

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería de Petróleo, Gas Natural y Petroquímica



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**Diseño y evaluación económica de un sistema de
abastecimiento de gas licuado de petróleo para generar
energía en una instalación minera**

Para obtener el Título Profesional de
Ingeniero Petroquímico

Elaborado por

Víctor José Malca Hurtado

 0009-0005-1039-9224

Asesor

Dr. Víctor Hugo Pretell Huamán

 0000-0002-3564-5381

LIMA – PERÚ

2025

Citar/How to cite	Malca Hurtado [1]
Referencia/Reference	[1] V. Malca Hurtado, " <i>Diseño y evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera</i> " [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.
Estilo/Style: IEEE (2020)	

Citar/How to cite	(Malca, 2025)
Referencia/Reference	Malca, V. (2025). " <i>Diseño y evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera</i> ". [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

A papá Dios, por siempre bendecir mi vida.

Agradecimientos

A Dios, por darme la fortaleza y sabiduría necesarias para culminar este trabajo de suficiencia. A mi madre, María Odolinda Hurtado Núñez, y a mi padre, Henry de la Cruz Malca Morales, por su amor, ejemplo y constante apoyo. A mi esposa, Luz Violeta Santillán Rodil, por su respaldo incondicional y por acompañarme día a día en cada paso de este camino. Y a mis hijos, Josvic Gabriel, Melek Valentina y Evolet Athena Violeta, quienes son mi mayor motivación y razón de esfuerzo constante.

Resumen

La minería es un pilar clave de la economía nacional; sin embargo, el uso de generadores eléctricos (grupos electrógenos) alimentados por combustibles tradicionales como gasolina y diésel genera altos costos operativos, impactos ambientales significativos y riesgos de sanciones normativas. Ante esta problemática, surge la necesidad de implementar soluciones energéticas más sostenibles. Este trabajo de suficiencia profesional analiza la factibilidad técnica y económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo (GLP) para reemplazar al diésel en una instalación minera, asegurando el cumplimiento de los requerimientos energéticos y normativos.

El objetivo principal es diseñar un sistema de abastecimiento de GLP para una instalación minera, evaluando la conversión de un grupo electrógeno de diésel a GLP. Los objetivos específicos incluyen la evaluación técnica del sistema, el análisis financiero comparativo entre el diésel y el GLP, y la verificación del cumplimiento normativo. La metodología utilizada integra la caracterización del sitio, requerimiento del cliente, el diseño preliminar del sistema y un análisis económico detallado.

Los resultados revelaron que el uso de GLP permite un ahorro operativo anual de 349,350.24 soles en beneficio de la minera. En términos financieros, el retorno de la inversión se alcanzaría en 3 años, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 15.22%, validando la viabilidad económica del proyecto.

En conclusión, la implementación de un sistema de abastecimiento de GLP en la minería es técnica y económicamente factible, además de ser una alternativa sostenible frente a los combustibles tradicionales. Este modelo reduce costos, minimiza impactos ambientales y cumple con los estándares regulatorios. Se recomienda replicar esta solución en otras operaciones mineras para maximizar los beneficios económicos y ambientales, promoviendo un sector minero más eficiente y responsable.

Palabras clave – Industria minera, grupo electrógeno, diésel, GLP.

Abstract

Mining is a key pillar of the national economy; however, the use of electric generators (gensets) powered by traditional fuels such as gasoline and diésel results in high operating costs, significant environmental impacts, and risks of regulatory sanctions. Given this issue, the need arises to implement more sustainable energy solutions. This professional competency project analyzes the technical and economic feasibility of a liquefied petroleum gas (LPG) supply system to replace diésel in a mining facility, ensuring compliance with energy and regulatory requirements.

The main objective is to design an LPG supply system for a mining facility, evaluating the conversion of a diésel-powered genset to LPG. The specific objectives include the technical assessment of the system, a financial analysis comparing diésel and LPG, and the verification of regulatory compliance. The methodology integrates site characterization, client requirements, the preliminary design of the system, and a detailed economic analysis. The results revealed that the use of LPG allows for an annual operating cost saving of 349,350.24 soles for the mining company. Financially, the return on investment would be achieved in 3 years, with an Internal Rate of Return (IRR) of 15.22%, validating the project's economic feasibility.

In conclusion, the implementation of an LPG supply system in mining is technically and economically viable, as well as a sustainable alternative to traditional fuels. This model reduces costs, minimizes environmental impacts, and meets regulatory standards. It is recommended to replicate this solution in other mining operations to maximize economic and environmental benefits, promoting a more efficient and responsible mining sector.

Keywords – Mining industry, genset, diésel, LPG.

Tabla de Contenido

Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Resumen	v
Abstract	vi
Introducción	xv
A.1. Generalidades	xv
A.2. Descripción del problema del trabajo de suficiencia.....	xv
A.2.1. Problema general	xvii
A.2.2. Problema específico	xvii
A.3. Objetivos del estudio	xviii
A.3.1. Objetivo general	xviii
A.3.2. Objetivos específicos.....	xviii
A.4. Antecedentes investigativos	xviii
A.5 Matriz de consistencia	xxi
Capítulo I. Experiencia profesional.....	1
1.1. Trayectoria profesional	1
1.2. Empresa en la que se desarrolló el trabajo profesional.....	1
1.3. Contribuciones, competencias y habilidades desarrolladas	2
1.4. Reflexiones críticas sobre la experiencia profesional.....	3
Capítulo II. Proyecto en la especialidad	5
2.1. Introducción	5
2.2. Diseño y evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera	6
2.3. Diseño y evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para una industria agropecuaria	8
2.4. Diseño y evaluación económica de la ampliación de capacidad a 60,000 galones de una planta envasadora de GLP.	9
Capítulo III. Marco teórico y conceptual	12
3.1. Marco Teórico.....	12
3.1.1. Instalación minera.....	12
3.1.1.1. Energía en la minería	12
3.1.1.2. Sostenibilidad en la minería.....	13
3.1.2. Legislación aplicable.....	13
3.1.2.1. Normativas y regulaciones relacionadas con recipientes a presión y recipientes a presión expuestos a fuego directo.....	13
3.1.2.2. Normativas y regulaciones relacionadas a la red GLP.....	14

3.1.2.3.	Normativas y regulaciones relacionadas a la formalización del sistema de abastecimiento GLP	14
3.1.3.	Seguridad en el manejo del GLP	15
3.1.4.	Combustibles.....	16
3.1.4.1.	Diésel	16
3.1.4.2.	Gasolina	17
3.1.4.3.	GLP	17
3.1.5.	Sistema de abastecimiento de GLP	17
3.1.5.1.	Sistema de GLP	17
3.1.5.2.	Artefacto a GLP	17
3.1.5.3.	Grupo electrógeno.....	18
3.1.5.4.	Potencia de un grupo electrógeno	20
3.1.5.5.	Potencia nominal.	20
3.1.5.6.	Potencia prime.....	21
3.1.5.7.	Potencia de emergencia (Standby).....	21
3.1.5.8.	Potencia continua.	21
3.1.5.9.	Potencia mínima técnica.....	21
3.1.5.10.	Factor de carga.	21
3.1.5.11.	Capacidad de sobrecarga.....	21
3.1.5.12.	Grupo electrógeno abierto.	22
3.1.5.13.	Grupo electrógeno cerrado o encapsulado.	22
3.1.5.14.	Grupo electrógeno insonorizado.	22
3.1.5.15.	Grupo electrógeno con tecnología de ionización.	22
3.1.5.16.	Grupo electrógeno a diésel.....	22
3.1.5.17.	Grupo electrógeno dedicado a gasolina.....	23
3.1.5.18.	Grupo electrógeno dedicado a GLP.....	24
3.1.5.19.	Alternativos.....	25
3.1.5.20.	Accesorio (fitting)	27
3.1.5.21.	Tanque estacionario superficial o aéreo de GLP	27
3.1.5.22.	Conexiones en tanque estacionario superficial o aéreo de GLP.	28
3.1.5.23.	Vaporizador de fuego directo.....	30
3.1.5.24.	Sistema fijo de tuberías	31
3.1.5.25.	Instalación estacionaria (instalación permanente)	31
3.1.5.26.	Evaluación técnica de sistemas de abastecimiento de GLP	31
3.1.5.27.	Evaluación económica de sistemas de abastecimiento de GLP	32
3.1.5.28.	Conversión de motores a GLP.....	32
3.2.1.	Impacto ambiental de los combustibles tradicionales.....	32

3.2.2.	Transición energética	32
3.2.3.	Reducción de la cadena de carbono.....	33
3.2.4.	Aspectos económicos del uso de GLP en la minería	33
3.2.5.	Consumidor directo de GLP	33
3.2.6.	Sostenibilidad	34
3.2.7.	Descarbonización	34
3.2.8.	Cromatografía de GLP	34
3.2.9.	Bujías	34
3.2.10.	Relación de compresión	35
3.2.11.	Ingeniería básica	35
3.2.12.	Ingeniería de detalle	35
3.2.13.	Proyecto	35
3.2.14.	Disponibilidad de recursos.....	35
3.2.15.	Entorno regulatorio	36
3.2.16.	Presupuesto	36
Capítulo IV.	Desarrollo de trabajo de suficiencia.....	37
4.1.	Metodología.....	37
4.1.1.	Requerimientos del cliente.....	37
4.1.2.	Ingeniería básica	37
4.1.2.1.	Información del sitio y contexto.....	37
4.1.2.2.	Información de stakeholders.....	45
4.1.2.3.	Información técnica.....	46
4.1.2.4.	Información de proveedores.	70
4.1.3.	Análisis financiero de la inversión	70
4.1.4.	Análisis financiero de la inversión	73
4.1.5.	Negociación y firma de contrato.....	78
4.1.5.1.	Negociación.....	78
4.1.5.2.	Contrato.....	78
4.1.5.3.	Firma de contrato.	79
4.1.6.	Ingeniería de detalle	80
4.1.7.	Gestión de compras.....	81
4.1.8.	Construcción del sistema de abastecimiento de GLP	81
4.1.9.	Formalización ante OSINERGMIN.....	82
4.1.10.	Puesta en servicio	87
Capítulo V.	Análisis y discusión de resultados	88
5.1.	Requerimiento del cliente	88
5.2.	Ingeniería básica	89

5.2.1.	Información del sitio y contexto	89
5.2.2.	Información de los stakeholders	90
5.2.3.	Información técnica	91
5.2.4.	Información de proveedores.....	92
5.2.5.	Información Financiera.....	93
5.3.	Análisis financiero de la inversión	93
5.4.	Firma del contrato.....	95
5.5.	Ingeniería de detalle	95
5.6.	Gestión de compras.....	100
5.7.	Construcción del sistema de abastecimiento de GLP	105
5.8.	Formalización ante OSINERGMIN.....	105
5.9.	Puesta en marcha.....	110
	Conclusiones	111
	Recomendaciones	113
	Referencias bibliográficas	114
	Anexos.....	117

Lista de Tabla

Tabla 1: Matriz de consistencia	21
Tabla 2: Mezclas Propano Butano Comercial (GLP)	19
Tabla 3: Conexiones de los tanques estacionarios de GLP	28
Tabla 4: Relación de Stakeholders y su posible impacto en el proyecto	45
Tabla 5: Consumo del grupo electrógeno a GLP	49
Tabla 6: Comparativo de grupo electrógeno a diésel y GLP	49
Tabla 7: Consumo del grupo electrógeno diésel convertido a GLP	54
Tabla 8: Comparativo de grupo electrógeno a diésel, convertido y GLP	55
Tabla 9: Lista de materiales a emplearse en el sistema de abastecimiento de GLP ^A	60
Tabla 10: Presupuesto de materiales a instalarse en el sistema de abastecimiento de GLP ^A	61
Tabla 11: Lista de materiales a emplearse en el sistema de abastecimiento de GLP ^B ...	66
Tabla 12: Presupuesto de materiales a instalarse en el sistema de abastecimiento de GLP ^B	68
Tabla 13: Precio referencial del costo de combustible y consumo de combustible del grupo electrógeno	69
Tabla 14: Costo a mano alzada del sistema de abastecimiento de GLP para cada tipo de grupo electrógeno a emplearse	72
Tabla 15: Disponibilidad de recursos requeridos para la construcción del SAGE ^A y SAGE ^B	73
Tabla 16: Comparación de los indicadores financiero para cada SAGE ^A y SAGE ^B	78
Tabla 17: Check list de formalización	84
Tabla 18: Relación de Stakeholders y su impacto en el proyecto	91
Tabla 19: Disponibilidad de recursos requeridos para la construcción del SAGE ^A	92
Tabla 20: Resumen de costos para la instalación del sistema GLP del SAGE ^A	93
Tabla 21: Indicadores financieras para el proyecto con SAGE ^A	94
Tabla 22: Especificaciones técnicas generales	100
Tabla 23: Especificaciones técnicas del motor	100
Tabla 24: Especificaciones técnicas del alternador	101

Lista de Figuras

Figura 1: Partes de un grupo electrógeno	20
Figura 2: Motor generador Cummins DFEH (A) e instalación del Kit Bi-fuel antes del ingreso de aire al turbocargador (B).....	26
Figura 3: Componentes de un grupo electrógeno funcionando con kit de Bi-fuel.....	27
Figura 4: Diagrama de flujo de ingreso de bi combustible a un grupo electrógeno.....	27
Figura 5: Tanque estacionario de GLP de 1,000 galones para servicio superficial.....	28
Figura 6: Ejemplo de vaporizador de fuego directo marca Ransome modelo 80/40H	31
Figura 7: Ubicación de riesgo donde se instalará el sistema de abastecimiento de GLP	38
Figura 8: Flujo para la atención del requerimiento de la empresa minera	39
Figura 9: Consulta de la altura de la ubicación de riesgo sobre el nivel del mar.....	40
Figura 10: Terreno de la empresa minera donde será ubicado el sistema de abastecimiento de GLP	40
Figura 11: Recorte de plano de distribución de equipos en el terreno de la empresa minera	41
Figura 12: Recorte de la conclusión del informe proporcionado por la empresa minera.	42
Figura 13: Recorte del informe que indica parámetros de operación	43
Figura 14: Recorte del informe que indica especificación técnica del motor.....	43
Figura 15: Recorte del informe que indica especificaciones técnicas del generador	44
Figura 16: Recorte del informe que indica especificaciones técnicas del tablero de protección y control.....	44
Figura 17: Recorte del informe que indica características del tanque de combustible....	45
Figura 18: Selección de grupo electrógeno a GLP de 300 kW en potencia continua.....	46
Figura 19: Recorte de ficha técnica de grupo electrógeno a GLP seleccionado.....	47
Figura 20: Ejemplo de espaciador que se instala entre las empaquetaduras culata-mono block	50
Figura 21: Remplazo de los inyectores por bujías de encendido.....	51
Figura 22: Instalación de mezclador de gases de alto caudal	51
Figura 23: Instalación de reductor de alto caudal.....	52
Figura 24: Recorte de ficha técnica del motor del grupo electrógeno a diésel.....	52
Figura 25: Memoria de cálculo de capacidad agregada de GLP de la instalación para alimentar un grupo electrógeno a GLP ^A	56
Figura 26: Memoria de cálculo para el diámetro de tubería para alimentar un grupo electrógeno a GLP ^A	57
Figura 27: Plano de distribución de los tanques de almacenamiento de GLP	57

Figura 28: Plano isométrico de distribución de los tanques de almacenamiento de GLP y vaporizador de fuego directo.....	58
Figura 29: Plano de obras civiles para los tanques de almacenamiento de GLP y vaporizador.....	58
Figura 30: Base de concreto para el grupo electrógeno a GLP	59
Figura 31: Memoria de cálculo de capacidad agregada de GLP de la instalación para alimentar un grupo electrógeno a GLP ^B	63
Figura 32: Memoria de cálculo para el diámetro de tubería para alimentar un grupo electrógeno a GLP ^B	63
Figura 33: Plano de distribución de los tanques de almacenamiento de GLP	64
Figura 34: Plano isométrico de distribución de los tanques de almacenamiento de GLP y vaporizador de fuego directo.....	64
Figura 35: Plano de obras civiles para los tanques de almacenamiento de GLP y vaporizador.....	65
Figura 36: Base de concreto para el grupo electrógeno a GLP ^B	66
Figura 37: Comparativa del costo del combustible a una proyección de 5 años.....	69
Figura 38: Datos de tanques y vaporizador insertados en el Excel versión PG-LC-24 para el SAGE ^B	74
Figura 39: Datos de costos de redes, grupo electrógeno a GLP ^B insertados en el Excel versión PG-LC-24 para el SAGE ^B	75
Figura 40: Datos de tanques y vaporizador insertados en el Excel versión PG-LC-24 para el SAGE ^A	76
Figura 41: Datos de costos de redes, grupo electrógeno a GLP ^A insertados en el Excel versión PG-LC-24 para el SAGE ^A	77
Figura 42: Flujo posterior a la aceptación de la firma del contrato.....	80
Figura 43: Evidencia de la atención del requerimiento del cliente	88
Figura 44: Vista panorámica de la ubicación del sistema GLP a instalarse	90
Figura 45: Propuesta de Inversión basado en la instalación del sistema GLP para el SAGE ^A	94
Figura 46: Proceso hasta la ingeniería de detalle del proyecto de la empresa minera ...	96
Figura 47: Solicitud y envío de información relacionada a la propuesta de instalación del sistema de abastecimiento de GLP a la empresa minera	96
Figura 48: Diagrama de Gantt del proyecto del sistema de abastecimiento de GLP de la empresa minera.....	97
Figura 49: Plano de distribución del sistema de abastecimiento de GLP y recorrido de red	98

Figura 50: Plano isométrico de los tanques GLP, vaporizador y grupo electrógeno convertido	98
Figura 51: Plano de obras civiles para la plataforma de concreto del grupo electrógeno convertido	99
Figura 52: Plano de obras civiles para la instalación de las bases de concreto para los tanques de GLP y cerco perimétrico de altura 1.80 m.....	99
Figura 53: Visita y prueba del grupo electrogeno a diésel	102
Figura 54: Visita de la temperatura externa en la tubería de consumo aguas arriba del vaporizador	104
Figura 55: Formulario de solicitud	106
Figura 56: DJ 15 Técnica	107
Figura 57: Certificado de fabricación del tanque	108
Figura 58: Certificado de Póliza	109

Introducción

A.1. Generalidades

En el Perú, la minería constituye un pilar estratégico para el desarrollo económico y la generación de empleo; sin embargo, este sector enfrenta crecientes desafíos relacionados con el uso intensivo de combustibles fósiles como el diésel y la gasolina, los cuales no solo elevan los costos operativos, sino que también generan un alto impacto ambiental debido a sus elevadas emisiones de carbono. Diversas auditorías y estudios técnicos han evidenciado la necesidad de adoptar soluciones energéticas más sostenibles que permitan reducir la huella ambiental sin comprometer la productividad minera.

En este contexto, el presente proyecto tiene como finalidad diseñar un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo (GLP) para instalaciones mineras, orientado específicamente a alimentar grupos electrógenos dedicados a la generación de energía. Esta propuesta busca sustituir los combustibles líquidos tradicionales por una fuente energética más limpia y eficiente, contribuyendo así a la transición hacia una matriz energética de menor contenido de carbono. El diseño considera criterios técnicos, económicos y normativos, asegurando la viabilidad operativa del sistema y su cumplimiento con la legislación vigente y los requisitos del ente fiscalizador de GLP.

