se mezclan con catalizadores que son elementos para ayudar a favorecer la reacción química y otros elementos que forman parte de la ingeniería petroquímica para generar productos de consumo masivo como plástico, fertilizantes, pinturas, diluyentes, industria farmacéutica y mucho otros más.

1.4 Producción en la plataforma 420

La plataforma 420 del campo Sacha ubicado en el bloque 60 cuenta con ocho pozos productores que suman una producción diaria de 3410 barriles de fluido por día (BFPD), la cantidad de gas asociado producido en la locación que se quema en la locación de manera diaria bordea los 14.1 miles de pies cúbicos (MPCD).

En la Tabla 1 se puede observar la producción de cada pozo de fluido y de gas los cuales serán importantes para la estimulación de los resultados que se obtengan con las dos opciones de propuesta planteadas en este proyecto de investigación.

Figura 6

Aprovechamiento del gas en la petroquímica.



Nota. Foto del complejo Industrial de Bahía Blanca crecerá al ritmo del gas de Vaca Muerta.

Tabla 1

Pozos productores en locación 420 Sacha bloque 60.

Número de Pozo	Caudal Actual (BPD)	Producción de Gas Asociado (MPCD)
420	540	2.3
421	185	0.8
422	462	1.9
423	720	3
424	445	1.7
425	292	1.2
427	434	1.8
428	332	1.4

Nota. Fuente propia.

CAPÍTULO II

2. Diseño e implementación

2.1 Información usada para el estudio

La información que se recopiló para el desarrollo de este estudio en términos generales fue la siguiente:

- Datos de los pozos, diagramas, sistemas de producción historial de Work Over, otros.
- Propiedades e los fluidos producidos en el pozo.
- Historial de producción de los pozos
- Características generales de los sistemas de deshidratación.

Con el análisis de esta información se propondrán dos escenarios que nos permitan brindar alternativas para usar el gas que se produce en los pozos de la plataforma 420 del campo Sacha.

2.2 Propuestas del proyecto

De manera que se pueda optimizar el manejo del gas asociado en el campo se han planteado dos escenarios de análisis que describirán a continuación:

- Escenario de propuesta número 1: uso del gas asociado para generación de gas licuado de petróleo (GLP).
- Escenario de propuesta número 2: uso del gas asociado para generación eléctrica.

2.3 Diseño generación GLP

La propuesta de generación de GLP consiste en aprovechar el gas asociado producido en la plataforma para su procesamiento y obtención de Gas Licuado de Petróleo (GLP) que será utilizado para las operaciones internas y otros usos industriales. El proceso se desarrollaría de la siguiente manera:

- Captación y separación del gas.
- Tratamiento del gas.
- Comprensión del gas.

- Distribución y consumo del gas.
- Almacenamiento del GLP.
- Fraccionamiento del gas.
- Monitoreo.

El proceso de uso del gas asociado para producir GLP es un proceso completo que comprendería una vez que el gas asociado sea captado que este entre a un sistema de fraccionamiento como el que se usa en una refinería atmosférica para poder separar los componentes más volátiles del gas y que estos sean la materia prima para poder obtener Gas licuado de petróleo. Considerando una locación con una cantidad reducida de pozos esta propuesta es un poco inviable por todo el diseño y la implementación de ingeniería que se podría requerir y lo más importante el uso final que se daría a la producción de este GLP ya que a menos de que se implementara algún sistema de generación con esta energía de primera mano no se tendría una utilidad, a decir verdad.

De todas maneras, analizar esta como una opción del aprovechamiento del gas puede ser la motivación para que se pueda considerar en algún proyecto de mayor envergadura ya que por lo general usar el gas producido para generación eléctrica y es una opción muy sostenible ya que en las locaciones de los pozos se requiere de ella para poder mantener los pozos produciendo.

En la figura 7 se puede observar un proceso base para la implementación del uso del gas producido para refinación de gas licuado de petróleo la cual es una de las dos opciones para resolver la problemática central del proyecto investigativo de prefactibilidad para la posterior implementación.

2.3.1 Captación y separación del gas

La primera etapa en el proceso es la captación del gas asociado, el cual es extraído junto con el crudo durante la producción de los pozos petroleros. Este gas, conocido como gas de producción,

puede contener hidrocarburos livianos, vapor de agua, contaminantes (como H_2S y CO_2) y líquidos de petróleo.