Este estudio representa una oportunidad para mejorar los procesos energéticos en el ámbito minero, reducir los costos asociados al consumo de energía y fortalecer el compromiso del sector con la sostenibilidad ambiental. Además, se alinea con las metas de descarbonización y desarrollo tecnológico, impulsando una minería más responsable, moderna y en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

A.2. Descripción del problema del trabajo de suficiencia

En el Perú, la minería es una actividad económica fundamental para el crecimiento del país, requiriendo una gran cantidad de energía para su desarrollo. Esta energía proviene tanto del sistema eléctrico nacional como de fuentes autónomas de combustibles líquidos, incluyendo diésel, gasolina, gas licuado de petróleo (GLP) y gas natural. Las

minas en el Perú se pueden clasificar según su producción anual en pequeñas (hasta 100,000 toneladas de mineral), medianas (100,000 a 1 millón de toneladas) y grandes (más de 1 millón de toneladas). Existe un tipo particular de operación minera dedicada al procesamiento de relaves para la recuperación de oro, caracterizada por tener una producción variable y depender de los residuos de operaciones previas. Estas minas de relaves requieren tecnologías especializadas y contribuyen a la sostenibilidad ambiental al reducir desechos y mitigar impactos ambientales (ICMM, 2020; MINEM, 2021, 2024).

La energía es crucial para diversas etapas del proceso minero, como la perforación, voladura, trituración, molienda y transporte de materiales. Los equipos utilizados en estas operaciones, desde perforadoras hasta trituradoras y camiones, pueden ser alimentados por una variedad de fuentes energéticas. Las perforadoras y equipos de voladura suelen funcionar con sistemas hidráulicos y eléctricos, alimentados por generadores diésel en áreas remotas. Las trituradoras y molinos, esenciales para reducir el tamaño de las rocas y extraer minerales valiosos, dependen principalmente de motores eléctricos de alta potencia. Estos motores pueden ser alimentados por la red eléctrica nacional o por generadores autónomos que utilizan diésel, gas natural o GLP cuando la conexión a la red no es viable (Mahon, 1992; Rojas, 2018; Sandoval, 2021).

El transporte de materiales dentro de la mina se realiza con camiones y cargadores frontales, que tradicionalmente funcionan con diésel, aunque hay un creciente interés en la electrificación de estos vehículos para reducir las emisiones. Las plantas de procesamiento y refinación de minerales utilizan una combinación de energía eléctrica y térmica, proporcionada por calderas y generadores de diésel o GLP. Este sistema energético diversificado asegura la operación continua y eficiente de los distintos equipos mineros, adaptándose a las condiciones específicas de cada mina y promoviendo la sostenibilidad operativa (ICMM, 2020; Mustaffa et al., 2016; Rivera Diésel, 2018).

En instalaciones donde no es posible conectarse al Sistema Eléctrico Nacional, las empresas mineras dependen de fuentes autónomas de energía. Estas fuentes incluyen

generadores diésel, plantas de energía a gas natural y, cada vez más, el uso de GLP en equipos dedicados y mixtos. Estas soluciones energéticas autónomas no solo garantizan la continuidad de las operaciones en ubicaciones remotas, sino que también ofrecen una mayor flexibilidad y, en muchos casos, una reducción de costos operativos y de emisiones de gases de efecto invernadero. Esto promueve una minería más sostenible y eficiente, adaptándose a los desafíos específicos del entorno minero (Cordova & Armas, 2019; Forero-Núñez et al., 2014; Rojas, 2018).

La implementación de un sistema de abastecimiento de GLP en minas de relaves puede ofrecer una solución eficiente y sostenible para satisfacer sus requerimientos energéticos específicos. Al utilizar GLP, estas operaciones pueden reducir su dependencia de combustibles más contaminantes, mejorar la eficiencia energética y contribuir al desarrollo sostenible del sector minero en el Perú. Este enfoque no solo apoya la recuperación de recursos y la gestión de residuos, sino que también refuerza el compromiso de la industria minera con la sostenibilidad ambiental y la innovación tecnológica (Cordova & Armas, 2019; ICMM, 2020; Masson-Delmotte et al., 2019; Mustaffa et al., 2016).

A.2.1. Problema general

¿Será factible diseñar un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera que reemplace el diésel y gasolina?

A.2.2. Problema específico

- ¿Será posible evaluar la factibilidad de convertir el motor de un grupo electrógeno alimentado con diésel a gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera?
- ¿Será posible evaluar técnicamente un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo que alimentará un grupo electrógeno a GLP para generar energía en una instalación minera?

- ¿Es factible llevar a cabo la evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para una generar energía en una instalación minera?
- ¿Es factible diseñar un sistema de abastecimiento a GLP que cumpla con la normativa nacional vigente?

A.3. Objetivos del estudio

A.3.1. Objetivo general

Diseñar un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera que reemplace el diésel y gasolina.

A.3.2. Objetivos específicos

- Evaluar la factibilidad de convertir el motor de un grupo electrógeno alimentado con diésel a gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera.
- Evaluar técnicamente un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo que alimentará un grupo electrógeno a GLP para generar energía en una instalación minera.
- Realizar la evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para la generación de energía en una instalación minera.
- Diseñar un sistema de abastecimiento a GLP que cumpla con la normativa nacional vigente.

A.4. Antecedentes investigativos

- *Resolución Directoral N° 640-2014 OEFA/DFSAI, expediente N° 520-2013-OEFA-DFSAI/PAS 1 (MINAM, 2014), Informe N° 224 -2024/MINEM-DGAAM-DEAM-DGAM (MINEM, 2024)*

La minera colibrí S.A.C. en el proyecto llamado Planta de beneficio doble D, ubicada en distrito de Chaparra, provincia de Caravelí y departamento de Arequipa (coordenadas: -15.720887767546452, -73.83989816370206) fue auditada en el año 2013 por la OEFA con el fin de verificar el cumplimiento de compromisos ambientales de residuos sólidos mediante el expediente N° 520-2013-OEFA-DFSAI/PAS, se evidenció en el ítem (i) anexo

“d)” el derrame de combustible en el perímetro del tanque de combustible líquido que alimenta los grupos electrógenos de la minera; este incumplimiento pudo ocasionar una eventual sanción máxima de 50 UIT en concordancia al Numeral 3.1 o 3.2. de la Resolución Ministerial N° 353-2000-EM/VMM. En el año 2020 en el escrito N° 3009573, la minera solicitó una ampliación para su planta de beneficio y ha tenido la necesidad de contar con un área mayor de suministro de energía eléctrica para dicha actividad, el INFORME N° 224-2024/MINEM-DGAAM-DEAM-DGAM indica que mediante los escritos N° 3080744, N° 3629344 y N° 3685877, la minera utiliza para su operación un sistema de GLP que abastece sus tres Grupos Electrónicos dedicados a GLP reduciendo su impacto ambiental, costos de operación, costos en combustible y resultando una organización sostenible.

- *Propuesta de conversión motor diésel a GLP, para reducir costos en la generación de energía eléctrica periodo 2019 (Cordova & Armas, 2019), RESOLUCIÓN DIRECTORIAL N° 067-2024/MINEM-DGAAM (MINEM & DGAAM, 2024)*

La minera Libélula presentada por Minera Barrick Perú S.A. ubicada en el distrito de la Merced, provincia de Aija departamento de Ancash en enero de 2024 obtuvo la aprobación de su Declaración de Impacto Ambiental (DIA) mediante la Resolución Directoral N° 067-2024/MINEM-DGAAM declarando como fuente de energía eléctrica el uso de 4 grupos electrógenos dedicados a Diésel 2, se estimó un consumo aproximado total de 76,800 galones (1 galón de Diésel equivale a 140 MBTU/h) por el tiempo de 16 meses de operación; generando gastos en la operación, control y mantenimiento con respecto a un grupo electrógeno dedicado a GLP.

- *Informe N° 741-2019-SENACE-PE/DEAR (MINAM, 2019)*

La Compañía minera Antamina S.A. en el proyecto llamado Quinto ITS UM Antamina, presentó en el año 2019 el expediente M-ITS-00153-2019 una modificación de componentes mineros, ampliaciones y mejoras tecnológicas en las unidades mineras de proyectos de exploración y explotación con impactos ambientales no significativos, entre

una de ellas se tiene la mejora en la autonomía del laboratorio de geología ampliando su capacidad agregada de 1,000 galones a 2,000 galones conformada por dos tanques de almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo (GLP) de 1,000 galones cada uno; por lo tanto, la capacidad agregada total de la unidad minera quedaría con 30,800 galones de GLP. Ante ello, podemos concluir que la ampliación del almacenamiento y uso del combustible de GLP genera un impacto ambiental no significativo hacia las mineras.

- *Implementación del equipo de conversión de gas licuado de petróleo para reducir emisiones de gases contaminantes. Motor 1ZR, Toyota Corolla. IMASA MOTORS SAC (Vargas, 2015), Informe N° 282-2022/MINEM-DGAAM-DEAM-DGAM (MINEM, 2022)*

En el proyecto de exploración de la mina Santas Gloria ubicado en el distrito de San Andrés de Tupicocha y San Damián, provincia de Huarochirí, departamento de Lima; presentó en el año 2022 los escritos N° 3305127, 3307566, 3308995 siendo evaluados en el INFORME N° 282-2022/MINEM-DGAAM-DEAM-DGAM declaran el uso de dos grupos electrógenos dedicados a gasolina, se estimó un consumo aproximado total de 2,160 galones (1 galón de gasolina equivale a 125 MBTU/H) por un tiempo de 18 meses de la duración del proyecto; generando gastos en la operación, control y mantenimiento con respecto a un motor a GLP.

- *Experimental and numerical studies on performance investigation of a diésel engine converted to run on LPG (Kuk Kim et al., 2024).*

En un estudio publicado en Energy Conversion and Management, evaluaron el desempeño de un motor diésel Euro-6 modificado para operar con gas licuado de petróleo (GLP), específicamente propano. La investigación combinó ensayos experimentales con simulaciones numéricas tipo Computational Fluid Dynamics o Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) mediante el software AVL FIRE, logrando validar que, con ajustes en la relación de compresión, el diseño del pistón y el sistema de encendido, es posible alcanzar un rendimiento comparable al modo diésel. El motor adaptado alcanzó hasta el 90 % del torque y el 83 % de la potencia del motor original, cumpliendo a su vez con los

estándares Euro-6 de emisiones. Estos resultados respaldan la viabilidad técnica de convertir motores diésel a GLP, especialmente en sectores como la minería, donde se requiere una fuente de energía más limpia, autónoma y sostenible frente a los combustibles tradicionales.

Experimental and numerical study of using of LPG on characteristics of dual fuel diésel engine under variable compression ratio (Mohsen et al., 2023).

El estudio experimental y numérico sobre un motor diésel de un solo cilindro operando en modo dual con gas licuado de petróleo (GLP), utilizando un sistema de control de inyección (Injection Control System, ICS) que permitió introducir GLP en el múltiple de admisión. Se evaluaron tasas de inyección de 5 a 20 L/min y relaciones de compresión entre 14.5 y 16.5. Los resultados mostraron que el uso de GLP reduce significativamente las emisiones de CO, HC y NOx. Aunque se incrementó el consumo específico de combustible (Brake Specific Fuel Consumption, BSFC) y disminuyó la eficiencia térmica del freno (Brake Thermal Efficiency, BTE), una mayor compresión compensó parcialmente estos efectos. Las simulaciones en Diésel-RK validaron los resultados experimentales. El estudio respalda la viabilidad de emplear GLP en motores diésel para lograr un mejor balance entre rendimiento, emisiones y sostenibilidad.

A.5 Matriz de consistencia

En la Tabla 1 se muestra la matriz de consistencia de la investigación.

Tabla 1

Matriz de consistencia.

Título	Problemas del trabajo de suficiencia	Objetivos del trabajo de suficiencia
Diseño y evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera	<u>Problema General</u> ¿Será factible diseñar un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera que reemplace el diésel y gasolina?	<u>Objetivo General</u> Diseñar un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera que reemplace el diésel y gasolina.
	<u>Problemas Específicos</u> • ¿Será posible evaluar la factibilidad de convertir el motor de un grupo electrógeno alimentado con diésel a gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera? • ¿Será posible evaluar técnicamente un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo que alimentará un grupo electrógeno a GLP para generar energía en una instalación minera? • ¿Es factible realizar la evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para la generación de energía en una instalación minera? • ¿Es factible diseñar un sistema de abastecimiento a GLP que cumpla con la normativa nacional vigente?	<u>Objetivos específicos</u> • Evaluar la factibilidad de convertir el motor de un grupo electrógeno alimentado con diésel a gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera. • Evaluar técnicamente un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo que alimentará un grupo electrógeno a GLP para generar energía en una instalación minera. • Realizar la evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para la generación de energía en una instalación minera. • Diseñar un sistema de abastecimiento a GLP que cumpla con la normativa nacional vigente.

Fuente: Elaboración propia

Capítulo I. Experiencia profesional

1.1. Trayectoria profesional

Ingeniero Petroquímico con sólida experiencia en el desarrollo técnico-normativo del sector energético, especializado en la planificación, diseño, construcción e implementación de soluciones integrales en sistemas de Gas Licuado de Petróleo (GLP) aplicados a los sectores residencial, comercial, industrial, minero y agropecuario.

Ha liderado con éxito proyectos de instalación y supervisión de tanques estacionarios de GLP desde los 120 galones hasta los 30,000 galones de capacidad individual partiendo desde la ingeniería básica y de detalle, optimización presupuestal, gestión de compras técnicas, supervisión operativa y procesos de formalización regulatoria, generando importantes eficiencias técnicas, ahorro de costos y cumplimiento de indicadores clave de desempeño (KPI's).

Domina normativas nacionales e internacionales como la NTP 321.121, NTP 321.123, NFPA 58, API 510 y ASME (Sección VIII Div. 1 y 2), aplicadas rigurosamente en instalaciones y procesos energéticos. Su perfil profesional se complementa con habilidades estratégicas en gestión de proyectos, control presupuestal, interpretación de planos, análisis normativo y liderazgo de equipos multidisciplinarios, consolidando una visión integral del negocio energético con alto enfoque en resultados, calidad del servicio y sostenibilidad operativa.

1.2. Empresa en la que se desarrolló el trabajo profesional

LLAMA GAS S.A. es una empresa peruana con sólida trayectoria en el sector energético, especializada en el almacenamiento, distribución y comercialización de Gas Licuado de Petróleo (GLP) a nivel nacional. Su operación abarca los sectores residencial, comercial, industrial, minero y agropecuario, brindando soluciones energéticas integrales que garantizan eficiencia, seguridad y sostenibilidad.

La empresa se caracteriza por su enfoque en la innovación técnica, cumplimiento normativo y atención personalizada al cliente, consolidándose como uno de los principales actores del mercado energético del país.

En el marco de este trabajo de suficiencia, el proyecto se desarrolló dentro del área de Ingeniería y Desarrollo Técnico, ubicada orgánicamente bajo la Gerencia Comercial. En esta estructura organizacional, mi función se desempeña como Coordinador de Desarrollo Técnico, siendo responsable de la planificación, diseño, ejecución técnica y seguimiento de los proyectos energéticos, en coordinación directa con las áreas de operaciones, logística, compras, comercial y cliente.

1.3. Contribuciones, competencias y habilidades desarrolladas

Durante el desarrollo profesional en la empresa Llama Gas S.A., se ha implantado la creación y fortalecimiento del área de Ingeniería y Desarrollo Técnico, consolidando un enfoque integral para la formulación, diseño y ejecución de proyectos de abastecimiento de GLP en sectores estratégicos como el minero, industrial, agropecuario y comercial. Entre las principales aportaciones destacan la implementación de procesos estructurados de ingeniería básica y de detalle, el perfeccionamiento del control presupuestal y la gestión técnica de compras, así como la aplicación efectiva de normativas nacionales e internacionales en la formalización de instalaciones.

Se ha logrado optimizar recursos mediante el cumplimiento y superación de indicadores clave de desempeño (KPI's), generando ahorros sustanciales y mejoras en la eficiencia operativa de los proyectos. Asimismo, se ha liderado la gestión técnica-operativa de equipos multidisciplinarios, garantizando altos estándares de calidad, seguridad y cobertura territorial.

En este proceso, se han desarrollado y perfeccionado competencias técnicas y estratégicas, tales como: análisis y diseño de soluciones energéticas, interpretación normativa, diagnóstico técnico, evaluación económica de proyectos, control documentario, gestión logística especializada y liderazgo operativo. Estas habilidades han sido determinantes para impulsar la ejecución eficiente de proyectos complejos con enfoque técnico-normativo, asegurando el cumplimiento regulatorio y la sostenibilidad de las soluciones energéticas implementadas.

1.4. Reflexiones críticas sobre la experiencia profesional

La experiencia profesional desarrollada en la empresa Llama Gas S.A., específicamente en el área de Ingeniería y Desarrollo Técnico, bajo dependencia del área comercial, ha representado un punto de inflexión en el crecimiento y consolidación profesional del profesional. Esta etapa no solo le permitió fortalecer sus conocimientos técnicos en sistemas de abastecimiento de GLP, sino también integrar aspectos normativos, económicos y operativos en el diseño y ejecución de soluciones energéticas de alto impacto.

Uno de los aprendizajes más relevantes ha sido comprender que el verdadero valor del profesional en el sector energético radica en su capacidad para actuar como articulador estratégico entre la ingeniería aplicada, la gestión normativa y los objetivos comerciales de la organización. A lo largo de su desempeño, ha liderado con criterio técnico, gestionado proyectos complejos bajo estándares de eficiencia, y contribuido activamente en la optimización presupuestal y la mejora de procesos, generando valor tangible para la empresa y sus clientes.

Desde una mirada crítica, se ha evidenciado que el sector energético está en constante evolución, lo cual exige perfiles profesionales cada vez más versátiles, con dominio transversal de la normativa, visión económica y sólidas habilidades de liderazgo. En ese sentido, el profesional ha reconocido la importancia de la formación continua, la actualización normativa y la incorporación de nuevas metodologías para una toma de decisiones eficiente en entornos altamente exigentes.

La gestión de equipos multidisciplinarios también le ha permitido fortalecer competencias blandas esenciales, como la comunicación efectiva, la orientación a resultados, la resolución de conflictos y la capacidad de generar un liderazgo positivo en ambientes colaborativos, elementos fundamentales para un desempeño profesional integral.

Esta experiencia ha reafirmado su visión profesional de consolidarse como un referente técnico-normativo dentro del sector energético, impulsando el desarrollo de

soluciones energéticas sostenibles, económicamente viables y alineadas con el cumplimiento regulatorio.

Su proyección a futuro contempla seguir liderando proyectos estratégicos, fomentar la innovación tecnológica en sistemas de abastecimiento, y contribuir activamente a la mejora continua del sector hidrocarburos, desde una perspectiva técnica, económica y humana.

Capítulo II. Proyecto en la especialidad

2.1. Introducción

Durante el desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional, se plantearon tres proyectos relevantes ejecutados en la empresa Llama Gas S.A., los cuales fueron seleccionados por su impacto técnico, económico y estratégico en distintos sectores productivos. Cada uno de estos proyectos permitió aplicar criterios integrales de diseño, evaluación económica y cumplimiento normativo en soluciones energéticas basadas en Gas Licuado de Petróleo (GLP), bajo un enfoque práctico y orientado a resultados.

2.1.1. Diseño y evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera.

Este proyecto tuvo como objetivo diseñar un sistema de abastecimiento de GLP destinado a alimentar un grupo electrógeno que genera energía eléctrica para una operación minera. La solución técnica contempló criterios de autonomía, seguridad operativa y eficiencia energética, siendo una alternativa viable frente a otras fuentes de generación convencional. Este proyecto fue seleccionado como eje principal del presente trabajo de suficiencia, debido a su complejidad técnica y su impacto económico en el sector minero.

2.1.2. Diseño y evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para una industria agropecuaria.

En este segundo proyecto, se diseñó un sistema de abastecimiento de GLP destinado a alimentar campanas de calefacción utilizadas en criaderos avícolas, asegurando condiciones térmicas óptimas para el desarrollo de los pollitos en sus etapas iniciales. Este tipo de solución energética es esencial en el sector agroindustrial, ya que permite mejorar los índices de productividad y reducir la mortalidad de las aves, impactando directamente en la eficiencia del proceso productivo.

2.1.3. Diseño y evaluación económica de la ampliación de capacidad a 60,000 galones de una planta envasadora de GLP.

Este tercer proyecto consistió en la implementación de un tanque adicional de 30,000 galones en una planta envasadora, elevando la capacidad total de almacenamiento a 60,000 galones. Esta mejora respondió a la necesidad de contar con una mayor autonomía operativa y una respuesta más competitiva ante posibles escenarios de desabastecimiento de GLP en el mercado. La propuesta integró aspectos técnicos, logísticos y normativos orientados al fortalecimiento de la cadena de suministro.

Cada uno de estos proyectos permitió aplicar competencias técnicas desarrolladas en el entorno laboral, evidenciando la capacidad de diseñar, evaluar e implementar soluciones energéticas eficientes, seguras y sostenibles. La elección del primer proyecto como caso principal del presente trabajo se sustentó en su alto nivel de innovación, complejidad técnica, impacto económico y contribución estratégica al desarrollo del sector minero.

2.2. Diseño y evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para generar energía en una instalación minera.

El presente trabajo de suficiencia profesional, tiene como finalidad proponer una alternativa energética más eficiente, sostenible y alineada con las nuevas exigencias ambientales y normativas del sector minero. El estudio se plantea como respuesta a los desafíos que enfrentan actualmente muchas operaciones mineras en el país, especialmente aquellas ubicadas en zonas alejadas del sistema eléctrico interconectado nacional y que dependen principalmente de fuentes energéticas convencionales como el diésel o la gasolina.

La actividad minera en el Perú, siendo uno de los sectores económicos más relevantes, requiere de un suministro energético confiable y continuo para garantizar el funcionamiento de sus procesos operativos. Sin embargo, el uso prolongado de combustibles líquidos no solo implica elevados costos operativos y logísticos, sino también un impacto ambiental significativo y un creciente riesgo regulatorio. En este contexto, se

plantea como alternativa el uso del Gas Licuado de Petróleo (GLP), un combustible con propiedades más limpias, eficiente en su combustión y potencialmente más económico, que podría contribuir a reducir los efectos negativos asociados a los sistemas tradicionales de generación de energía eléctrica en el sector.

Este estudio tiene como propósito principal el diseño y evaluación económica de un sistema de abastecimiento de GLP para generar energía eléctrica a través de un grupo electrógeno adaptado para su funcionamiento con este tipo de combustible. La propuesta busca establecer los criterios técnicos necesarios para garantizar el abastecimiento adecuado, seguro y normativamente aceptado del GLP en el entorno minero, considerando las condiciones particulares del sitio y los requerimientos energéticos de la operación.

Para lograr este objetivo general, el estudio aborda cuatro líneas específicas: la evaluación de la factibilidad de conversión del grupo electrógeno de diésel a GLP, el análisis técnico del sistema de abastecimiento propuesto, la evaluación económica comparativa entre ambos sistemas energéticos y la verificación del cumplimiento normativo según lo establecido por los entes fiscalizadores, principalmente OSINERGMIN. Cada uno de estos puntos ha sido desarrollado mediante una metodología técnica rigurosa, que incluye el levantamiento de información en campo, la elaboración de un diseño preliminar del sistema, el análisis normativo vigente y la aplicación de herramientas de evaluación económica.

Se espera que, a partir del análisis técnico, el sistema de GLP diseñado pueda integrarse de manera eficiente a la operación minera, proporcionando una fuente energética confiable, segura y adaptada a las condiciones operativas del sitio. Asimismo, los escenarios económicos proyectados permiten anticipar una posible reducción significativa en los costos operativos, así como una mejora en la eficiencia energética y una disminución de las emisiones contaminantes. De igual manera, se proyecta que los indicadores financieros del proyecto, como el retorno de inversión y la rentabilidad, podrían ubicarse dentro de rangos aceptables que validen su implementación desde el punto de vista económico.

En términos regulatorios, el diseño propuesto ha sido concebido considerando las exigencias técnicas y de seguridad establecidas por la normativa nacional vigente, con el objetivo de facilitar su aprobación y ejecución sin contratiempos legales o administrativos. Se considera, además, que la adopción de este tipo de soluciones puede generar un efecto multiplicador positivo dentro del sector minero, promoviendo una transición energética progresiva y responsable.

En resumen, el presente estudio ofrece una propuesta técnica sólida y una evaluación económica preliminar que sustentan el potencial del GLP como una alternativa energética viable para la generación de energía en instalaciones mineras. Su implementación podría contribuir significativamente a mejorar la eficiencia operativa, reducir el impacto ambiental y asegurar el cumplimiento normativo, alineándose con las tendencias actuales de sostenibilidad en la industria minera. Aunque los resultados finales dependerán de factores específicos de cada operación, el enfoque adoptado permite anticipar que esta solución representa una oportunidad de mejora estratégica innovadora para el sector.

2.3. Diseño y evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para una industria agropecuaria

La industria avícola en el Perú ha experimentado un crecimiento sostenido en la última década, posicionándose como uno de los sectores agroindustriales más dinámicos y estratégicos del país. Su impacto no solo se refleja en la generación de empleo y el desarrollo económico regional, sino también en su papel fundamental en el abastecimiento de proteínas para la población, siendo el pollo la principal fuente de consumo alimentario en el territorio nacional. Este crecimiento ha impulsado una mayor demanda por soluciones energéticas eficientes, confiables y sostenibles, especialmente en granjas ubicadas en zonas rurales o de difícil acceso a la red eléctrica.

En este contexto, el presente proyecto plantea el diseño e implementación de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo (GLP) a granel, como alternativa energética para una granja avícola, con el objetivo de mejorar la eficiencia operativa y

garantizar condiciones óptimas para el desarrollo de las aves. El GLP destaca por su alta capacidad de almacenamiento, facilidad de transporte, menor impacto ambiental y versatilidad de uso en diversas aplicaciones dentro de la granja, tales como sistemas de calefacción para los criaderos, cocinas, duchas y, en algunos casos, grupos electrógenos.

La solución propuesta contempla la instalación de 9 tanques de GLP, dimensionados para abastecer un total de nueve galpones, garantizando una autonomía energética aproximada de diez días de operación continua. El sistema de distribución se diseñó utilizando tuberías de acero, galvanizado y HDPE siguiendo criterios técnicos y normativos que aseguren un funcionamiento eficiente y seguro. Asimismo, se establece un protocolo integral de seguridad que incluye la capacitación del personal, revisión periódica de los equipos, pruebas de hermeticidad y verificación de todas las conexiones, con el fin de garantizar una operación libre de riesgos y conforme a las regulaciones vigentes.

La propuesta fue sometida a una evaluación económica proyectada a cuatro años, considerando variables como el consumo estimado de GLP, precios referenciales del combustible y costos de inversión. Los resultados preliminares del análisis financiero evidencian un alto nivel de rentabilidad, con una proyección favorable de recuperación de inversión en el corto plazo, una Tasa Interna de Retorno (TIR) atractiva y un Valor Actual Neto (VAN) positivo, lo que respalda la viabilidad del proyecto.

En conclusión, la incorporación de un sistema de abastecimiento de GLP a granel en granjas avícolas no solo permite optimizar los procesos operativos y reducir los costos asociados al uso de energía, sino que también garantiza el bienestar animal, mejora las condiciones de producción y aporta al fortalecimiento de un modelo agroindustrial más sostenible, eficiente y competitivo.

2.4. Diseño y evaluación económica de la ampliación de capacidad a 60,000 galones de una planta envasadora de GLP.

El presente proyecto tiene como objetivo principal el diseño y desarrollo de una propuesta integral de ampliación de capacidad operativa en una planta envasadora de Gas Licuado de Petróleo (GLP), con la finalidad de responder a la creciente demanda

energética del mercado y fortalecer la eficiencia logística del sistema de distribución. Esta iniciativa se enmarca en una estrategia de modernización de infraestructura, optimización de procesos y mejora continua, orientada a consolidar una operación más competitiva, segura y sostenible.

La industria del GLP en el Perú ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, impulsado por su alta penetración en los sectores residencial, comercial e industrial. Este incremento en el consumo ha generado la necesidad de contar con plantas envasadoras más eficientes, con mayor capacidad de procesamiento y con una infraestructura adecuada para atender volúmenes crecientes sin afectar la calidad del servicio ni la seguridad operativa.

La propuesta considera una expansión estratégica de las áreas de almacenamiento, llenado y despacho, incorporando nuevos tanques de mayor capacidad, sistemas de bombeo más robustos, nuevas líneas de llenado automatizadas, y mejoras en las áreas de control, pesaje y clasificación de cilindros. La implementación de tecnología de última generación permitirá acelerar los tiempos de carga, reducir errores operativos y garantizar un estándar elevado de calidad en el envasado.

Además, se contempla la adecuación de la infraestructura eléctrica, sistemas de detección y extinción de incendios, señalización, rutas de evacuación y protocolos de seguridad, cumpliendo rigurosamente con los requisitos establecidos en el Reglamento de Seguridad para Plantas de Envasado de GLP y otras normativas vigentes emitidas por OSINERGMIN y el Cuerpo General de Bomberos.

Desde el punto de vista operativo, se proyecta que esta ampliación permitirá Incrementar significativamente la capacidad diaria de llenado, disminuir los cuellos de botella en horas pico y mejorar la productividad por jornada. Con ello, se fortalecerá la continuidad del suministro, se reducirá el tiempo de atención a transportistas y se mejorarán los indicadores logísticos clave, como la rotación de cilindros, eficiencia por hora-hombre y nivel de servicio.

A nivel estratégico, este proyecto representa una inversión con alto retorno potencial, al permitir incrementar el volumen comercializado, reducir los costos operativos por economías de escala y mejorar el posicionamiento competitivo de la planta en el mercado regional y nacional. Asimismo, la mejora en la eficiencia energética y la automatización contribuyen al desarrollo de una operación más sostenible y alineada con los estándares modernos de calidad y responsabilidad empresarial.

En conclusión, la ampliación de capacidad en la planta envasadora de GLP no solo constituye una mejora técnica y operativa, sino una apuesta firme por el crecimiento sostenido, la seguridad industrial y la excelencia en el servicio. Esta iniciativa reafirma el compromiso con la innovación, la mejora continua y el desarrollo de una infraestructura energética moderna, preparada para los retos del presente y las oportunidades del futuro.

Capítulo III. Marco teórico y conceptual

3.1. Marco Teórico

3.1.1. *Instalación minera*

Se refiere a la infraestructura y el conjunto de operaciones necesarias para la extracción, procesamiento y transporte de minerales desde el subsuelo hasta su eventual comercialización. Estas instalaciones comprenden una variedad de componentes, incluyendo, pero no limitándose a: minas subterráneas o a cielo abierto, plantas de procesamiento, sistemas de transporte interno, equipos de ventilación, generadores de energía, sistemas de gestión de residuos y áreas de almacenamiento de materiales. Las instalaciones mineras son diseñadas y operadas para maximizar la eficiencia en la producción de minerales mientras se minimizan los impactos ambientales y se asegura la seguridad de los trabajadores. Se puede clasificar en (MINAM, 2019; MINEM, 2022):

- **Pequeñas minas:** Son aquellas que producen hasta 100,000 toneladas de mineral por año. Estas minas suelen tener operaciones menos complejas y una infraestructura más limitada en comparación con minas de mayor tamaño.
- **Medianas minas:** Son aquellas con una producción anual que oscila entre 100,000 y 1 millón de toneladas de mineral. Estas instalaciones suelen tener una infraestructura más desarrollada y utilizan una combinación de tecnologías y procesos más avanzados para la extracción y procesamiento de minerales.
- **Grandes minas:** Son aquellas que superan 1 millón de toneladas de mineral al año. Estas minas cuentan con infraestructuras extensivas, tecnologías avanzadas y una mayor capacidad de producción, lo que implica operaciones más complejas y un impacto significativo en la economía local y nacional.

3.1.1.1. Energía en la minería. La energía es esencial para las operaciones mineras, abarcando desde la perforación y voladura hasta la trituración, molienda y transporte de materiales. Las fuentes de energía utilizadas en la minería incluyen el sistema eléctrico nacional y combustibles autónomos como diésel, gasolina, gas natural y

gas licuado de petróleo (GLP). La elección de la fuente energética depende de la disponibilidad y las necesidades específicas de cada mina, así como de los costos y consideraciones ambientales (IEA, 2018).

3.1.1.2. Sostenibilidad en la minería. La sostenibilidad en la minería implica prácticas que minimizan el impacto ambiental, optimizan el uso de recursos y promueven el bienestar social. El uso de fuentes de energía más limpias como el GLP es un componente clave de las estrategias de sostenibilidad. Estas prácticas no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también ayudan a las empresas mineras a cumplir con las expectativas de responsabilidad social y ambiental (ICMM, 2020).

3.1.2. Legislación aplicable

3.1.2.1. Normativas y regulaciones relacionadas con recipientes a presión y recipientes a presión expuestos a fuego directo. El uso de GLP en la industria minera está regulado por una serie de normativas y regulaciones nacionales. Estas leyes establecen los estándares para el almacenamiento, manejo y utilización del GLP, asegurando que se cumpla con los requisitos de seguridad y protección ambiental. Las empresas mineras deben obtener permisos y autorizaciones de los entes reguladores para implementar sistemas de GLP, garantizando así el cumplimiento de todas las siguientes normativas vigentes (Dirección de Normalización - INACAL, 2008, 2018).

Normativa que cumplir para el diseño, construcción e inspección de los recipientes:

- ✓ ASME BPVC Sección VIII, División 1 – Código para calderas y recipientes a presión: reglas para el diseño y fabricación de recipientes a presión.
- ✓ ASME BPVC Sección V – Examen no destructivo.
- ✓ API 510 – Código de inspección para recipientes a presión: procedimientos para inspección, evaluación, reparación y modificación en servicio.
- ✓ NFPA 58 – Norma de seguridad para almacenamiento y manipulación de GLP.
- ✓ NTP 312.121:2008 (Rev. 2013) – Instalaciones internas de GLP para consumidores directos y redes de distribución.

- ✓ NTP 321.201:2016 – Equipos y accesorios para GLP: inspección y recalificación de tanques estacionarios.

3.1.2.2. Normativas y regulaciones relacionadas a la red GLP. Para la manipulación segura de GLP, los instaladores de las redes deben asegurar cumplir con las normas técnicas peruanas establecidas que han sido desarrolladas con el fin de establecer las condiciones mínimas de seguridad para la instalación de redes de un sistema de abastecimiento de GLP (Dirección de Normalización - INACAL, 2008, 2018).

Normativa que cumplir en los materiales que conforman el sistema de abastecimiento de GLP:

- ✓ NTP 312.121:2008 (Rev. 2013)
- ✓ NTP 312.123:2012 (Rev. 2018)
- ✓ NTP 321.129:2015
- ✓ NTP 342.522 (Partes 1 a 18): Accesorios de unión de cobre para tubos de cobre en pulgadas y milímetros.
- ✓ NTP 342.052:2015 – Tubos redondos de cobre sin costura para gas y agua.
- ✓ NTP 342.525:2015 – Tubos tipo G para instalaciones de GLP.
- ✓ ASTM B88 – Tubos de cobre sin costura para gas y agua.
- ✓ ASTM B42 – Tuberías de cobre sin costura.
- ✓ ASTM A53 – Tuberías de acero negras o galvanizadas.
- ✓ ASTM A106 – Tubos de acero al carbono para alta temperatura.
- ✓ ANSI Z21.80a / CSA 6.22a – Reguladores de presión de línea.
- ✓ ANSI B16.18 – Accesorios de presión conjunta en aleación de cobre fundido.
- ✓ ANSI/ASME B36.10M – Tubos de acero soldados y sin costura.
- ✓ ANSI/ASME B16.3 – Accesorios de rosca de hierro maleable.

3.1.2.3. Normativas y regulaciones relacionadas a la formalización del sistema de abastecimiento GLP. El uso de GLP en la industria minera está regulado por una serie de normativas y regulaciones nacionales. Estas leyes establecen los estándares para el almacenamiento, manejo y utilización del GLP, asegurando que se cumpla con los

requisitos de seguridad y protección ambiental. Las empresas mineras deben obtener permisos y autorizaciones de los entes reguladores para implementar sistemas de GLP, garantizando así el cumplimiento de todas las siguientes normativas vigentes (Dirección de Normalización - INACAL, 2008, 2018).

- ✓ Reglamento del Registro de Hidrocarburos emitido por OSINERGMIN (Resolución de Consejo Directivo N° 150-2024-OS/CD).
- ✓ Procedimiento para la revalidación de la inscripción en el Registro de Hidrocarburos conforme al Decreto Supremo N° 023-2020-PCM (Resolución OSINERGMIN N° 029-2020-OS/CD).
- ✓ Listado de Condiciones de Seguridad de Criticidad Alta aplicables según el tipo de agente autorizado.
- ✓ Disposiciones normativas para actividades de comercialización de hidrocarburos líquidos y GLP (Resoluciones OSINERGMIN N° 089-2015-OS/CD y N° 191-2011-OS/CD).
- ✓ Reglamento para la Comercialización de Gas Licuado de Petróleo (Decreto Supremo N° 01-94-EM).
- ✓ Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de GLP y sus modificatorias (Decreto Supremo N° 065-2008-EM).
- ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones (Decreto Supremo N° 011-2006-VIVIENDA).
- ✓ Código Nacional de Electricidad – Suministro (edición vigente desde 2011).

3.1.3. Seguridad en el manejo del GLP

La seguridad es un aspecto crítico en el manejo de GLP. Los protocolos de seguridad incluyen procedimientos de almacenamiento y manejo, así como respuestas a emergencias. Es esencial que el personal esté adecuadamente capacitado y que las instalaciones cumplan con todas las normativas de seguridad. La implementación de estas medidas asegura la protección de los trabajadores y el entorno, minimizando los riesgos asociados con el uso de GLP (NFPA, 2020).

Para instalaciones cuya capacidad agregada sea igual o superior a 4,000 galones, es obligatorio realizar un Análisis de Seguridad. Este análisis tiene como finalidad evaluar los riesgos asociados a la presencia del tanque, considerando aspectos como la cercanía a otras propiedades, la densidad poblacional del entorno, la efectividad de las medidas de control aplicadas al GLP y la capacidad de respuesta de las brigadas de seguridad.

En cuanto a la protección contra incendios, conforme a lo establecido en la NTP 350.043-1:2011, referida a la inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática de extintores portátiles, se establece que, para riesgos elevados de fuego de clase A, el extintor debe tener una capacidad de extinción de al menos 4A, con un radio de cobertura de 13 metros, y contar con un agente extintor de 4.5 kg (10 lb) como mínimo, según lo indicado en la Tabla 7 de dicha norma.