Para la captación se utilizan sistemas de recolección en la cabeza del pozo o manifolds, donde el gas es conducido por tuberías hacia una unidad de separación primaria.

En los separadores trifásicos (gas, petróleo y agua), el gas es segregado del crudo y el agua producida. Esta etapa puede incluir separadores de alta, media o baja presión, dependiendo de la presión de línea y del diseño del sistema de producción.

El gas separado se conduce a un scrubber o trampa de líquidos para eliminar residuos líquidos antes de su tratamiento.

A continuación, se desarrolla una breve descripción de cada paso que incluimos en el proceso.

2.3.2 Tratamiento del gas.

Después de la separación primaria, el gas captado requiere un proceso de tratamiento para adecuar su calidad antes de ser comprimido o fraccionado para obtener GLP.

Se eliminan los vapores de agua para evitar la formación de hidratos y la corrosión. Se pueden usar torres de absorción con glicoles (TEG) o sistemas de adsorción con tamices moleculares.

Si el gas contiene ácidos como el H_2S o CO_2 , se realiza un proceso de remoción mediante torres de absorción con soluciones de aminas (DEA o MEA).

Se eliminan partículas sólidas y líquidos residuales mediante filtros coalescentes o ciclónicos, asegurando la pureza antes de las siguientes etapas.

Se mide el caudal, presión y composición del gas tratado para garantizar que cumple con las especificaciones del proceso.

2.3.3 Compresión del gas.

Una vez tratado, el gas debe ser comprimido para elevar su presión y facilitar su transporte o procesado en unidades de fraccionamiento.

Se emplean compresores centrífugos o reciprocantes, según el volumen de gas y la presión requerida.

La presión de descarga puede variar dependiendo de la tecnología de fraccionamiento y almacenamiento, pero generalmente se comprime hasta 600-900 psi.

Se instalan sistemas de enfriamiento posterior a la compresión (aftercoolers) para disminuir la temperatura del gas y evitar problemas en el sistema de fraccionamiento.

Se incluyen sistemas de control de vibración y balanceo dinámico en los compresores para maximizar la seguridad operativa.

2.3.4 Distribución y consumo del gas.

Una vez comprimido, el gas puede ser distribuido hacia distintas unidades según su finalidad: producción de GLP, generación eléctrica o inyección de gas para mejorar la producción (EOR).

El gas es dirigido mediante sistemas de tuberías presurizadas hacia la planta de fraccionamiento para extraer GLP.

En paralelo, parte del gas tratado puede destinarse a sistemas de cogeneración para abastecer la planta de energía eléctrica o térmica.

Si existe un excedente, el gas puede ser reinyectado en los yacimientos para aumentar la presión de reservorio o vendido como gas natural comprimido (GNC).

Se instalan válvulas de control y estaciones de regulación de presión para asegurar la adecuada entrega a cada destino.

2.3.5 Almacenamiento del GLP.

Una vez separado el GLP, se requiere de sistemas seguros de almacenamiento, ya que el gas licuado es altamente inflamable y debe mantenerse en condiciones controladas de presión y temperatura.

El GLP es almacenado en tanques esféricos o cilíndricos horizontales diseñados para resistir presiones de hasta 250 psi, contruidos en acero de alta resistencia con revestimientos anticorrosivos.

Se instalan sistemas de seguridad, tales como válvulas de alivio de presión, sistemas de detección de fugas y cortinas de agua contra incendios.

Los tanques cuentan con sistemas de medición de nivel y temperatura, y están conectados a un sistema de recirculación para mantener la homogeneidad del producto.

Se diseñan muelles o áreas de carga para el despacho del GLP a camiones cisterna o autotanques de distribución.

2.3.6 Fraccionamiento del gas.

El fraccionamiento es el proceso clave para la obtención de GLP, donde se separan los componentes livianos (propano y butano) del gas tratado.

Se usa una torre de destilación criogénica o despropanizadora/desbutanizadora, donde el gas se enfría a temperaturas bajas ($-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$) y se separan sus fracciones por diferencia de puntos de ebullición.

En el despropanizador se separa el propano, mientras que en el desbutanizador se separa el butano.

El producto final es un GLP de especificación comercial, generalmente compuesto por una mezcla de propano y butano en proporciones variables según el mercado.

Los componentes remanentes, como el gas metano o etano, se pueden destinar a consumo interno de la planta o reinyección.

2.3.7 Monitoreo.

La operación de la planta requiere de un sistema de monitoreo y control en tiempo real, asegurando la eficiencia y seguridad del proceso.

Se instala un Sistema de Control Distribuido (DCS) que integra todas las variables operativas: presiones, temperaturas, caudales y composiciones.

El monitoreo ambiental incluye detección de fugas, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y control de ruidos.

Se implementa un Sistema de Seguridad Instrumentado (SIS) que activa alarmas y bloqueos automáticos en caso de condiciones anómalas.

Los operadores realizan inspecciones periódicas en campo, apoyados por sensores de detección de gases combustibles y tóxicos, además de sistemas de videovigilancia.

Los datos recolectados alimentan un sistema de gestión de mantenimiento predictivo, basado en la condición de los equipos para evitar fallas y paros no programados.

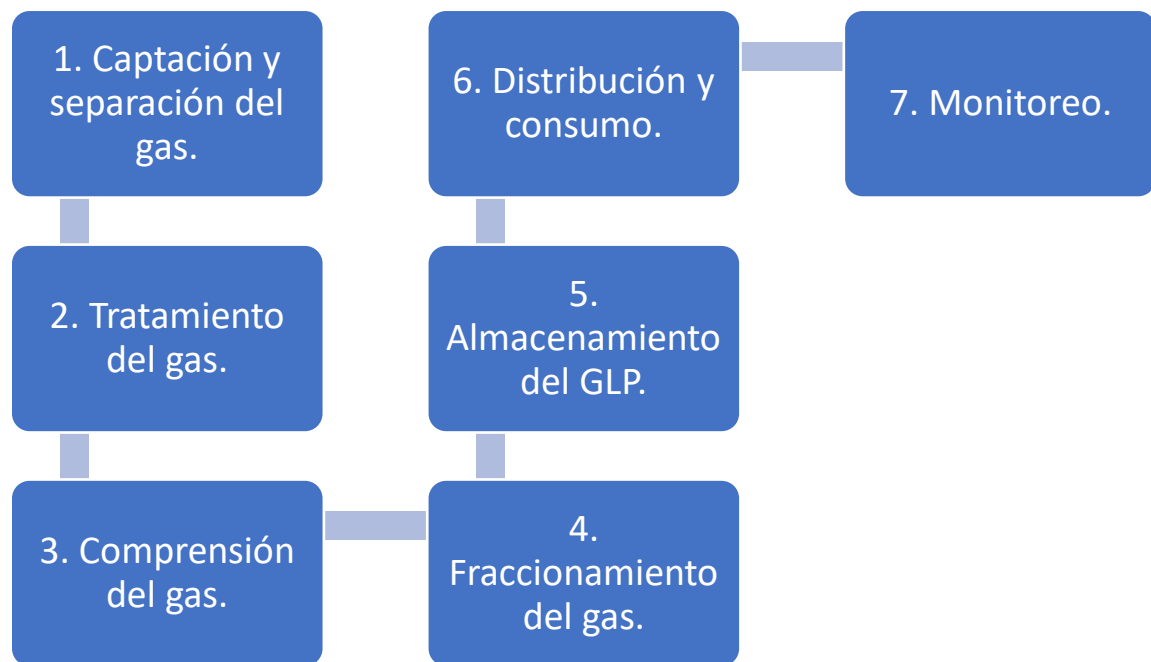
2.3 Diseño generación Eléctrica

La propuesta de generación eléctrica consiste en aprovechar el gas asociado producido en la plataforma para alimentar el sistema que genere electricidad que suministre energía para las operaciones de los pozos. El proceso se llevaría a cabo de la siguiente manera:

- Captación del gas.
- Tratamiento del gas.
- Comprensión del gas.
- Dimensionamiento de generadores a gas.
- Sistema de distribución.

Figura 7

Proceso para aprovechamiento del gas produciendo GLP.



Nota. Fuente propia.