Adicionalmente, en concordancia con la NTP 321.123, numeral 6.22.3.2, se determina que la capacidad mínima de extinción debe ser de 4A:80B:C. Por ello, se propone como sistema de protección contra incendios la instalación de extintores tipo PQS, con una carga de 10 libras, aptos para fuegos de tipo ABC, debidamente certificados bajo norma UL, y cuya eficacia esté validada por laboratorio, garantizando un poder de extinción de al menos 4A:80B:C. Estos equipos deberán ubicarse en gabinetes adecuados y correctamente señalizados, ya sea por cada tanque estacionario o por la instalación en su conjunto (Dirección de Normalización - INACAL, 2018; NORMA TÉCNICA PERUANA 350.043-1, 2011).

3.1.4. Combustibles

3.1.4.1. Diésel. El diésel es un combustible fósil que se obtiene a través del proceso de refinación del petróleo crudo. Su empleo es común en motores de combustión interna, especialmente en vehículos de carga pesada, maquinaria industrial y sistemas de generación eléctrica, debido a su elevada densidad energética y rendimiento operativo. No obstante, su combustión genera emisiones contaminantes relevantes, como óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de carbono (CO₂) y material particulado (PM), los cuales inciden negativamente en la calidad del aire y contribuyen al fenómeno del cambio climático.

Adicionalmente, el uso continuo de diésel representa un riesgo ambiental, principalmente por la posibilidad de derrames y los desafíos que implica la correcta gestión de residuos derivados de su manipulación y consumo (Speight, 2019).

3.1.4.2. Gasolina. La gasolina es otro combustible fósil derivado del petróleo crudo, utilizado principalmente en motores de combustión interna de vehículos ligeros y algunos equipos industriales. Al igual que el diésel, la gasolina es altamente energética y eficiente, pero su combustión libera contaminantes como CO₂, NO_x, monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COVs). Estos contaminantes contribuyen a la formación de smog, problemas de salud respiratoria y el calentamiento global. La gestión adecuada de la gasolina y la transición hacia combustibles más limpios son esenciales para mitigar sus impactos ambientales (Hocking, 2006).

3.1.4.3. GLP. Hidrocarburo que, a condición normal de presión y temperatura, está en estado gaseoso, pero a temperatura normal y moderadamente alta presión es licuable. Se compone de propano, butano, polipropileno y butileno o mezcla de los mismos. En determinados porcentajes forman una mezcla explosiva, como ejemplos, se tiene que un GLP enriquecido en propano tiene mayor poder calorífico y alta volatilidad, mientras que un GLP enriquecido en butano tiene menor poder calorífico y baja volatilidad, el GLP se almacena como líquido, en recipientes a presión, en la Tabla 2 se muestran las mezclas de propano y butano comercializados en Perú de acuerdo con la normativa vigente (Dirección de Normalización - INACAL, 2022).

3.1.5. Sistema de abastecimiento de GLP

3.1.5.1. Sistema de GLP. Sistema compuesto por uno o varios recipientes que incluye un mecanismo destinado a transportar el GLP desde los recipientes hasta los puntos de consumo o surtidores. Este sistema integra además distintos elementos diseñados para regular aspectos como la cantidad suministrada, el caudal, la presión y el estado físico del gas, ya sea en fase líquida o gaseosa (NFPA, 2020).

3.1.5.2. Artefacto a GLP. Es aquel equipo de consumo fijo o móvil que convierte el GLP en energía e incluye a todos sus componentes y sistemas de seguridad; puede ser

una cocina, un calentador, un grupo electrógeno, etc. (Dirección de Normalización - INACAL, 2018).

3.1.5.3. Grupo electrógeno. Equipo que transforma la energía química de combustión a energía mecánica y está finalmente a energía eléctrica (Cordova & Armas, 2019), se compone generalmente por:

- ✓ Motor: Fuente principal que transforma la energía química de la combustión en energía mecánica para que el alternador gire generando energía eléctrica.
- ✓ Alternador (generador): Fuente principal que generará una corriente alterna mediante inducción electromagnética. Este se encuentra acoplado en el eje principal del motor.
- ✓ Sistema de control: Encargado del arranque y parada del grupo electrógeno, ya sea de manera manual o automática, adicionalmente brinda información del funcionamiento y estado del grupo electrógeno.
- ✓ Sistema de refrigeración: Encargado de mantener la temperatura del motor en los parámetros de operatividad de fabricación, este puede ser por medio de agua, aceite o aire.

Tabla 2

Mezclas propano y butano comercial (GLP)

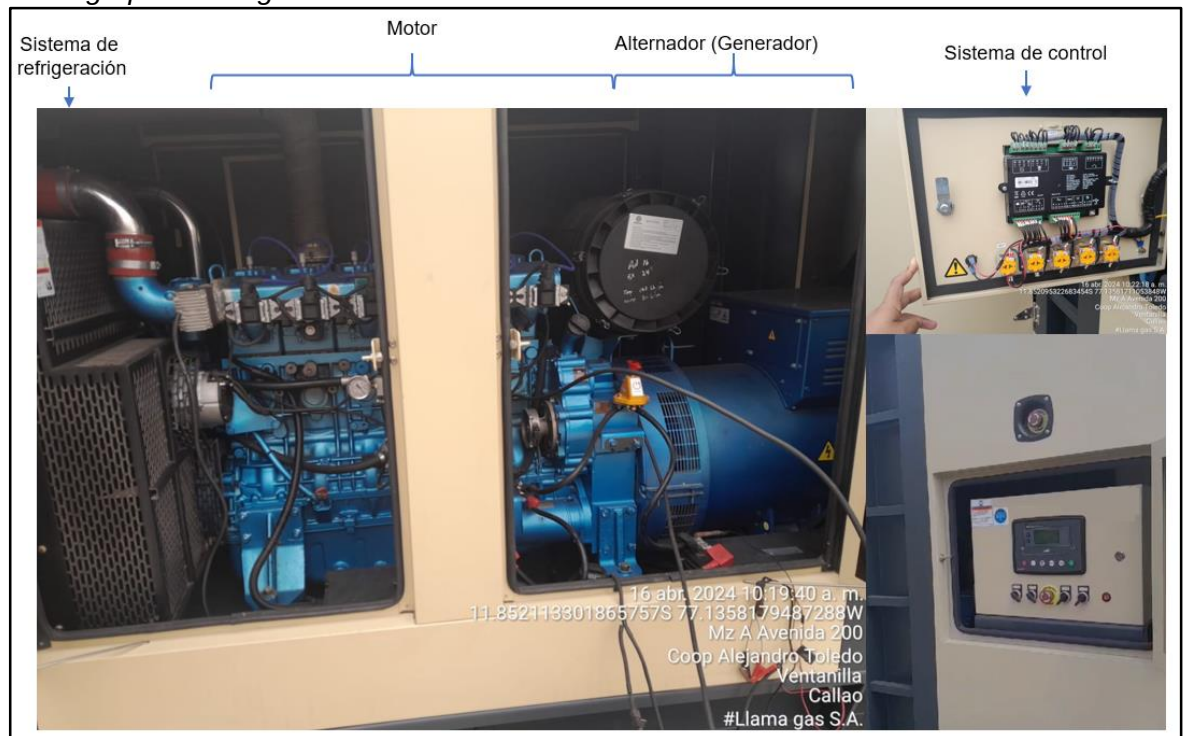
Nombre del producto	Propano Comercial	Butano Comercial	Mezcla Propano Butano Comercial							
Número	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CARACTERÍSTICAS										
COMPOSICIÓN, % Vol										
Propano	100	---	90	80	75	70	65	60	55	50
Butano	---	100	10	20	25	30	35	40	45	50
Pentanos más pesados	Nulo	2,0	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
COMBUSTIÓN										
Poder calorífico aprox. Btu/lb	21,690	21,290	21,650	21,610	21,590	21,570	21,550	21,530	21,510	21,490
Clima de aplicación	Muy frío	Muy cálido			Frío				Moderado	
Volatilidad	Alta	Baja			Alta				Moderada/Intermedia	
	Volatilidad	Volatilidad			Volatilidad				Volatilidad	
Usos recomendados	Doméstico	Doméstico			Doméstico				Doméstico	Doméstico
	Comercial	Comercial			Comercial				Comercial	Comercial
	Industrial				Industrial				Industrial	

^a En unidades de kg/cm².

Fuente: (Dirección de Normalización - INACAL, 2022)

Figura 1

Partes de un grupo electrógeno



Fuente: Elaboración propia

3.1.5.4. Potencia de un grupo electrógeno. Es la capacidad de convertir la energía mecánica en energía eléctrica medida en kilovatios (kW) o megavatios (MW) representando la cantidad máxima de energía eléctrica que el grupo electrógeno puede suministrar a una carga bajo condiciones específicas de operación (Rojas, 2018; Sandoval, 2021).

3.1.5.5. Potencia nominal. En algunas literaturas es conocida como potencia nominal continua, es la máxima potencia continua que un grupo electrógeno puede entregar bajo condiciones específicas, típicamente a nivel del mar y a una temperatura de 25 °C; este valor es crucial para garantizar que el grupo electrógeno pueda satisfacer la demanda energética de la carga conectada sin exceder su capacidad de diseño. Se debe tener en cuenta que exceder la potencia nominal puede ocasionar sobrecalentamiento y desgaste acelerado de los componentes del grupo electrógeno (Boher et al., 2019; Rojas, 2018; Sandoval, 2021).

3.1.5.6. Potencia prime. Es la salida de potencia que un grupo electrógeno puede entregar de manera continua durante operaciones con carga variable por un número limitado de horas anualmente y son típicamente inferiores a la potencia nominal; frecuentemente usada en aplicaciones donde el grupo electrógeno sirve como fuente principal de energía tomando como ejemplo: lugares remotos, industrias agropecuarias, industrias mineras o donde exista cortes prolongados de energía (Rojas, 2018; Sandoval, 2021).

3.1.5.7. Potencia de emergencia (Standby). Es la máxima potencia que un grupo electrógeno puede proporcionar durante una emergencia o cuando falla la fuente de energía principal, es típicamente mayor a la potencia prime condicionada a emplearse como respaldo en periodos cortos establecidas por el fabricante del grupo electrógeno (Rojas, 2018; Sandoval, 2021).

3.1.5.8. Potencia continua. Es la potencia que un grupo electrógeno puede entregar sin interrupciones durante un número ilimitado de horas bajo condiciones de carga constante, es típicamente inferior a la potencia prime porque asume una carga constante e invariable y su aplicación es en industrias que requieren un suministro de energía estable y consistente sin fluctuaciones (Rojas, 2018; Sandoval, 2021).

3.1.5.9. Potencia mínima técnica. Es la potencia mínima a la cual un grupo electrógeno puede operar de manera eficiente sin incurrir en problemas técnicos o daños como una combustión incompleta, acumulación de carbono y reducción de la eficiencia; este umbral varía de acuerdo con el fabricante del grupo electrógeno, pero en general se recomienda no operar un grupo electrógeno por debajo del 40% de su potencia nominal para evitar posibles daños.

3.1.5.10. Factor de carga. Es la medida de la carga promedio dividida entre su capacidad nominal durante un periodo específico expresada en porcentaje.

3.1.5.11. Capacidad de sobrecarga. Es la capacidad del grupo electrógeno para manejar cargas superiores a su potencia nominal durante un período corto, generalmente hasta una hora o la especificada por el fabricante.

3.1.5.12. Grupo electrógeno abierto. Son aquellos grupos electrógenos en los que el motor, generador y alternador no están recubiertos por un contenedor o gabinete siendo de fácil inspección, mantenimiento y reparación; se utilizan en aplicaciones donde el ruido no es una preocupación, por ejemplo: dentro de una sala de máquinas específica que proporciona aislamiento acústico.

3.1.5.13. Grupo electrógeno cerrado o encapsulado. Son aquellos grupos electrógenos en los que el motor, generador y alternador están recubiertos por un contenedor o gabinete brindando protección contra el polvo, agua y otros contaminantes externos; este encapsulamiento no está diseñado para reducir el ruido; sin embargo, suelen a ser más silenciosos que un grupo electrógeno abierto.

3.1.5.14. Grupo electrógeno insonorizado. En algunas literaturas es conocido como grupo electrógeno silencioso, están diseñados con un contenedor o gabinete optimizado para la absorción acústica que reduce significativamente el ruido producido durante su operación, generalmente su aplicación es en residenciales, hospitales o donde el ruido deba mantenerse al mínimo.

3.1.5.15. Grupo electrógeno con tecnología de ionización. Tecnología aplicada para mejorar la calidad de aire y reducir emisiones contaminantes al exterior, en grupos electrógenos suele ser implementada al sistema de escape para reducir partículas o incluso dentro del compartimiento encapsulado para mantener la limpieza del aire y prevenir acumulación de partículas dañinas, suele ser usada en aplicaciones donde la calidad del aire es crítica.

3.1.5.16. Grupo electrógeno a diésel. Equipo que transforma la energía química de combustión que se genera al comprimir aire y combustible diésel para producir energía mecánica y está finalmente a energía eléctrica de acuerdo con lo descrito por (Mahon, 1992) y cuenta con los siguientes componentes:

- ✓ Motor de combustión interna: Es el componente principal que convierte el combustible en energía mecánica mediante la combustión de diésel.

- ✓ Generador (Alternador): Convierte la energía mecánica producida por el motor en energía eléctrica.
- ✓ Sistema de combustible: Incluye el tanque de diésel, bombas de combustible, inyectores y filtros que suministran diésel al motor.
- ✓ Sistema de refrigeración: Mantiene la temperatura del motor dentro de límites seguros, generalmente utilizando radiadores y ventiladores.
- ✓ Sistema de escape: Conduce los gases de escape fuera del grupo electrógeno, incluyendo silenciadores para reducir el ruido.
- ✓ Sistema de lubricación: Mantiene las partes móviles del motor lubricadas para reducir el desgaste y la fricción.
- ✓ Sistema de control y supervisión: Paneles de control que monitorean y regulan el funcionamiento del grupo electrógeno, incluyendo sensores y controles automáticos.
- ✓ Chasis y bastidor: La estructura que soporta todos los componentes del grupo electrógeno y facilita su transporte e instalación.

3.1.5.17. Grupo electrógeno dedicado a gasolina. Equipo que transforma la energía química de combustión que se genera al momento de la ignición de la gasolina para producir energía mecánica y está finalmente a energía eléctrica de acuerdo con lo descrito por (Mobley et al., 2008) y cuenta con los siguientes componentes:

- ✓ Motor de combustión interna: Convierte la gasolina en energía mecánica mediante la combustión en los cilindros del motor.
- ✓ Generador (Alternador): Transforma la energía mecánica del motor en energía eléctrica.
- ✓ Sistema de Combustible: Incluye el tanque de gasolina, bombas de combustible, carburadores o inyectores y filtros.
- ✓ Sistema de Refrigeración: Enfriamiento del motor mediante radiadores, ventiladores y, en algunos casos, sistemas de aire forzado.

- ✓ Sistema de Escape: Maneja los gases de escape generados por la combustión, utilizando silenciadores para minimizar el ruido.
- ✓ Sistema de Lubricación: Proporciona aceite a las partes móviles del motor para reducir la fricción y el desgaste.
- ✓ Sistema de Control y Supervisión: Paneles de control para monitorear y regular la operación del grupo electrógeno, incluyendo arranque automático y protección contra fallos.
- ✓ Chasis y Bastidor: La estructura que alberga todos los componentes y permite su fácil transporte e instalación.

En el ámbito de la generación de energía, los grupos electrógenos de alta capacidad (mayor a 25 kW), son generalmente diseñados para operar con combustibles como diésel, gas licuado de petróleo o gas natural. Esto se debe a que la gasolina, aunque comúnmente utilizada en generadores de menor capacidad, presenta ciertas limitaciones cuando se trata de aplicaciones industriales o comerciales que requieren un suministro continuo y confiable de energía.

La principal desventaja de utilizar gasolina en generadores de alta potencia es su menor eficiencia comparada con otros combustibles. Además, los costos operativos asociados con la gasolina son significativamente más altos, y su disponibilidad en grandes cantidades para operaciones continuas no es tan viable como el diésel, gas licuado de petróleo o el gas natural. Como resultado, la mayoría de los fabricantes no producen generadores superiores a 200 kW a gasolina, optando en su lugar por tecnologías más adecuadas que garantizan la durabilidad y eficiencia a largo plazo del equipo.

3.1.5.18. Grupo electrógeno dedicado a GLP. Equipo que transforma la energía química de combustión que se genera al momento de la ignición del GLP para producir energía mecánica y está finalmente a energía eléctrica de acuerdo con lo descrito por (Rivera Diésel, 2018) y cuenta con los siguientes componentes:

- ✓ Motor de combustión interna: Funciona con gas licuado de petróleo (GLP) para convertir el combustible en energía mecánica.

- ✓ Generador (Alternador): Convierte la energía mecánica generada por el motor en energía eléctrica.
- ✓ Sistema de combustible: Incluye tanques de almacenamiento de GLP, reguladores de presión, vaporizadores y mezcladores de aire/combustible.
- ✓ Sistema de refrigeración: Mantiene el motor a una temperatura operativa segura, utilizando radiadores y ventiladores.
- ✓ Sistema de escape: Maneja los gases de escape producidos por la combustión del GLP, incorporando silenciadores para reducir el ruido.
- ✓ Sistema de lubricación: Mantiene las partes móviles del motor lubricadas para minimizar la fricción y el desgaste.
- ✓ Sistema de control y supervisión: Incluye paneles de control para monitorear y regular la operación del grupo electrógeno, asegurando un funcionamiento seguro y eficiente.
- ✓ Chasis y bastidor: Proporciona soporte estructural para todos los componentes del grupo electrógeno, facilitando su transporte e instalación.

3.1.5.19. Alternativos. El empleo de kit Bi-fuel instalado a grupos electrógenos diésel ha permitido remplazar parcialmente la carga de alimentación del combustible diésel por GLP; sin embargo, el máximo porcentaje de sustitución GLP-diésel disminuye a medida que aumenta la carga eléctrica del sistema. Estos grupos electrógenos bi-fuel se componen principalmente por (Forero-Núñez et al., 2014):

1. Gases de escape.
2. Analizador de gases Bacharach
3. Banco de carga
4. Generador eléctrico
5. Motor del grupo electrógeno.
6. Sensor de temperatura de gases de escape
7. Sensor de temperatura del aire de ingreso
8. Anemómetro

9. Turbo cargador
10. Controlador
11. Válvula de control
12. Regulador de gas
13. Filtro gas
14. Kit Bi-fuel
15. Medidor de flujo del diésel
16. Medidor de humedad de aire de ingreso
17. Medidor de la presión atmosférica
18. Aire ingreso
19. Medidor de presión en el tanque pulmón
20. Tanque pulmón
21. GLP gaseoso
22. Diésel
23. Filtro diésel
24. Tanque de almacenamiento de diésel
25. Cisterna de almacenamiento de GLP

Figura 2

Motor generador Cummins DFEH (A) e instalación del Kit Bi-fuel antes del ingreso de aire al turbocargador (B)



A

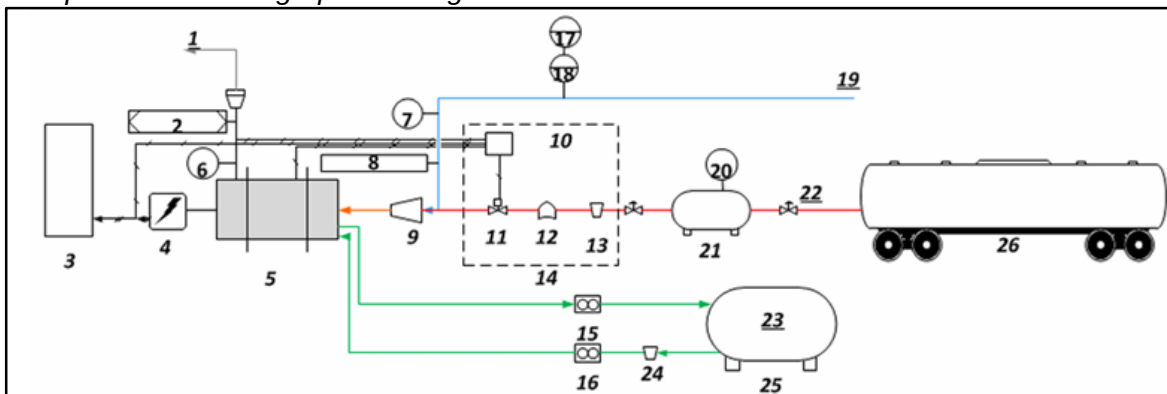


B

Fuente: (Forero-Núñez et al., 2014)

Figura 3

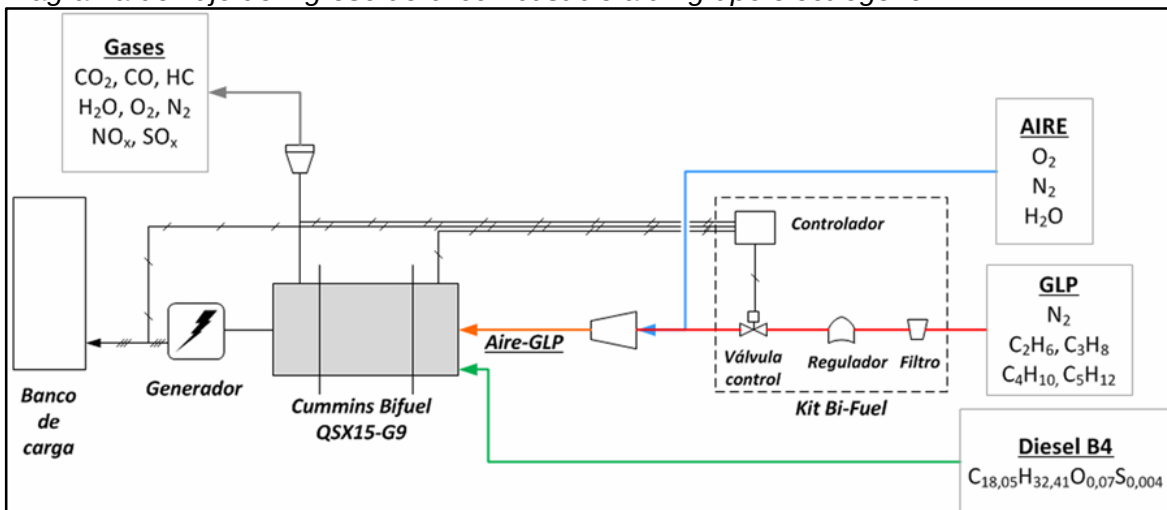
Componentes de un grupo electrógeno funcionando con kit de Bi-fuel



Fuente: (Forero-Núñez et al., 2014)

Figura 4

Diagrama de flujo de ingreso de bi combustible a un grupo electrógeno



Fuente: (Forero-Núñez et al., 2014)

3.1.5.20. Accesorio (fitting). En un sistema de tuberías es usado como un elemento de unión, tal como un codo, una curva de retorno, una “tee”, una unión, un reductor con rosca en sus extremos (“bushing”), una cruz, o una tubería corta con rosca en sus extremos (“niple”). No incluye elementos tales como una válvula o un regulador de presión (Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI, 2008).

3.1.5.21. Tanque estacionario superficial o aéreo de GLP. Recipiente de almacenamiento de GLP fabricado de acuerdo con la NTP o con el código ASME Sección VIII (ASME BPVC VIII) división 1, cuya superficie inferior está a nivel o encima del suelo, sobre el cual está instalado (Dirección de Normalización - INACAL, 2018).

Figura 5

Tanque estacionario de GLP de 1,000 galones para servicio superficial



Fuente: Llama Gas S.A.

3.1.5.22. Conexiones en tanque estacionario superficial o aéreo de GLP. Los tanques de capacidad de agua menor e igual a 2,000 galones deberán cumplir con la Tabla 3, de acuerdo con normativa vigente (Dirección de Normalización - INACAL, 2018).

Tabla 3

Conexiones de los tanques estacionarios de GLP

Ítem	Accesorios	Tanques estacionarios de hasta 15,14 m ³ (4,000 gal) de capacidad de agua	Imagen referencial para tanque de 1,000 galones
A	Válvula de llenado de doble check	R ✓	

B Válvula de cierre manual para servicio vapor R ✓	
C Medidor fijo del nivel máximo de líquidos R ✓	
D Válvula de seguridad interna del tipo a resorte R	
E Medidor de flotador R ✓	

F Válvula de no retroceso y válvula de exceso de flujo de retorno de vapor O √	
G Válvula de exceso de flujo de extracción de líquido comandada R *	 

Nota:

R: Requerido como un accesorio separado.

R*: Requerido como un accesorio separado y libre para ser usado en caso de emergencia.

O: Opcional.

R√: Requerido como un accesorio separado o como parte de una válvula multipropósito.

O√: Opcional como un accesorio separado o como parte de una válvula multipropósito.

Fuente: Elaboración propia con imágenes de Llama Gas S.A.

3.1.5.23. Vaporizador de fuego directo. También conocido como vaporizador de llama directa, el cual es suministrado por una línea de GLP en estado líquido y genera una salida de línea de GLP en estado vapor a una temperatura mayor a la suministrada, cuenta con un recipiente de almacenamiento de GLP fabricado de acuerdo con el código ASME y UL que soporta el fuego directo controlado, se muestra en la Figura 6 un ejemplo de vaporizador de fuego directo marca Ransome.

Figura 6

Ejemplo de vaporizador de fuego directo marca Ransome modelo 80/40H



Fuente: Llama Gas S.A.

3.1.5.24. Sistema fijo de tuberías. Tubería rígida y flexible, manguera y conectores de manguera metálicos o de goma flexible con válvulas y accesorios ensamblados en sistemas completos para conducir GLP desde un punto a otro, ya sea en fase líquida o gaseosa a diferentes presiones (NFPA, 2020).

3.1.5.25. Instalación estacionaria (instalación permanente). Instalación de recipientes, tuberías y equipos de GLP para uso indefinido en una ubicación particular; instalación que normalmente se espera que no cambie su categoría, condición o ubicación (Dirección de Normalización - INACAL, 2018).

3.1.5.26. Evaluación técnica de sistemas de abastecimiento de GLP. La evaluación técnica de un sistema de abastecimiento de GLP incluye el diseño y análisis de todos sus componentes. Es crucial considerar factores como la capacidad de almacenamiento, la eficiencia del suministro y la seguridad operativa. Los estudios técnicos detallados garantizan que el sistema propuesto sea viable y cumpla con los requisitos

específicos de la instalación minera (Dirección de Normalización - INACAL, 2018; NFPA, 2020).

3.1.5.27. Evaluación económica de sistemas de abastecimiento de GLP. La evaluación económica del sistema de GLP implica un análisis exhaustivo de los costos de implementación, operación y mantenimiento. También se debe considerar el retorno de inversión (ROI) y los ahorros potenciales en comparación con el uso de combustibles tradicionales. Este análisis permite determinar la viabilidad financiera del proyecto y su impacto económico a largo plazo (Tesier Rodríguez, 2023).

3.1.5.28. Conversión de motores a GLP. La conversión de motores de diésel y gasolina a GLP es una tecnología que permite a las minas reducir sus emisiones y costos operativos. Los motores convertidos a GLP funcionan de manera similar a sus contrapartes de combustibles tradicionales, pero utilizan GLP como fuente de energía. Esta conversión puede ser realizada en una variedad de equipos mineros, mejorando la eficiencia energética y reduciendo el impacto ambiental (Mahon, 1992; Mustaffa et al., 2016).

3.2.1. *Impacto ambiental de los combustibles tradicionales*

El uso de diésel y gasolina en las operaciones mineras tiene un alto impacto ambiental y económico. Estos combustibles son responsables de emisiones significativas de gases de efecto invernadero y otros contaminantes. Además, los costos operativos asociados con el uso de diésel y gasolina son elevados debido a su precio y la necesidad de mantenimiento frecuente de los equipos. Problemas como derrames de combustible también representan riesgos ambientales graves, como se ha observado en auditorías a empresas mineras (Lage et al., 2023).

3.2.2. *Transición energética*

La transición energética consiste en una transformación progresiva del sistema energético, orientada al reemplazo de fuentes tradicionales y altamente contaminantes, como el carbón y el petróleo, por fuentes más limpias, eficientes y sostenibles, tales como la energía solar, eólica o el gas licuado de petróleo (GLP). Este cambio estructural no solo busca reducir las emisiones contaminantes y mitigar el cambio climático, sino también

fomentar el aprovechamiento racional de los recursos naturales, garantizando un desarrollo sostenible en el tiempo. Además, implica ajustes normativos, sociales, tecnológicos y económicos que faciliten su implementación a nivel país (Smil Vaclav, 2017).

3.2.3. Reducción de la cadena de carbono

La reducción de la cadena de carbono se refiere a las estrategias y medidas implementadas para disminuir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y otros gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida de los productos energéticos. Esto incluye la producción, transporte, almacenamiento y consumo de energía. En el contexto de la minería, la reducción de la cadena de carbono implica adoptar tecnologías y prácticas que minimicen las emisiones asociadas con las operaciones mineras, desde la extracción de recursos hasta su procesamiento y transporte. El uso de GLP en lugar de diésel y gasolina es una de las medidas que contribuyen significativamente a esta reducción (Masson-Delmotte et al., 2019).

3.2.4. Aspectos económicos del uso de GLP en la minería

El uso de GLP en la minería puede ofrecer ventajas económicas significativas. Los costos operativos del GLP son generalmente más bajos que los de diésel y gasolina, y los equipos convertidos a GLP requieren menos mantenimiento. Además, el menor impacto ambiental del GLP puede resultar en ahorros adicionales al evitar sanciones y costos asociados con la gestión de residuos y emisiones. Los análisis de costo-beneficio y retorno de inversión (ROI) son herramientas cruciales para evaluar la viabilidad económica del uso de GLP en la minería (Rivera Martínez, 2024).

3.2.5. Consumidor directo de GLP

Se considera consumidor directo de GLP a aquella persona natural o jurídica que administra una instalación debidamente registrada en el Registro de Hidrocarburos, donde almacena GLP a granel en tanques estacionarios de su propiedad o entregados en cesión de uso por empresas distribuidoras o envasadoras. Dicho GLP está destinado exclusivamente a su propio consumo, quedando prohibida su comercialización a terceros.

Cabe mencionar que los tanques adquiridos mediante arrendamiento financiero se consideran equivalentes a los de propiedad del consumidor (Gerencia de Asesoría Jurídica, 2002).

3.2.6. Sostenibilidad

La sostenibilidad hace referencia a la capacidad de responder a las necesidades actuales sin comprometer los recursos y el bienestar de generaciones futuras. En el ámbito industrial, este enfoque integra criterios económicos, sociales y ambientales, orientados a optimizar el uso de materiales, minimizar residuos y reducir el impacto ecológico, sin descuidar la rentabilidad ni la responsabilidad social empresarial (ICMM, 2020).

3.2.7. Descarbonización

Este término se refiere al proceso de disminuir gradualmente las emisiones de gases de efecto invernadero, en particular el dióxido de carbono (CO₂), derivadas de las actividades humanas. Su implementación se basa en la transición hacia fuentes energéticas renovables, tecnologías limpias, mejoras en la eficiencia energética y regulaciones que favorezcan prácticas sostenibles con menor huella de carbono (IEA, 2018).

3.2.8. Cromatografía de GLP

La cromatografía de gas es una técnica que permite analizar y descomponer los distintos compuestos presentes en el GLP. Este procedimiento consiste en la vaporización del gas, el cual atraviesa una columna cromatográfica que separa sus componentes según su interacción con el medio interno. Esta herramienta es clave para verificar la calidad del producto y asegurar su adecuada composición (Mesa Gómez et al., 2016).

3.2.9. Bujías

Las bujías son elementos fundamentales en los motores de combustión interna, ya que generan la chispa eléctrica que inicia la combustión de la mezcla aire-combustible dentro de los cilindros. Están compuestas por un electrodo central, un aislante cerámico y una carcasa metálica. Su buen estado influye directamente en el rendimiento, eficiencia y desempeño del motor (Stone & Ball, 2004).

3.2.10. Relación de compresión

Se trata del índice que expresa el grado de compresión que sufre la mezcla aire-combustible dentro del cilindro antes de ser encendida. Se calcula dividiendo el volumen del cilindro con el pistón en su punto más bajo (punto muerto inferior) entre el volumen cuando está en su punto más alto (punto muerto superior). Una mayor relación de compresión suele traducirse en mayor eficiencia térmica, aunque también puede aumentar el riesgo de detonación (John B. Heywood, 2018).

3.2.11. Ingeniería básica

Es la etapa inicial del diseño de un proyecto, donde se recopila y analiza toda la información técnica, normativa y administrativa necesaria. Incluye la revisión de estudios previos, condiciones de partida, recopilación de datos, y la identificación de permisos y autorizaciones requeridas para su ejecución (de Cos Castillo, 2007).

3.2.12. Ingeniería de detalle

Comprende el desarrollo técnico exhaustivo del proyecto, incluyendo especificaciones, cálculos, planos, metrados y diseños de todas las disciplinas involucradas, como estructuras, instalaciones eléctricas y mecánicas, control, instrumentación, entre otros. Es una etapa esencial para materializar la ejecución del proyecto con precisión (de Cos Castillo, 2007).

3.2.13. Proyecto

Es una actividad planificada con un objetivo específico, que se ejecuta en un tiempo determinado para generar un producto, servicio o resultado único. Por su carácter temporal, un proyecto tiene un inicio y un cierre definidos, y puede ejecutarse como una iniciativa independiente o formar parte de un conjunto mayor, como un programa o portafolio (PMI, 2021).

3.2.14. Disponibilidad de recursos

Hace referencia a la existencia y accesibilidad de insumos materiales y humanos necesarios para desarrollar un proyecto. Incluye factores como contratos vigentes,

proveedores autorizados, condiciones de adquisición, disponibilidad de personal calificado y cumplimiento de cronogramas establecidos (PMI, 2021).

3.2.15. Entorno regulatorio

Engloba el marco normativo y legal aplicable a un proyecto o actividad económica, el cual puede incluir leyes, reglamentos, licencias, requisitos laborales, ambientales y de seguridad, así como lineamientos sobre ética empresarial, adquisiciones y protección de datos (PMI, 2021).

3.2.16. Presupuesto

El presupuesto representa el cálculo financiero del proyecto, basado en estimaciones previas y necesidades identificadas. Incluye recursos asignados, fondos de reserva o contingencias, y debe ser gestionado cuidadosamente para cubrir gastos previstos e imprevistos durante la ejecución del proyecto (PMI, 2021).

Capítulo IV. Desarrollo de trabajo de suficiencia

4.1. Metodología Se procede a detallar la metodología aplicada para realizar el diseño y evaluación económica de un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para una instalación minera con actividad comercial en la extracción de minerales metalíferos no ferrosos ubicada en el distrito de Nasca provincia y departamento de Ica, que tiene la necesidad de generar 232.1 kW de energía eléctrica a partir de un grupo electrógeno abastecido únicamente con GLP con el fin de reducir la dependencia de combustibles líquidos contaminantes y costosos, como el diésel y la gasolina. Este proceso implica un enfoque sistemático que incluye la evaluación técnica del sistema de abastecimiento de GLP propuesto, análisis financiero y aseguramiento del cumplimiento normativo por parte de la empresa comercializadora de GLP, Llama Gas S.A., se representa en la Figura 8 el flujo para la atención del requerimiento del cliente.

4.1.1. Requerimientos del cliente

El proyecto inicia con el requerimiento del gerente general de una empresa minera, que establece una comunicación directa con el gerente y jefe comerciales de Llama Gas S.A. solicitando un sistema de abastecimiento de GLP que pueda alimentar un grupo electrógeno dedicado a GLP que cubra una demanda de 232.1 kW. El jefe comercial de Llama Gas S.A. deriva el requerimiento al ingeniero de desarrollo técnico (IDT) de Llama Gas S.A. para su evaluación técnica y económica.

4.1.2. Ingeniería básica

Para el desarrollo de este capítulo cabe mencionar que se realizaron una reunión vía electrónica, una reunión presencial en oficina ubicada en Lima y finalizando con una reunión en la instalación ubicada en Nazca obteniendo lo siguiente:

4.1.2.1. Información del sitio y contexto. En las reuniones establecidas se informó que el proyecto minero tendrá una ubicación de riesgo en la provincia de Nasca departamento de Ica y al no contar con energía eléctrica suministrada por el estado en

Nasca, se ha optado por utilizar un grupo electrógeno alimentado por un sistema de abastecimiento de GLP que genere 232.1 kW de energía eléctrica continua para una operación minera de 8 horas por día los 29 días de cada mes por al menos 5 años indicando que el artefacto a GLP, grupo electrógeno a GLP, debe ser proporcionado por Llama Gas S.A.

El IDT de Llama gas solicita al responsable de la empresa minera planos de ubicación de riesgo del proyecto, distribución de la ubicación de equipos mineros, memoria de cálculo de la máxima demanda de energía eléctrica requerida, requerimientos técnicos del grupo electrógeno.

La empresa minera brinda los datos antes mencionados de la ubicación como se muestra en la Figura 7, luego utilizando una página web como se muestra en la Figura 9 se estableció 903 m.s.n.m. como la altura de la ubicación de riesgo y en la Figura 10 se muestra el terreno donde se ubicará el sistema de abastecimiento de GLP y el grupo electrógeno a GLP.