El proceso de generación eléctrica es una alternativa para el aprovechamiento del gas bastante usada en muchas empresas. En el país existe un aprovechamiento del gas para la generación que se requiere para los diferentes procesos productivos. Se basa en implementar un proceso que pueda captar el gas producido asociado para luego llevarlo a un sistema de limpieza y tratamiento del gas, el cual es necesario para este puede ser usado como combustible de generadores tipo que trabajan con gas. Esta etapa de la limpieza de impurezas del gas es fundamental para el funcionamiento apropiado de los generadores a gas y también representa el porcentaje de gas que se puede

aprovechar esto depende netamente de la calidad del gas natural producido que se usara como materia prima para la posterior generación eléctrica.

Los mecanismos de comprensión constituyen la manera en la cual vamos guardar al gas para que este sea procesado por el sistema de combustión del generador que funciona a gas.

Es importante también considerar que un porcentaje el cual dependerá de la calidad del gas producido asociado con el hidrocarburo líquido se va a terminar de igual manera quemando ya que un porcentaje del gas va hacer impurezas que se filtren en el proceso de tratamiento del gas.

El existo de un proyecto del aprovechamiento del gas es la estimación del posible gas meto que se pueda disponer para el uso del motor que acciona el generador eléctrico, ya que no se puede contar con una alta producción de gas natural es una garantía de que va a existir un aprovechamiento considerable de este ya en el proceso operativo, esto en líneas generales en lo primordial analizar en un proyecto de uso del gas asociado de este tipo.

En la figura 9 se puede observar un proceso base para la implementación del uso del gas producido para generar electricidad la cual es una de las dos opciones para resolver la problemática del no uso del gas producido en la plataforma 420 del campo Sacha.

A continuación, se realiza una descripción del proceso que se sigue para el uso del gas para generación eléctrica

2.3.1 Captación del gas.

La captación del gas asociado ocurre directamente en el sitio de producción de los pozos petroleros.

El gas liberado durante la extracción del crudo es canalizado mediante un sistema de recolección hacia unidades de procesamiento primario.

En el cabezal de pozo, el gas es dirigido a través de tuberías hacia separadores multifásicos. Estos equipos permiten la separación física del crudo, el agua de formación y el gas, por diferencia de densidades y condiciones de presión y temperatura (Smith, 2016).

Luego, el gas se transporta a un scrubber o trampa de líquidos, donde se eliminan residuos líquidos que podrían afectar los siguientes procesos.

En esta etapa, es fundamental garantizar que el gas quede lo suficientemente limpio para evitar problemas en los sistemas de tratamiento y compresión posteriores (GPSA Engineering Data Book, 2012).

2.3.2 Tratamiento del gas.

El gas asociado crudo debe acondicionarse para que sea apto como combustible en los sistemas de generación eléctrica.

Se eliminan los contenidos de vapor de agua mediante unidades de absorción con trietilenglicol (TEG) o adsorción en tamices moleculares. Esto evita la formación de hidratos y la corrosión interna (Sutton, 2017).

Si el gas contiene ácido sulfhídrico (H_2S) o dióxido de carbono (CO_2), es necesario eliminarlos. Se emplean sistemas de absorción química utilizando soluciones de aminas (como MEA o DEA), garantizando un gas limpio y menos corrosivo (Arnold & Stewart, 2008).

Se realiza una purificación adicional mediante filtros coalescentes, asegurando la eliminación de partículas sólidas y gotas líquidas que podrían dañar los motores o turbinas generadoras (Ikoku, 1992).

2.3.3 Compresión del gas.

Una vez tratado, el gas debe ser comprimido hasta alcanzar la presión requerida por el equipo de generación eléctrica, que puede ser una turbina de gas o un motor alternativo.

Se instalan compresores reciprocantes o centrífugos, los cuales elevan la presión del gas hasta los rangos operativos del generador (generalmente entre 300 y 900 psi para turbinas pequeñas o sistemas modulares).

Durante el proceso de compresión, el gas se calienta; por ello se incluyen enfriadores posteriores (aftercoolers) que reducen su temperatura y evitan el deterioro de los componentes (Couch, 2008).

Los sistemas de control y protección aseguran la operación continua del compresor dentro de sus parámetros, mitigando riesgos de sobrepresión o fallas mecánicas (GPSA Engineering Data Book, 2012).