Figura 7

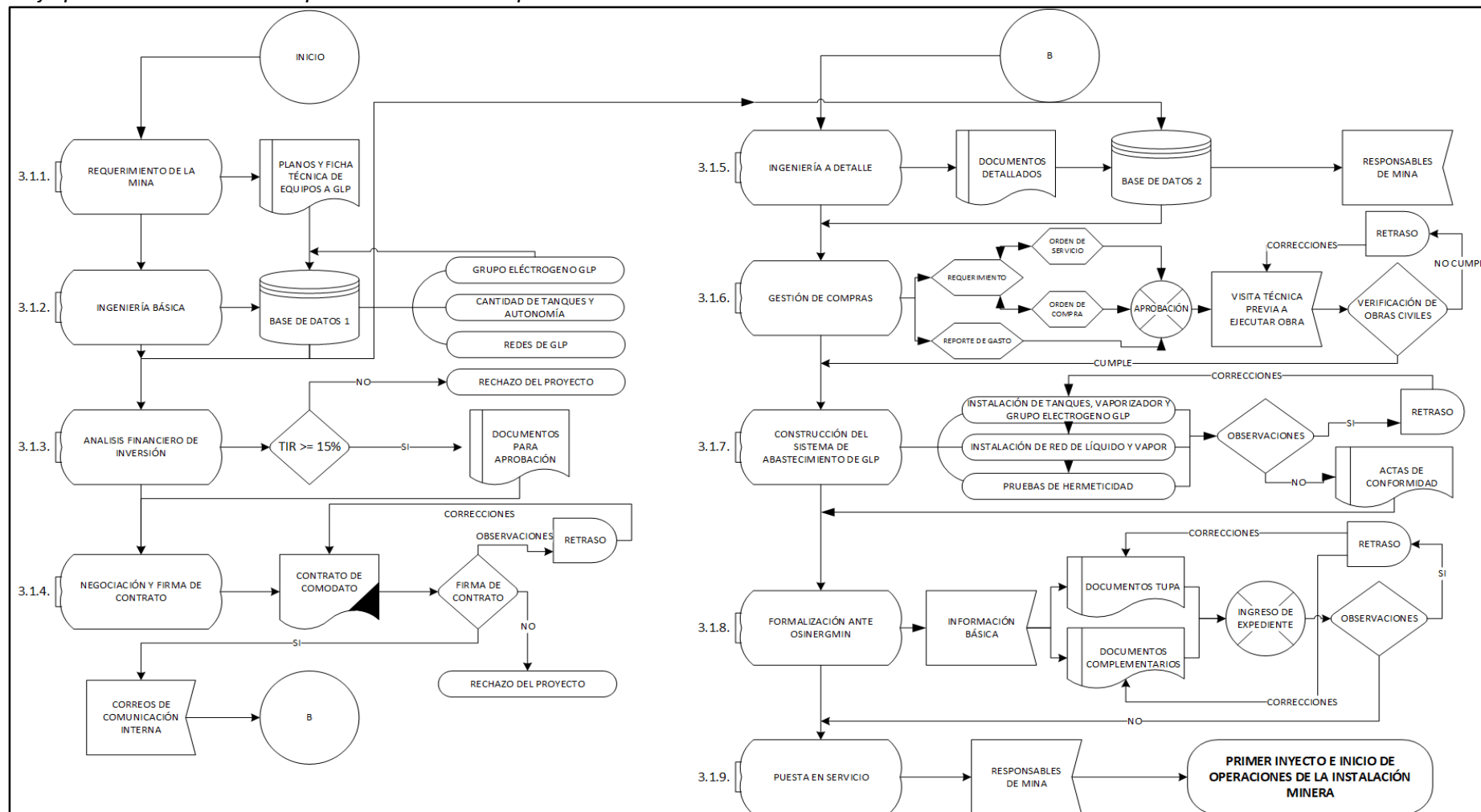
Ubicación de riesgo donde se instalará el sistema de abastecimiento de GLP



Fuente: Google Maps

Figura 8

Flujo para la atención del requerimiento de la empresa minera



Fuente: Elaboración Propia

Figura 9

Consulta de la altura de la ubicación de riesgo sobre el nivel del mar

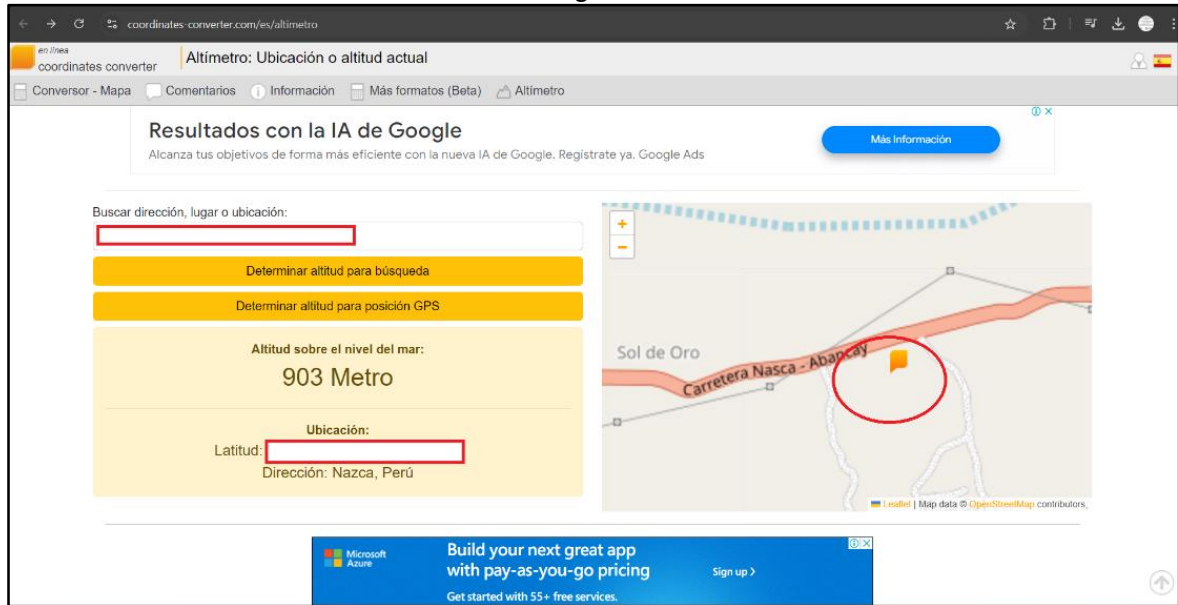


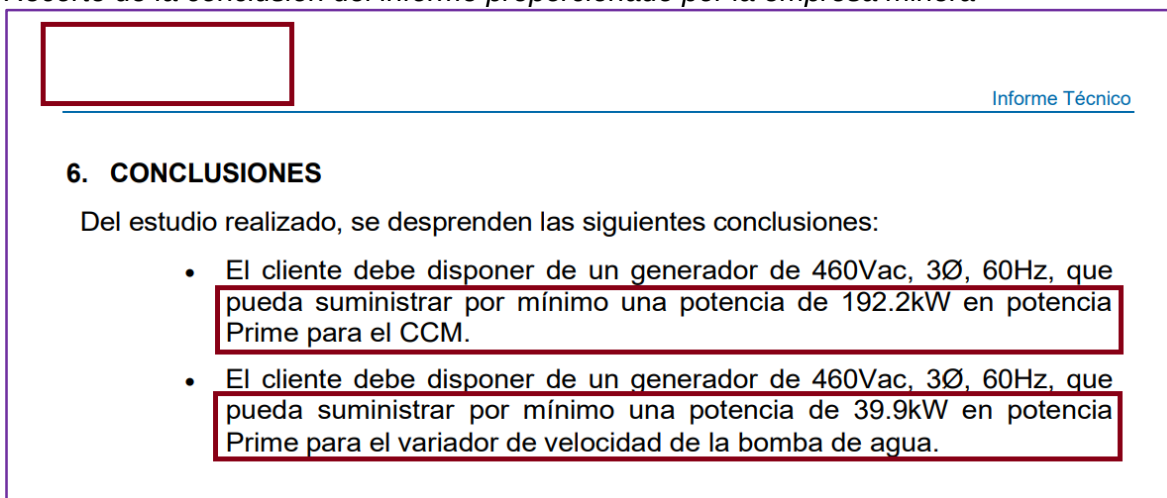
Figura 10

Terreno de la empresa minera donde será ubicado el sistema de abastecimiento de GLP



Figura 12

Recorte de la conclusión del informe proporcionado por la empresa minera



Fuente: comunicación interna entre Llama Gas y la empresa minera.

En la Figura 13, se muestra los requerimientos técnicos mínimos de condiciones de operación y sistema eléctrico que debe contar el grupo electrógeno a GLP que se instalará en la instalación minera, podemos concluir que la cantidad requerida es de un grupo electrógeno que trabajará a 460 volteos, en 3 fases con una frecuencia de 60 Hz de tipo encapsulado e insonorizado.

En la Figura 14 la empresa minera indica que el motor debe operar a una velocidad de 1800 rpm en un ciclo de 4 tiempos, el sistema de refrigeración es por agua con un radiador y ventilador integrado al eje del motor, el sistema de arranque debe ser electrónico, sistema de lubricación debe contar con filtros, sistema de protección de paradas automáticas por alta temperatura en el motor o refrigerante, baja presión de aceite y sobre velocidad; sin amargo, no especifican la potencia en Stand By.

Figura 13

Recorte del informe que indica parámetros de operación

CRITERIO DE DISEÑO ELÉCTRICO		Informe Técnico																									
		Revisión 0																									
		Octubre 2023																									
Preparado para:		Elaborado por:																									
<table border="1"><thead><tr><th>Revisión</th><th>Fecha</th><th>Elaborado por:</th><th>Firma</th><th>Revisado por:</th><th>Firma</th></tr></thead><tbody><tr><td>A</td><td>28/09/2023</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>B</td><td>03/10/2023</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>0</td><td>24/10/2023</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></tbody></table>				Revisión	Fecha	Elaborado por:	Firma	Revisado por:	Firma	A	28/09/2023					B	03/10/2023					0	24/10/2023				
Revisión	Fecha	Elaborado por:	Firma	Revisado por:	Firma																						
A	28/09/2023																										
B	03/10/2023																										
0	24/10/2023																										

GENERAL		
Nombre del equipo		Grupo Generador
Código o tag del equipo		
Cantidad requerida		1
CONDICIONES DEL SITIO		
Altura de trabajo	msnm	
Máxima temperatura ambiente promedio	°C	30
Mínima temperatura ambiente promedio	°C	2
Humedad relativa promedio	%	58
Condiciones Sísmicas	--	
Precipitación promedio anual	mm	
Máxima velocidad del viento	Km/h	
PARÁMETROS DEL SISTEMA ELÉCTRICO		
Voltaje	VAC	460 +/- 10%
Fases	--	3
Frecuencia	Hz	60 +/- 2.5%
Corriente de cortocircuito simétrico	kA	Ver documento Diagrama Unifilar
Tipo de sistema de puesta a tierra	--	Sólidamente aterrado
CONDICIONES DE OPERACIÓN		
Motor a combustión	--	
Condición de servicio	--	Prime
Potencia Prime	kW	
Fases	--	3 fases
Tensión	VAC	460
Interruptor termomagnético	--	Trifásico, con desconexión por sobrecarga y cortocircuito, incluye cables de fuerza conectados al alternador
Frecuencia	Hz	60
Regulación de tensión	--	± 1.5% entre vacío y plena carga
Instalación	--	Exterior
Altitud de instalación	msnm	
Tipo	--	Encapsulado e insonorizado

Fuente: comunicación interna entre Llama Gas y la empresa minera.

Figura 14

Recorte del informe que indica especificación técnica del motor

MOTOR		
Potencia Stand By	--	Por proveedor
Velocidad	rpm	1800
Ciclo de motor	--	4 tiempos
Sistema de admisión	--	Por proveedor
Refrigeración	--	Por agua, con bomba centrífuga, con radiador y ventilador integrado al eje del motor
Sistema de arranque	--	Eléctrico de 24 Vdc, motor de arranque y alternador de carga, incluye baterías y cargador de baterías
Sistema de combustible	--	Inyección directa, inyectores individuales por cada pistón - filtro reemplazable
Sistema de lubricación	--	Bomba de aceite accionado por engranajes - filtros reemplazables
Regulación de velocidad	--	Eléctrico
Sistema de protección	--	Parada automática por: alta temperatura del refrigerante, presión de aceite y sobrevelocidad
Sistema de escape	--	Silenciador tipo cilindro, incluye tuberías y bridas para su instalación
Baterías de arranque	--	Plomo ácido sulfúrico, especial para servicio pesado
Nivel de tensión de baterías	Vdc	24

Fuente: comunicación interna entre Llama Gas y la empresa minera.

En la Figura 15 la empresa minera indica que el generador debe ser tipo trifásico sin escobillas autorregulado y autoexcitado, una tensión de 460 VAC, a un factor de potencia de 0.8, de 3 fases adicionando el neutro, frecuencia de 60 Hz y una velocidad de 1800 rpm. En la Figura 16 se establece el requisito del tablero de control que debe ser fabricado bajo la NFPA 110 y en la Figura 17 se establece que el combustible debe ser suministrado por el proveedor.

Figura 15

Recorte del informe que indica especificaciones técnicas del generador

GENERADOR		
Tipo	--	Trifásico, sin escobillas, autoregulado, autoexcitado
Aislamiento rotor / estator	--	
Tensión	VAC	460
Factor de potencia	cosØ	0.8
Frecuencia	Hz	60
Velocidad	rpm	1800
Cojinetes	--	sellado y prelubricado
Fases	--	3 fases + neutro
Barras eléctricas	--	0
Juego de barras principales	--	SI
Barra de neutro	--	SI
Barra de tierra	--	SI
Tipo de excitación	--	
Regulador de voltaje	--	Tarjeta electrónica +/- 1,5% entre vacío y plena carga, con resina de protección contra vibraciones

Fuente: comunicación interna entre Llama Gas y la empresa minera.

Figura 16

Recorte del informe que indica especificaciones técnicas del tablero de protección y control

TABLERO DE PROTECCIÓN Y CONTROL (Incorporado al equipo GE)		
Norma de fabricación	--	NFPA 110
Gabinete metálico	--	
Pulsadores	--	
Protocolo de comunicación	--	
Switch Ethernet	--	

Fuente: comunicación interna entre Llama Gas y la empresa minera.

Figura 17

Recorte del informe que indica características del tanque de combustible

TANQUE DIARIO DE COMBUSTIBLE		
Ubicación	--	
Capacidad	gal	Por proveedor
Dimensiones internas (ancho, alto y profundidad)	m	Por proveedor
Espesor de plancha (doble pared)	mm	Por proveedor
Tiempo de abastecimiento (75% de carga)	h	Por proveedor
Suministro de combustible	--	Por proveedor
Tipo de suministro	--	Exterior
Camion cisterna para suministro	--	SI
Sistema de tuberías	--	SI
Acceso a tanque diario	--	Mediante válvulas
Aterramiento de camion cisterna	--	SI
Tiempo de llenado de tanque diario	h	Por proveedor
Sistema de alarma sonora y visual contra derrame	--	SI
Resistencia a prueba de llamas	--	SI

Fuente: comunicación interna entre Llama Gas y la empresa minera.

4.1.2.2. Información de stakeholders. Tras las reuniones establecidas se recopiló información identificando a las partes interesadas (*stakeholders*) sobre sus necesidades, expectativas y cualquier requisito específico que requiera el proyecto, se establecen de acuerdo con la Tabla 4 los *stakeholders* que representan al cliente (empresa minera), empresa proveedora del sistema de abastecimiento de GLP (Llama Gas S.A.) y la empresa supervisora de hidrocarburos (OSINERGMIN).

Tabla 4

Relación de Stakeholders y su posible impacto en el proyecto

ORGANIZACIÓN	EMPRESA MINERA		LLAMA GAS S.A.							OSINERGMIN		
CARGO	G.G. MINA	G.L. MINA	G.G. LLAMA GAS	G.C. LLAMA GAS	J.C. LLAMA GAS	S.S.C.C. LLAMA GAS	IDT LLAMA GAS	SMST	LET	JEFE REGIONAL	ESPECIALISTA OSINERGMIN	EMPRESA SUPERVISORA DE OSINERGMIN
PERSONA DE CONTACTO	JUAN P.	LETZER M.	YANINA C.	SONIA C.	ANDREA D.	LEEVY C.	VICTOR M.	MARCO C.	RUBEN T.	VICTOR P.	LI A.	CONSORCIO D.

Fuente: Elaboración Propia

- ✓ G.G. de Mina: Gerente General de mina
- ✓ G.L. de Mina: Gerente de logística de mina
- ✓ G.G. Llama Gas: Gerente General de Llama Gas S.A.
- ✓ G.C. Llama Gas: Gerente Comercial de Llama Gas S.A.
- ✓ J.C. Llama Gas: jefe comercial de Llama Gas S.A.
- ✓ S.C. Llama Gas: Supervisor comercial de Llama Gas S.A.
- ✓ IDT: Ingeniero de desarrollo técnico de Llama Gas S.A.

- ✓ SMST: Supervisor de mantenimiento y servicio técnico de Llama Gas S.A.
- ✓ LET: Líder de equipo técnico
- ✓ J.R. OSINERGMIN: jefe regional de OSINERGMIN
- ✓ E OSINERGMIN: Especialista de OSINERGMIN
- ✓ ES OSINERGMIN: Empresa supervisora de OSINERGMIN

Tras identificar a los *Stakeholders* se evalúan de acuerdo con su poder (Nivel de influencia y autoridad), interés (nivel de impacto y motivación) y expectativas (Nivel de cooperación y reacción) hacia el proyecto.

4.1.2.3. Información técnica. De acuerdo con la información brindada por el G.L. de mina, se evalúa el grupo electrógeno a GLP a instalarse asumiendo el valor de 232.1 kW como trabajo al 80% de carga continua estableciendo un grupo electrógeno a GLP de 290 kW de potencia continua o superior considerando una altura de instalación de 903 m.s.n.m. Para la evaluación del grupo electrógeno a GLP, se extrae las especificaciones técnicas de acuerdo con lo indicado en las Figuras 14, 15 y 16.

Se logra obtener grupos electrógenos comerciales como se muestra en la Figura 18, el modelo MGG450 cumple con el requerimiento y en la Figura 19 se visualiza las especificaciones técnicas del motor obteniendo datos del consumo de combustible en régimen continuo de GLP.