2.3.4 Dimensionamiento de generadores a gas.

El dimensionamiento de los generadores eléctricos a gas es un proceso crítico en el diseño de la planta, ya que asegura la adecuación entre la oferta de gas disponible y la demanda energética del sistema o del campo petrolero. Una correcta selección y dimensionamiento garantiza eficiencia operativa, reduce costos y prolonga la vida útil de los equipos.

Se parte de la estimación del volumen de gas asociado disponible. Para ello, es necesario considerar:

Producción diaria de gas en el campo (en metros cúbicos normales por día, $\text{Nm}^3/\text{día}$ o pies cúbicos estándar por día, SCFD).

Consumo de gas en otros procesos, si es compartido.

Variaciones en el flujo de producción de los pozos a lo largo del tiempo (declinación de producción).

Determinación del poder calorífico del gas, el contenido energético del gas (expresado en BTU/SCF o MJ/Nm^3) es fundamental para calcular cuánta energía útil puede extraerse.

Se mide el Poder Calorífico Superior (PCS) y el Poder Calorífico Inferior (PCI) mediante cromatografía de gases.

Cálculo de la potencia eléctrica disponible, con el volumen de gas disponible y su contenido energético, se puede estimar la potencia eléctrica máxima a generar.

Selección del tipo de generador, dependiendo de la potencia requerida y el tipo de gas, se elige entre:

- Motores de combustión interna a gas (reciprocantes): ideales para potencias pequeñas o medianas (desde 100 kW hasta 10 MW). Son más flexibles en la operación y aceptan variaciones en el suministro de gas (IEA, 2020).
- Turbinas de gas: adecuadas para potencias mayores (a partir de 5 MW hasta más de 50 MW), pero requieren un flujo de gas más estable y de mayor calidad.

Definición de la capacidad instalada, se considera si la planta debe cubrir:

Esto determina si se instalan generadores en paralelo para repartir la carga y facilitar mantenimientos sin parar la operación (Speight, 2014).

Dimensionamiento de sistemas auxiliares, el dimensionamiento de los generadores incluye:

Sistema de enfriamiento (agua o aire), según la potencia del motor.

Sistema de lubricación, adaptado a la potencia y operación continua.

Sistema de tratamiento del gas de entrada, ajustado a los requerimientos del equipo (presión, contenido de agua, calidad).

Criterios de confiabilidad y redundancia, se diseña el sistema considerando:

Redundancia N+1 o N+2 para asegurar continuidad en la generación incluso cuando uno o más generadores están fuera de servicio por mantenimiento o falla (Couch, 2008).

2.3.5 Sistema de distribución.

La transformación de la energía química del gas en energía eléctrica se realiza a través de tecnologías de conversión adecuadas al volumen de gas disponible y la demanda energética de la planta o de terceros.

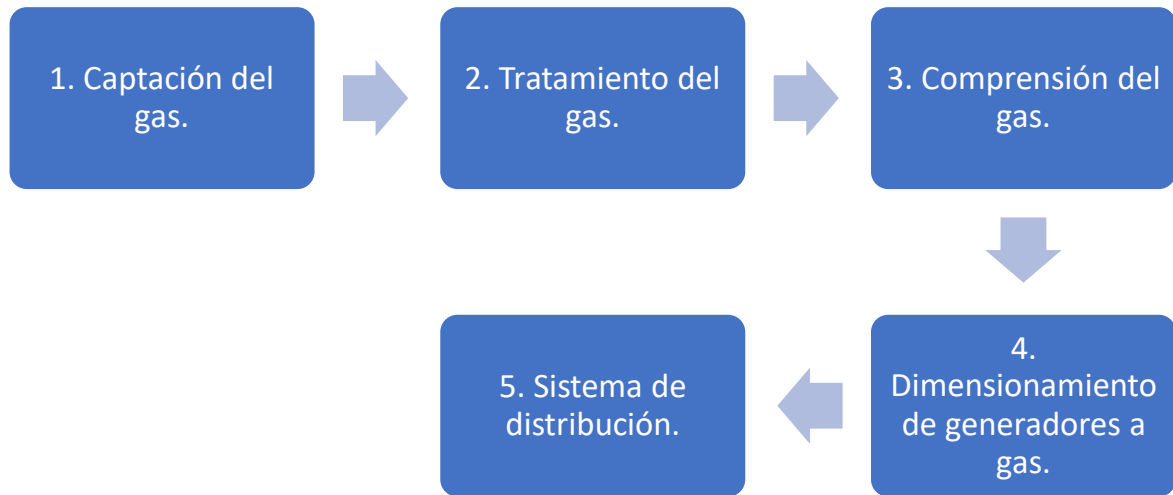
Se utilizan para producciones medias a altas de gas. Estas máquinas convierten la energía térmica del gas en energía mecánica, que acciona un generador eléctrico. Son ideales para aplicaciones de ciclo simple o ciclo combinado, donde el calor residual se aprovecha para producir vapor (Sutton, 2017).

Son recomendables para volúmenes menores de gas y demandas eléctricas puntuales. Ofrecen flexibilidad operativa, alta eficiencia térmica y menor tiempo de respuesta frente a variaciones en la carga (Arnold & Stewart, 2008).

La electricidad generada puede ser utilizada directamente en la operación del campo petrolero (energía para bombas de producción, sistemas de levantamiento artificial, compresión, iluminación) o exportada a la red pública, si existe capacidad de interconexión (IEA, 2020).

Figura 8

Proceso para aprovechamiento del gas generando energía eléctrica.



Nota. Fuente propia.

CAPÍTULO III

3. Pruebas resultados y discusión

3.1 Datos asumidos

Para poder realizar las estimaciones del gas licuado de petróleo producido, así como la cantidad de energía eléctrica que se generaría con la producción del gas asociado de petróleo se asumieron los siguientes datos referenciales a la locación 420 del campo Sacha bloque 60.

En la Tabla 2 se muestran los datos usados para los diferentes cálculos en la estimación de resultados obtenidos de ambas propuestas.

Tabla 2

Datos asumidos para estimación de resultados locación 420 Sacha.

Parámetro	Valor
Gas disponible	14.1 MPCD
Presión de yacimiento	1300 psi
Porosidad	25%
Área del yacimiento	100 acres
Espesor del yacimiento	40 pies
Relación de calor específico	1.3
Presión de succión del compresor	50 psi
Presión de descarga	1500 psi
Poder calórico inferior	1000 BTU/pie cubico
Eficiencia del generador	35%
Demanda de energía actual	166 KW/h

Nota. Fuente propia.

Los datos asumidos para el proceso de cálculo se obtuvieron de datos experimentales a los cuales se pudieron acceder de la plataforma 420, por razones de confidencialidad y vitar conflicto de interés no podemos citar la empresa que nos proporcionó esta información.

3.2 Resultados estimados generación GLP

Para estimar la producción de GLP en la plataforma 420 de la locación Sacha se usó la siguiente fórmula de para el cálculo (API, 2016; ISO, 2018).

$$Q_{GLP} = Q_{Gas} \times FR_{GLP} \dots \dots (1)$$

Donde:

Q_{GLP} = Producción del GLP (ton/día)

Q_{Gas} = Producción del gas asociado (MPCD)

FR_{GLP} = Factor de recuperación del GLP (ton/MPCD)

En la Tabla 3 se muestran los resultados estimados de la propuesta generación de GLP con el gas asociado producido.

Tabla 3

Resultados estimados de generación de GLP.

Parámetro	Inicial	Incremental
Generación de GLP	0	0.5 Ton
% de gas aprovechado	0%	70%
Consumo de energía externa	100%	100%
Volumen de gas quemado	14.1 MPCD	4.23 MPCD

Nota. Fuente propia.

3.3 Resultados estimados generación eléctrica.

Para estimar la cantidad de electricidad probable generada con el uso del gas asociado en la plataforma 420 de la locación Sacha se usó la siguiente fórmula de para el cálculo (ASTM, 2014; Perry & Green, 2008).

Potencia del compresor

$$W = 144 \times P_1 \times V \times \frac{k}{k-1} \times \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) \dots (2)$$

Donde:

W = Potencia (BTU/hr)

P1 = Presión de succión (psi)

P2 = Presión de descarga (psi)

V = Volumen de gas (pies cúbicos)

k = Relación de calor específico del gas (1.3 para el gas natural)

Eficiencia de la generación eléctrica

$$P_e = m \times LHV \times n \dots (3)$$

Donde:

P_e = Potencia eléctrica (kW)

m = Flujo másico de gas (kg/h)

LHV = Podo calórico inferior del gas (BTU/kg)

n = eficiencia del generador (35%)

En la Tabla 4 se pueden mirar los valores estimados obtenidos luego de los cálculos realizados de la propuesta generación eléctrica con el gas asociado producido.