Figura 18

Selección de grupo electrógeno a GLP de 300 kW en potencia continua

SERIE INDUSTRIAL®	MGG155	MGG210	MGG280	MGG350	MGG450
Potencia Prime	132 kW	180 kW	236 kW	297 kW	360 kW
Potencia Continua	110 kW	150 kW	196 kW	247 kW	300 kW
Voltaje	440 - 480V				
Fases	Trifásico				
Factor de Potencia	0.8				
Frecuencia	60 Hz				
N° Cilindros	6 en Línea		8 en V	10 en V	12 en V
Aspiración	Turbocargado y Post Enfriado				
Desplazamiento	8.1 L	11 L	14.62 L	18.27 L	21.9 L
Sistema de Arranque	24VDC				
Velocidad	1,800 rpm				
Sistema de Enfriamiento	Enfriado por Agua y Radiador				
Dimensiones Cerrado	4.29 x 1.67 x 2.33 m	5.1 x 1.67 x 2.33 m	4.87 x 1.67 x 2.33 m	5.18 x 1.82 x 2.94 m	5.18 x 1.83 x 2.57 m
Peso Abierto	3,286 kg	3,307 kg	5,122 kg	5,532 kg	5,493 kg
Dimensiones en Carreta	6.83 x 2.59 x 3.15 m		7.25 x 2.59 x 3.09 m	7.25 x 2.59 x 3.68 m	6.43 x 2.5595 x 3.33 m
Peso Cerrado	4,375 kg	4,486 kg	6,560 kg	6,970 kg	6,931 kg
Instalación	Anclado a un min. de 1 mt de la edificación, requiere de 1 - 2 tramos de tubería de gases de escape y un ducto de aire caliente.				
Sistema Alimentación	Consumo de Gas @ 100% de carga Alimentación Dual Automática				
Presión de Entrada	10 - 20 psi	10 - 20 psi	10 - 20 psi	10 - 20 psi	30 - 50 psi
Gas Natural	30.9 m3/hr	40.5 m3/hr	71.7 m3/hr	90.2 m3/hr	129.2 m3/hr
GLP	58.3 lt/hr	72.7 lt/hr	94.6 lt/hr	151.8 lt/hr	124 m3/hr

Fuente: Extraído de (Rivera Diésel, 2018)

Figura 19

Recorte de ficha técnica de grupo electrógeno a GLP seleccionado

B. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL MOTOR		
– Marca	:	
– Tipo	:	Gas Natural/GLP, 4 Tiempos
– Gobernación	:	Electrónica
– Aspiración	:	Turbo cargado – Post Enfriado
– N° de Cilindros	:	12 cilindros en V
– Velocidad	:	1800 rpm
– Desplazamiento Total	:	21.9 L
– Ratio de Compresión	:	10.0:1
– Consumo de combustible aproximado en Régimen continuo - GN.		
Al 50%	:	52.2 m3/hr
Al 75%	:	70.8 m3/hr
Al 100%	:	89.4 m3/hr
– Consumo de combustible aproximado en Régimen continuo - GLP.		
Al 50%	:	50.9 m3/hr
Al 75%	:	67.7 m3/hr
Al 100%	:	84.4 m3/hr

Fuente: Extraído de (Rivera Diésel, 2024b)

En la Figura 19, la ficha técnica establece consumos de combustible para el grupo electrógeno a GLP aproximado en régimen continuo de 50.9 m³/h, 67.7 m³/h y 84.4m³/h correspondientes a una carga de 50%, 75% y 100% respectivamente; con el fin de establecer un punto de comparación se genera la Tabla 5 y se calcula el consumo de combustible para una carga de 232.1 kW en régimen continuo extrapolando los datos de carga y la conversión a galones/h se considera una mezcla comercializable de GLP al 60% propano y 40% butano, las densidades relativas se extraen los datos de la MSDS de Llama Gas Anexo 2 para realizar los siguientes cálculos:

De los datos brindados en la ficha técnica visualizados en la Figura 19, se interpola empleando la Ecuación (01) con el fin de hallar el consumo en galones/hora a 232.1 kW de potencia.

$$\frac{\text{Carga 100\%} - \text{Cargar al 75\%}}{\text{Consumo al 100\%} - \text{Consumo al 75\%}} = \frac{\text{Carga 100\%} - \text{Cargar al 77.40\%}}{\text{Consumo al 100\%} - \text{Consumo al 77.40\%}} \quad (1)$$

$$\frac{300 - 225}{84.4 - 67.7} = \frac{300 - 232.1}{84.40 - \text{Consumo al 77.40\% (321.1 kW)}}$$

$$\frac{75}{16.7} = \frac{67.9}{84.40 - \text{Consumo al 77.40\% (321.1 kW)}}$$

$$\text{Consumo al 77.40\% (232.1 kW)} = 84.40 - 15.12 = 69.28 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Para convertir de m³ de GLP vapor/h a galones de GLP/h, se inicia calculando la densidad del GLP vapor en una mezcla de 60% propano y 40% butano obteniendo de la Ecuación (3) el valor de 2.0832 kg/m³

$$\begin{aligned} \rho_{r \text{ GLP v (100,0)}} &= 1.52 \\ \rho_{r \text{ GLP v (0,100)}} &= 2.06 \\ \rho_{\text{GLP(60,40) v a CN}} &= \rho_{r \text{ GLP (60,40)}} \times \rho_{\text{aire a CN}} \\ \rho_{r \text{ GLP (60,40)}} &= \frac{\rho_{r \text{ GLP v (100,0)}} \times 60 + \rho_{r \text{ GLP v (0,100)}} \times 40}{(100)} = \frac{1.52 \times 60 + 2.06 \times 40}{(100)} \\ \rho_{r \text{ GLP (60,40)}} &= 1.736 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{aire a CN}} &= 1.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \rho_{\text{GLP(60,40) v a CN}} &= \rho_{r \text{ GLP (60,40)}} \times \rho_{\text{aire a CN}} = 1.736 \times 1.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2.0832 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\rho_{\text{GLP(70,30) v a CN}} = \rho_{r \text{ GLP (70,30)}} \times \rho_{\text{aire a CN}} = 1.682 \times 1.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 2.0186 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (4)$$

Se aplica la ecuación (05) para obtener el flujo másico de GLP en kg de GLP/h:

$$m \frac{\text{kg}}{\text{h}} = V \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \rho_{\text{GLP(60,40) v a CN}} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 69.28 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times 2.0832 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 144.32 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \quad (5)$$

Se utiliza la Ecuación (6) para obtener la densidad en kg de GLP/galones de GLP, y dividiendo la Ecuación (5) (flujo masa) sobre la Ecuación (6) (densidad expresada en kg/galón de GLP) se obtiene el flujo volumétrico de 71.27 galones de GLP/h que requerirá el grupo electrógeno a GLP a una potencia continua de 321.1 kW.

Para la obtención de la densidad de GLP:

$$\begin{aligned} \rho_{r \text{ GLP l (100,0)}} &= 0.505 \\ \rho_{r \text{ GLP l (0,100)}} &= 0.580 \\ \rho_{r \text{ GLP l (60,40)}} &= 0.535 \\ \rho_{\text{GLP l (60,40) a CN}} &= \rho_{r \text{ GLP l (60,40)}} \times \rho_{\text{H}_2\text{O}} \\ \rho_{\text{GLP l (60,40) a CN}} &= 0.535 \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 535 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \\ \rho_{\text{GLP l (60,40) a CN}} &= 535 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times \frac{1 \text{ m}^3}{264.17 \text{ galón}} = 2.025 \frac{\text{kg}}{\text{galón GLP (60,40)}} \end{aligned} \quad (6)$$

$$V \frac{\text{gal}}{\text{h}} = \frac{m \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{\rho_{\text{GLP}(60,40) \text{ a CN}} \frac{\text{kg}}{\text{gal}}} = \frac{144.32 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{2.025 \frac{\text{kg}}{\text{galón GLP}(60,40)}} = 71.27 \frac{\text{galón GLP}(60,40)}{\text{h}}$$

Tabla 5

Consumo del grupo electrógeno a GLP

% Carga	Carga en kW	Consumo m³/h GLP vapor	Consumo en galones de GLP/h
75	225,00	67.70	69.59
77.40	232.10	69.28	71.27
100	300,00	84.40	86.76

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 6 se muestra la comparación de un grupo electrógeno a diésel y GLP comerciales a una carga continua de 300 kW descartando el grupo electrógeno a gasolina al no ser comercializable para la capacidad requerida.

El grupo electrógeno a GLP tiene un valor comercial que septuplica el valor del grupo electrógeno a diésel y se busca alternativas como modificar el motor del grupo electrógeno diésel para que sea alimentado únicamente a GLP, tras ello se consigue una empresa que ha desarrollado conversiones a motores diésel a GLP hace 11 años aproximadamente comenzando por modificar buses de transporte público que cuenten con motores diésel y actualmente desarrollando ingeniería modificando motores de grupos electrógenos.

Tabla 6

Comparativo de grupo electrógeno a diésel y GLP

Característica	Grupo electrógeno a diésel	Grupo electrógeno a GLP
Potencia stand by (kW)	350	380
Potencia Prime (kW)	318	360
Potencia Continua (kW)	300	300
Tipo	encapsulado e insonorizado	encapsulado e insonorizado
Voltaje	460	460
Fases	3 + neutro	3 + neutro
Factor de potencia	0.8	No especifica
Sistema de refrigeración	Si	Si

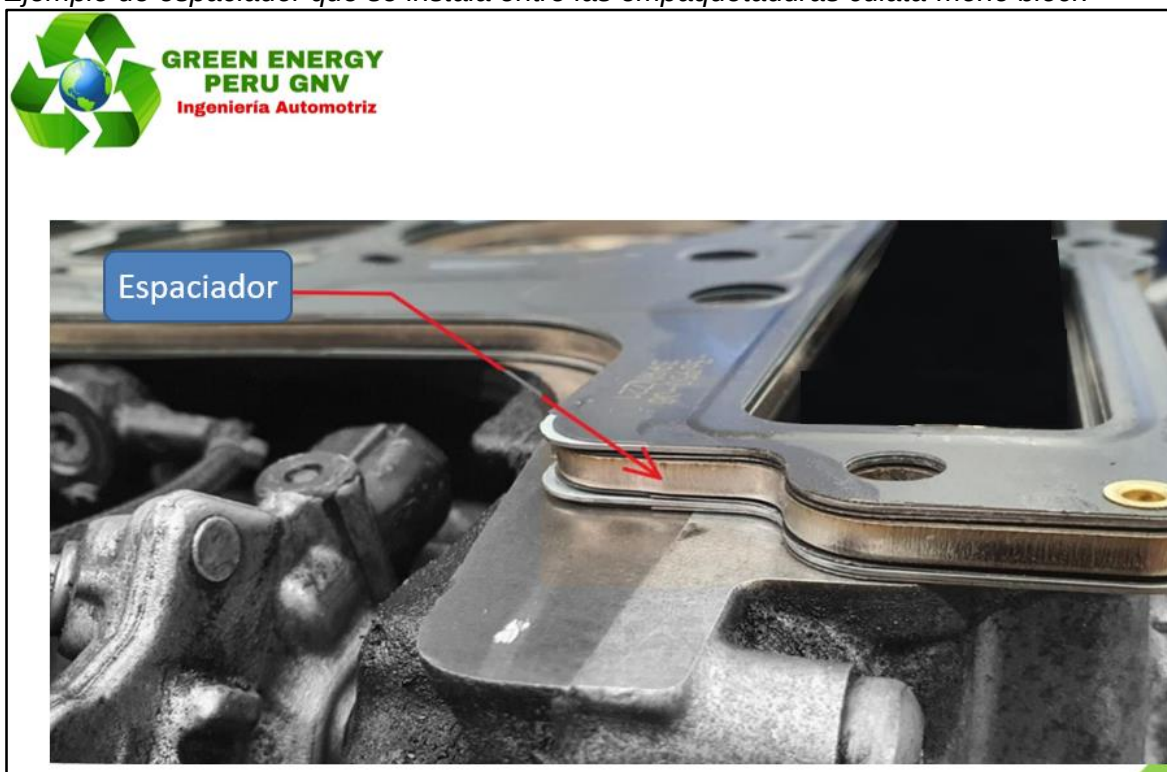
Sistema de protección	Si	Si
Tablero de control cumple NFPA 110	Si	Si
Consumo de combustible a una carga de 232.1 kW potencia continua	17.81 galones diésel/h	69.28 m3/h GLP equivalente a 71.27 galones vapor GLP/h
Presión de ingreso de combustible	14.7 PSI	30 – 50 PSI
Temperatura de ingreso de combustible (°C)	25	>15
Precio en dólares americanos (\$) referencial sin inc. IGV	40,877.50	300,807.00

Fuente: Elaboración Propia

Para iniciar la modificación del motor diésel a GLP la empresa realiza cálculos para reducir la relación de compresión del motor sin impactar la resistencia mecánica del mismo, es decir conservando la tolerancia. Una forma de reducir la relación de compresión es instalando un espaciador entre la culata y el *mono block* como se visualiza en la Figura 20, permitiendo mantener el diseño de fábrica y su propio traslado del pistón.

Figura 20

Ejemplo de espaciador que se instala entre las empaquetaduras culata-mono block



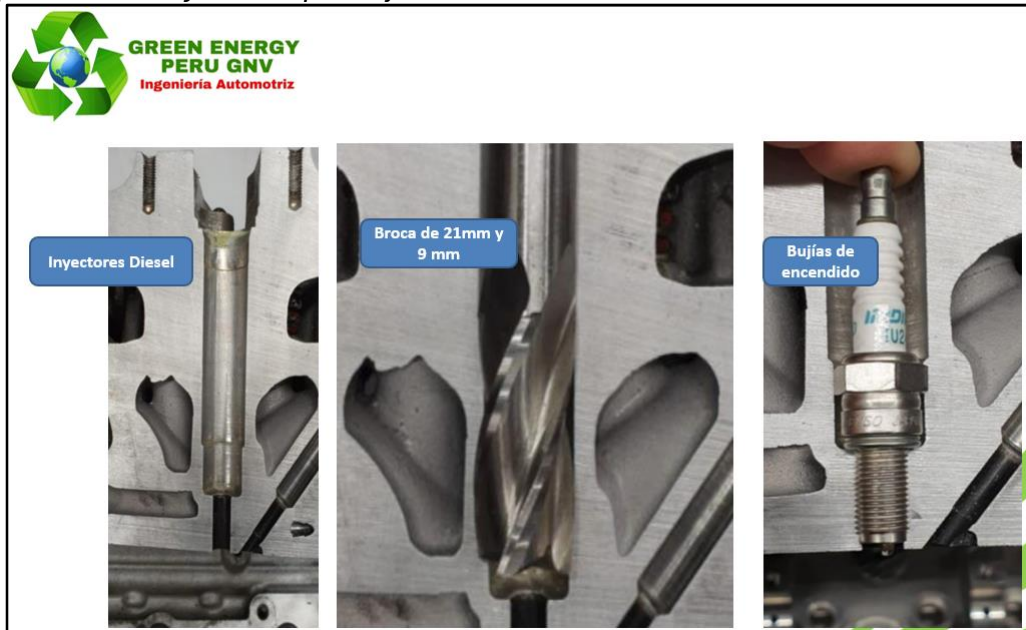
Fuente: Green Energy Perú GNV

Se continúa reemplazando los inyectores por bujías, usualmente se debe modificar la estructura de la culata para poder instalar las bujías de encendido utilizando las sedes de los inyectores de diésel originales como se visualiza en la Figura 21, se agrega un

cuerpo de mezclador de gases como se visualiza en la Figura 22 y un reductor de alto caudal con presión de trabajo de 8 bar equivalente a 117.6 PSI. Adicionalmente, la empresa indica que el consumo que tendría el grupo electrógeno a GLP es el equivalente energético del consumo del grupo electrógeno a diésel.

Figura 21

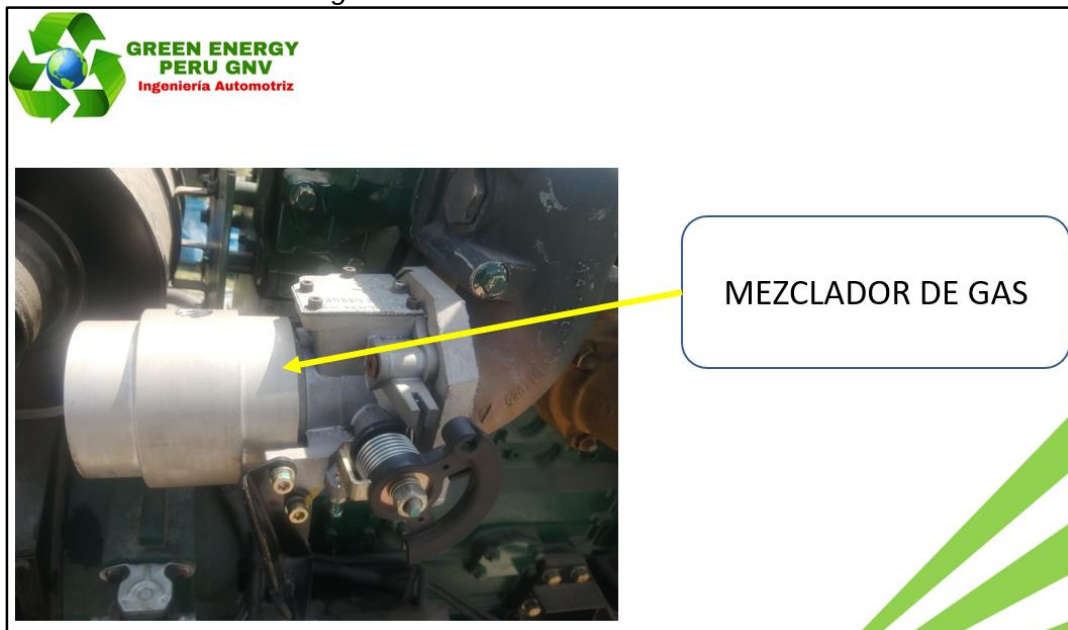
Remplazo de los inyectores por bujías de encendido



Fuente: Green Energy Perú GNV.

Figura 22

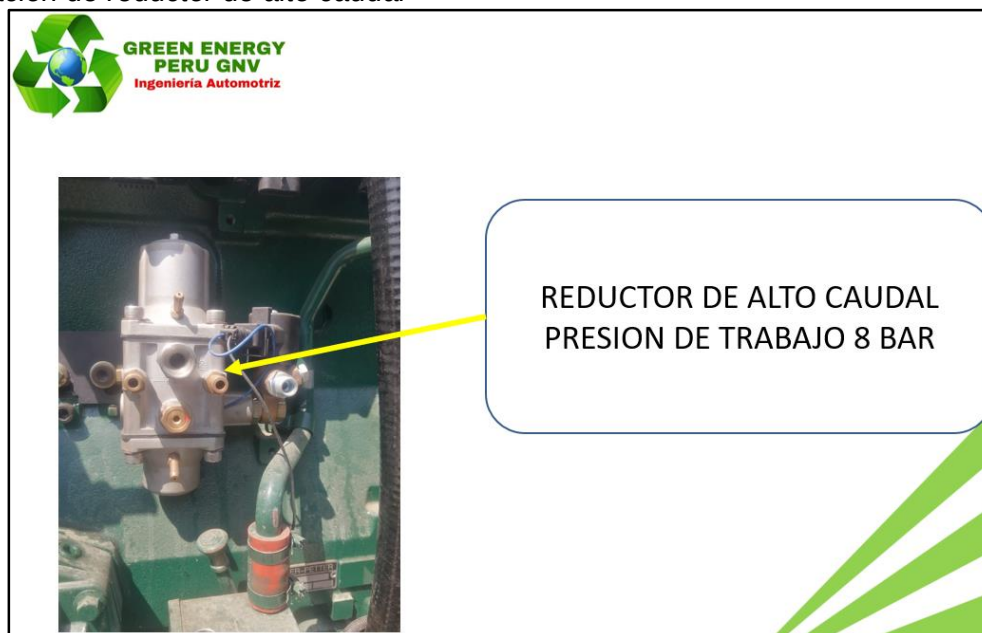
Instalación de mezclador de gases de alto caudal



Fuente: Green Energy Perú GNV

Figura 23

Instalación de reductor de alto caudal



Fuente: Green Energy Perú GNV

El IDT de llama gas envía la ficha técnica de un grupo electrógeno a diésel de una potencia continua de 300 kW y en régimen prime de 318 kW como se muestra en la Figura 24, con el fin de confirmar la posibilidad de convertir el grupo electrógeno de diésel a GLP, posterior a ello la empresa Green Energy Perú GNV valida la posibilidad de conversión del grupo electrógeno diésel a GLP.

Figura 24

Recorte de ficha técnica del motor del grupo electrógeno a diésel

1.1.2. Especificaciones técnicas del Motor	
– Marca	: WEICHA
– Modelo	: WP13D385E201
– Ciclo	: 4 tiempos
– Gobernador de combustible	: Electrónica
– Bomba de inyección	: Mecánica
– Sistema de Inyección	: Semi electrónica
– N° de Cilindros	: 6 en Línea
– Desplazamiento Total	: 12.54 L
– Ratio de Compresión	: 17:1
– Potencia Stand By	: 350 kW
– Potencia Continua	: 300 kW
– Consumo de combustible aproximado en Régimen Prime	
Al 75%	: 18.38 Gls/h
Al 100%	: 25.47 Gls/h
– Autonomía de trabajo al 75%	: 10 Horas

Fuente: Extraído de (Rivera Diésel, 2024a)

El IDT de Llama Gas S.A. evalúa la experiencia de la empresa que convierte el motor diésel a GLP y verifica los trabajos realizados por dicha empresa y con la posibilidad de conversión se modifica la Tabla 6 y se genera la Tabla 7 incluyendo un grupo electrógeno diésel convertido a GLP (alternativo) con el fin de reducir el costo del grupo electrógeno a GLP inicialmente evaluado, adicionalmente se considera el consumo del grupo electrógeno convertido a GLP el equivalente energético en diésel.