Tabla 4

Resultados estimados de generación eléctrica.

Parámetro	Inicial	Incremental
Capacidad de generación	0	116 KW/h
Volumen usado por generación	0 MPCD	9.87 MPCD
Volumen de gas quemado	14.1 MPCD	4.23 MPCD
Consumo de energía externa	100%	30%

Nota. Fuente propia.

3.4 Discusión de resultados

De los datos obtenidos como es previsible en ambas propuestas se tiene un uso del 70% esto estas más asociado a la calidad del gas natural producido para el aprovechamiento del mismo en el caso de la generación eléctrica se estimaría producir con ese gas 0.5 Ton/ día, para la generación eléctrica 116 Kw/hora tomando en referencia que la necesidad actual de energía de la locación 420 es de 160 Kw/hora esto significaría que el gas abastecería en un 70% las necesidades de energía de la misma locación lo cual representaría un gran beneficio sumado a la merma de los gases que se generan por la combustión del gas en el proceso de quema y otros que se generan en el proceso de queda de gas.

En la propuesta 1 no tenemos algún sistema referencial ya que el GLP se tendría que mirar en que proceso se lo podría usar.

Si bien es cierto el objetivo de este proyecto no es realizar un evaluación económica del proyecto la opción más viable y sencilla de aplicar es la de la generación eléctrica en vista de que el mismo gas se procesaría en la misma locación para abastecer motores que trabajan a gas y esto a su vez

puedan accionar los generadores que permitan abastecer a la energía que se requiere en la locación para el funcionamiento de los diferentes sistemas que se usan en la producción de hidrocarburos. La opción del uso del gas para producción de GLP es muy interesante y puede ser un referencial para proyectos macros o en locaciones nuevas donde se pueda pensar en sistemas de GLP propios que se abastezcan con el GLP generado en el proceso de aprovechamiento del gas de todas maneras la implementación de un sistema que produzca GLP va hacer muchísimo más costoso de implementar que un sistema de uso del gas para generación eléctrica que actualmente ya existe en algunos campos del oriente ecuatoriano.

Con las estimaciones de las dos propuestas planteadas en este proyecto de investigación estamos asegurando la solución de la problemática a largo plazo y este estudio servirá como un análisis de prefactibilidad para la posterior implementación tomando en cuenta que la legislación ecuatoriana prohíbe el uso de mecheros.

Conclusiones

- La propuesta de uso del gas para generación de gas licuado de petróleo (GLP) va a permitir que se pueda generar 0.5 ton/día permitiendo un aprovechamiento del gas de aproximadamente un 70%, no tenemos acceso a la cromatografía de gas para poder determinar con mayor precisión el porcentaje de gas que se podría aprovechar.
- La propuesta de uso del gas para generación eléctrica permite generar 116 KW/h es decir suplir un 70% de la necesidad de la locación que es de 166 KW/h, de igual manera permite reducir la dependencia de consumo de energía externa, el aprovechamiento del gas es del 9,87 MPCD aún se ventea cierta cantidad de gas debido a las impurezas al momento de tratarlo para el uso en los generadores.
- Al aprovechar el gas se podrá usar el recurso energético, reduciendo las emisiones de gases por el efecto del venteo del gas, lo cual es muy beneficioso para el medio ambiente.
- Se estimada que existan beneficios económicos por diversos aspectos en la implementación del uso de generadores y cambio de condiciones para el aprovechamiento de gas.

Recomendaciones

- Se recomienda implementar la propuesta 2 de generación eléctrica ya que permitirá que la plataforma puede autogenerar un 70% de la necesidad eléctrica que hay en la misma, la opción del GLP es muy interesante pero no va a generar algún beneficio directo para la locación de igual manera la opción de la generación del GLP sería una alternativa técnica más difícil de implementar, sabemos que el enfoque económico no es algo que debemos usar para argumentar la opción que elegimos pero es importante mencionar que la implementación de una miniestación para el fraccionamiento del gas sería algo mucho más costoso.
- Se sugiere realizar un análisis económico comparativo entre ambas propuestas, evaluando la inversión inicial, costos operativos y beneficios a largo plazo para la implementación futura.

Bibliografía

- Cusanguá Cisneros, Y. X., Sánchez Moncayo, H. M., Calva Sánchez, L. M., Salazar Analuisa, B. A., & Mantilla Rivadeneira, A. V. (2021). Aprovechamiento del gas asociado en plataformas petroleras, caso de estudio campo Sacha. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 12(2), 26-36.
- CUSANGUA CISNEROS, Y. X. Aprovechamiento del gas asociado en plataformas petroleras, caso de estudio campo Sacha. Figempa [online]. 2021, vol. 12, n. 2.
- Cayros Group. (s.f.). *Tecnologías para el aprovechamiento de gas*. Cayros Group. Recuperado el [fecha de acceso], de <https://www.cayrosgroup.com/post/tecnolog%C3%ADas-para-el-aprovechamiento-de-gas>.
- Comisión Nacional de Hidrocarburos. (s.f.). *Aprovechamiento de gas natural asociado*. Comisión Nacional de Hidrocarburos. Recuperado el [fecha de acceso], de <https://cnh.gob.mx/media/15351/aprovechamiento-de-gas.pdf>
- Ministerio de Energía y Minas. (2023). *Acuerdo Nro. MEM-MEM-2023-0021-AM: Disposiciones para el aprovechamiento de gas asociado en actividades de exploración y explotación de hidrocarburos*. Ministerio de Energía y Minas de Ecuador. Recuperado el [fecha de acceso], de <https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2023/10/MEM-MEM-2023-0021-AM-Disposiciones-aprovechamiento-de-gas-asociado-actividades-expl-y-explot-hidrocarburos.pdf>
- Montalván Campoverde, L. A. (2008). *Captación y optimización de gas de los campos Cuyabeno Sansahuari operados por Petroproducción para aprovechamiento como gas combustible en el sistema de generación eléctrica* (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2008).

- Vargas Manrique, M. F., & Yepes Guzmán, J. D. (2020). Diseñar una planta de tratamiento de gas, mediante el software Aspen Hysis para el aprovechamiento del gas producido en Campo Tello.
- Chasi Chilig, M. A. (2012). *Estudio de gas asociado para generación eléctrica de un campo del Oriente Ecuatoriano* (Bachelor's thesis, Quito, 2012.).
- Pazos, J. (2008). *Optimización de la captación de gas natural y producción de GLP en los complejos petroleros del Nororiente Ecuatoriano* (Master's thesis, Quito, Ecuador).
- Salinas, G., & Guerrero, R. (2018). *Factibilidad de aprovechamiento de los líquidos del gas natural asociados al gas de venteo utilizando nuevas tecnologías* (Doctoral dissertation).
- Rosales López, R. D. (2017). *Propuesta de un sistema de aprovechamiento de gas natural, como alternativa para generación de electricidad, y su incidencia en la disminución de gases de efecto invernadero* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala).
- API Technical Report 941-A. Recommended Practices for Gas Processing. American Petroleum Institute.
- GPSA. (2014). *Engineering Data Book* (14th ed.). Gas Processors Suppliers Association.
- ASTM. (2014). *D3588-98(2014): Standard Practice for Calculating Heat Value, Compressibility Factor, and Relative Density of Gaseous Fuels*. ASTM International.
- Arnold, K. & Stewart, M. (2008). *Surface Production Operations: Design of Gas-Handling Systems and Facilities*. Gulf Professional Publishing.
- Couch, G. (2008). *Gas Turbines for Electric Power Generation*. IEA Clean Coal Centre.
- GPSA Engineering Data Book. (2012). Gas Processors Suppliers Association. 13th Edition.
- Ikoku, C. U. (1992). *Natural Gas Production Engineering*. Krieger Publishing Company.

- International Energy Agency (IEA). (2020). The Role of Gas in Today's Energy Transitions. Retrieved from: <https://www.iea.org/reports/the-role-of-gas-in-todays-energy-transitions>.
- Smith, R. (2016). Rules of Thumb for Chemical Engineers: A Manual of Quick, Accurate Solutions to Everyday Process Engineering Problems. Elsevier.
- Speight, J. G. (2014). Natural Gas: A Basic Handbook. Gulf Professional Publishing.
- Sutton, R. (2017). Gas Conditioning and Processing: Vol. 1 and 2. Gulf Publishing.