Para la elaboración de la Tabla 7, se emplea la Ecuación (7) para conseguir el consumo de galones de diésel/h a una carga de 232.1 kW nos da como resultado 17.81 galones diésel/h, este valor usando los poderes caloríficos superiores del combustible diésel, se obtiene la equivalencia energética en GLP.

$$\frac{\text{Carga 100\%} - \text{Cargar al 75\%}}{\text{Consumo al 100\%} - \text{Consumo al 75\%}} = \frac{\text{Carga 100\%} - \text{Cargar al 73\%}}{\text{Consumo al 100\%} - \text{Consumo al 73\%}} \quad (7)$$

$$\frac{318 - 238.5}{25.47 - 18.38} = \frac{318 - 232.1}{25.47 - \text{Consumo al 73\% (321.1 kW)}}$$

$$\frac{79.5}{7.09} = \frac{85.9}{25.47 - \text{Consumo al 73\% (321.1 kW)}}$$

$$\text{Consumo al 73\% (321.1 kW)} = 25.47 - 7.66 = 17.81 \frac{\text{galones diésel}}{\text{h}}$$

Tomando el valor publicado en los reportes del U.S. Department of Energy tenemos que el poder calorífico del diésel ($PCS_{\text{Diésel}}$) es 129,500 BTU/galón diésel y el poder calorífico inferior del diésel ($PCI_{\text{Diésel}}$) es 123,710 BTU/ galón diésel (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2025).

De la misma manera se emplea los reportes del U.S. Department of Energy teniendo como valores oficiales a un estándar de 60°F y 1 atm lo siguiente:

- Poder calorífico superior del GLP 100% propano ($PCS_{(100,0)}$): 91,633
- Poder calorífico inferior del GLP 100% propano ($PCI_{(100,0)}$): 83,720
- Poder calorífico superior GLP 100% butano ($PCS_{(0,100)}$): 102,032
- Poder calorífico inferior GLP 100% butano ($PCI_{(0,100)}$): 92,181

Se toma el valor del poder calorífico de la mezcla al 60% propano y 40% butano y se procede a calcular el PCS y PCI del GLP de la mezcla empleando las ecuaciones 8-a y 8-b.

$$P\dot{C}S_{GLP(60,40)} = 0.6xPCS_{(100,0)} + 0.4xPCS_{(0,40)} \quad (8-a)$$

$$P\dot{C}S_{GLP(60,40)} = 0.6x91,633 + 0.4x102,032 = 95,793 \frac{BTU}{gal\acute{o}n_{GLP(60,40)}}$$

$$P\dot{C}I_{GLP(60,40)} = 0.6xPCI_{(100,0)} + 0.4xPCI_{(0,40)} \quad (8-b)$$

$$P\dot{C}I_{GLP(60,40)} = 0.6x83,720 + 0.4x92,181 = 87,104 \frac{BTU}{gal\acute{o}n_{GLP(60,40)}}$$

Se calcula la energía requerida por el grupo electrógeno a diésel en régimen prime en galones de GLP/h a una carga de 232.1 kW, esto se consigue multiplicando el flujo de ingreso de combustible por el poder calorífico inferior del diésel en concordancia con la Ecuación (9).

$$Energía \frac{BTU}{h} = 17.81 \frac{gal\acute{o}n \text{ diésel}}{h} \times 123,710 \frac{BTU}{gal\acute{o}n \text{ diésel}} = 2,203,275.1 \frac{BTU}{h} \quad (9)$$

Obtenida la energía requerida por el grupo electrógeno diésel de 2,203,275.1 BTU/h se divide entre el poder calorífico inferior del GLP mezcla en concordancia con la Ecuación (10). para obtener el flujo de GLP que requiere el grupo electrógeno diésel convertido a GLP, siendo este valor de 25.3 galones de GLP/h.

$$Consumo \frac{gal\acute{o}n \text{ GLP}}{h} = \frac{2,203,275.1 \frac{BTU}{h}}{87,104 \frac{BTU}{gal\acute{o}n \text{ GLP}}} = 25.30 \frac{gal\acute{o}n \text{ GLP}}{h} \quad (10)$$

Tabla 7

Consumo del grupo electrógeno diésel convertido a GLP

% Carga	Carga en kW	Consumo en galones de diésel/h	Consumo en galones de GLP/h
100	318	25.47	36.17
75	238.50	18.38	26.10
73	232.10	17.81	25.30

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo con la Tabla 8, se ha logrado reducir en un 82.92% el costo del grupo electrógeno a GLP; sin embargo, estos grupos electrógenos a GLP difieren en consumo de combustible, presión de ingreso de combustible, temperatura de trabajo del combustible

y ante ello se debe diseñar un sistema de abastecimiento de GLP que cumpla el requerimiento de cada grupo electrógeno.

Tabla 8

Comparativo de grupo electrógeno a diésel, convertido y GLP

Característica	Grupo electrógeno a diésel	Grupo electrógeno a GLP ^B (convertido de diésel)	Grupo electrógeno a GLP ^A
Potencia stand by (kW)	350	350	380
Potencia Prime (kW)	318	318	360
Potencia Continua (kW)	300	300	300
Tipo	encapsulado e insonorizado	encapsulado e insonorizado	encapsulado e insonorizado
Voltaje	460	460	460
Fases	3 + neutro	3 + neutro	3 + neutro
Factor de potencia	0.8	0.8	0.8
Sistema de refrigeración	Si	Si	Si
Sistema de protección	Si	Si	Si
Tablero de control cumple NFPA 110	Si	Si	Si
Consumo de combustible a una carga de 232.1 kW potencia continua	17.81 galones diésel/h	25.30 galones GLP/h	69.28 m3/h GLP vapor equivalente a 71.27 galones GLP/h
Presión de ingreso de combustible	14.7 PSI	20 – 80 psi	30 – 50 psi
Temperatura de ingreso de combustible (°C)	25	> 50	>15
Precio en dólares (\$) referencial sin inc. IGV	40,877.50	51,377.50	300,807.00

Fuente: Elaboración Propia

En primer lugar, se evalúa el sistema de abastecimiento de GLP para el grupo electrógeno de GLP^A en un archivo Excel versión 25.11.2022 que se alimenta con los datos de poder calorífico del GLP (BTU/galón), densidad (kg/galón), consumo del equipo en BTU/h o kW/h, factor de servicio del equipo, horas de trabajo, días de trabajo por mes, meses trabajados por año, tipo de tanques (aéreos o soterrados), tipo de instalación (mina o ciudad), cantidad de tanques y vaporizador.

Con los datos insertados obtenemos la Figura 25 con los siguientes resultados: la cantidad de tanques a instalarse es de cuatro tanques de 1,000 galones de capacidad de almacenamiento de GLP cada uno, dos vaporizadores de fuego directo de capacidad 80/40

galones cada uno, el consumo estimado por el grupo electrógeno a GLP^A es de 358.60 TM/año cumpliendo una frecuencia de abastecimiento de GLP cada 4 días.

Figura 25

Memoria de cálculo de capacidad agregada de GLP de la instalación para alimentar un grupo electrógeno a GLP^B

CUADRO DE CALCULO CAPACIDAD DE TANQUE Y DIAS DE AUTONOMIA															LLAMA GAS V 25.11.2022		
1.-NOMBRE DEL PROYECTO:																	
2.-DATOS TECNICOS:																	
2.1.-CONSUMO DE EQUIPOS																	
Item	Ctd	Equipo	Consumo Btu/h	Kw	Potencia de Equipos Btu/h	F.Serv. %	Total Btu/h	Consumo gal/h	m3/h	1er	2do	3er	h/dia	gal/dia	dias/mes	gal/mes	gal/año
1	1	GRUPO ELECTROGENO A GAS DE 300 KW CONTINUO	8.557.756		8.557.756	80	6.846.205	71,27	0,270	3,00	3,00	2,00	8,0	570,16	29	16534,64	
2					0	0	0	0,00	0,000				0,0	0,00		0,00	
3					0	0	0	0,00	0,000				0,0	0,00		0,00	
4					0	0	0	0,00	0,000				0,0	0,00		0,00	
Total			8.557.756		8.557.756		6.846.205	71,27	0,27					570,16		16534,64	198415,68
F. Seguridad 20%							8.215.446										
3.-DETERMINACION DE ALMACENAMIENTO:																	
3.1.-NUMERO Y CAPACIDAD DE TANQUES POR VAPORIZACION NATURAL:																	
Vaporización natural al: 20%																	
Consumo estimado al año: 401,79 TM/AÑO															Factor de corrección		
Estimación de cantidad de inyectos al año al 80% 62,00															369,65		
# de tanques: 4 [Und]															Aereo (0)		
Capacidad: 1000 [Gal]															Soterrado (1)		
Cap. de Vaporización: 7.634.348 [BTU/h]															0		
Razon de vaporización: 0,90 <1																	
3.2.-NUMERO Y CAPACIDAD DE TANQUES POR CONSUMO:																	
Inst. con vaporizador: SI															Mina (0)		
% max de utilización: 60%															Cuidado (1)		
Capacidad de utilización: 2400 [Gal]															0		
3.3.-DIAS DE AUTONOMIA:																	
CILINDROS																	
# de cilindros: 1 [Und]															Frec. Inyectos Min.		
Capacidad: 1000 [Gal]															4		
800.000,00 [BTU/h]															T °C		
0,116853															15,56		
Considerando al 20% de volumen (80,000 btu/h)																	
4.-DETERMINACION DE CAP Y # DE VAPORIZADORES																	
Altura de instalación: 900 (msnm)															Cap Unidad		
% de pérdida: 4%															12000		
Vaporización requerida: 6.846,20 [MMBTU/h]																	
#Vaporizadores: 2 [Und]															MODELO		
Vaporizador Algas EQ. 7,2 [MMBTU/h]															80/40		
Vaporizador Ransome EQ. 4,6 [MMBTU/h]															RH 50		
Explicación del criterio de selección del tanque:																	
Tienen que instalar 4 Tanques de 1000 galones de capacidad c/u. O el equivalente de otra capacidad de acuerdo a lo indicado por las normas de seguridad y el espacio físico para el tanque o tanques.																	
Condiciones:																	
1.- SI CUMPLE CON LA CAPACIDAD DE VAPORIZACION NATURAL																	
2.- SI CUMPLE CON EL INDICE DE ROTACION DE TANQUES CON UNA FRECUENCIA APROXIMADA DE 4,21 DIAS																	

Fuente: Elaboración Propia

Para la selección de tuberías se trabajará con datos de GLP dados en la NTP 321.121 - 2008 rev. 2013 y considerando un factor de servicio del equipo del 100 % como se muestra en la Figura 26, al ser una instalación típica de instalación se desarrollará con tubería de acero SCH 80 de diámetro ½" para la compensación de vapor, tubería de acero SCH 80 de diámetro de 2" para interconexión de líquido de tanques a vaporizadores, línea de interconexión de consumo en cobre tipo "L" de diámetro de 2" aguas abajo de tren de regulación de primera etapa, aguas arriba del tren de regulación de primera etapa en tubería de cobre tipo "L" de diámetro de 2" enterrada hasta válvula de corte de 2" para conexión de grupo electrógeno

Se realiza la ubicación del sistema de abastecimiento en el plano de distribución de equipos brindado por la empresa minera como se visualiza en la Figura 27, se realiza el isométrico a mano alzada del sistema de abastecimiento de GLP incluyendo el grupo electrógeno a GLP^A como se visualiza en la Figura 28, en la Figura 29 se detallan las obras civiles a realizar por parte de la empresa minera y en la Figura 30 se detalla las obras civiles de la base de concreto para el grupo electrógeno a GLP^A.

Figura 26

Memoria de cálculo para el diámetro de tubería para alimentar un grupo electrógeno a GLP^A

CUADRO DE CALCULO CAPACIDAD DE TANQUE Y DIAS DE AUTONOMIA

LLAMA GAS V 25.11.2022

1.-NOMBRE DEL PROYECTO:

UBICACIÓN:

1.-DATOS DE GLP

Densidad ficticia ds: 1,26

Poder Calorífico Superior: 96.500

2.-DIAMETROS PARA MEDIA Y ALTAS PRESIONES:

Fórmula de Bernoulli: $D^{4.82} = 48.6 \times ds \times L \times (P_{1,abs}^2 - P_{2,abs}^2) \times Q^{1.82}$

Primera Condición a cumplir: $Q/D < 150$

Segunda Condición a cumplir: $R = T \times Q/D < 2X10^6$ donde T = 77000

Presión inicial 30 PSI = 2,11 kg/cm²

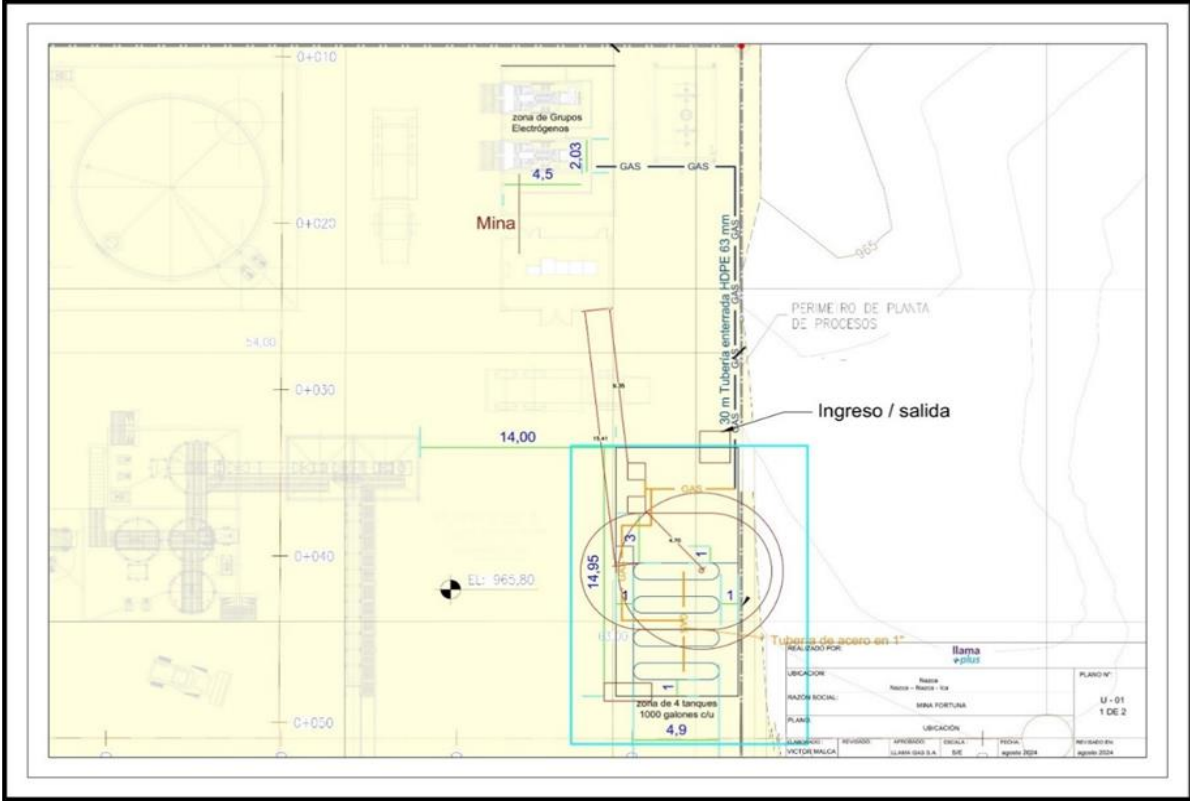
Tipo de Material	
Cobre Tipo L (1)	1
Cobre Tipo K (2)	
Acero Carbono 40 (3)	
Acero Carbono 80 (4)	
HDPE (5)	
PE AL PE (6)	

Tramo	Longitud Real (m)	Longitud Equivalente (m)	Qreal (BTU/h)	Q c.n. (BTU/h)	Q c.n. (m ³ /hora)	Dímetro nominal (pulg)	Dímetro interior (mm)	P _{1,abs} (kg/cm ²)	Q ^{1.82} /D ^{4.82}	ds x Le x 48,6	P _{1,abs} - P _{2,abs}	P _{1,abs} (kg/cm ²)	P _{1,relativa} (kg/cm ²)	Presión de trabajo calculo	Presión de equip po	Max. 15%	% Acumulado = (P _{1,rel} /P _{1,rel})	Q/D < 150	R = T x Q/D < 2 x 10 ⁶	Sección de tub (int 2)	Velocidad (m/s)	Max. 70 m/s
A-B	35,00	42,00	8557755,94	8557755,94	88,68	2	50,42	3,142	0,00	2571,91	0,06	1,13	2,10	29,87	30,00	0,44%	1,76	126639,99	0,00	13,34		

Fuente: Elaboración Propia

Figura 27

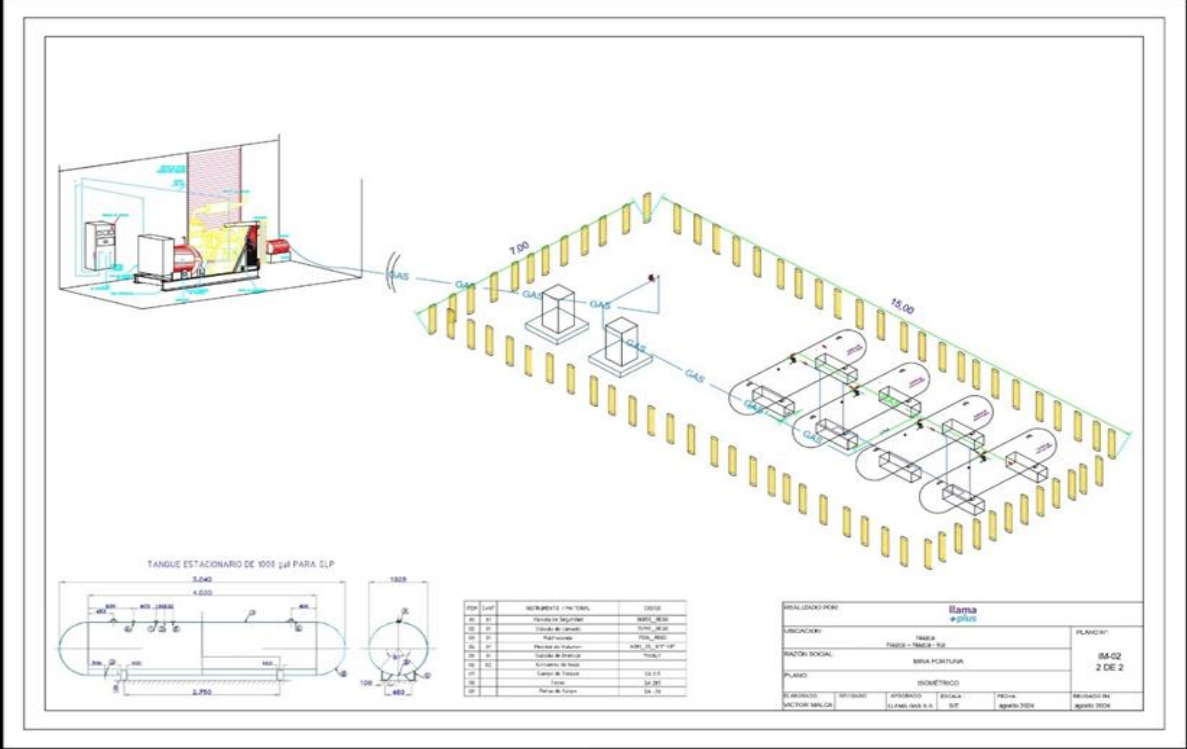
Plano de distribución de los tanques de almacenamiento de GLP^A



Fuente: Elaboración Propia

Figura 28

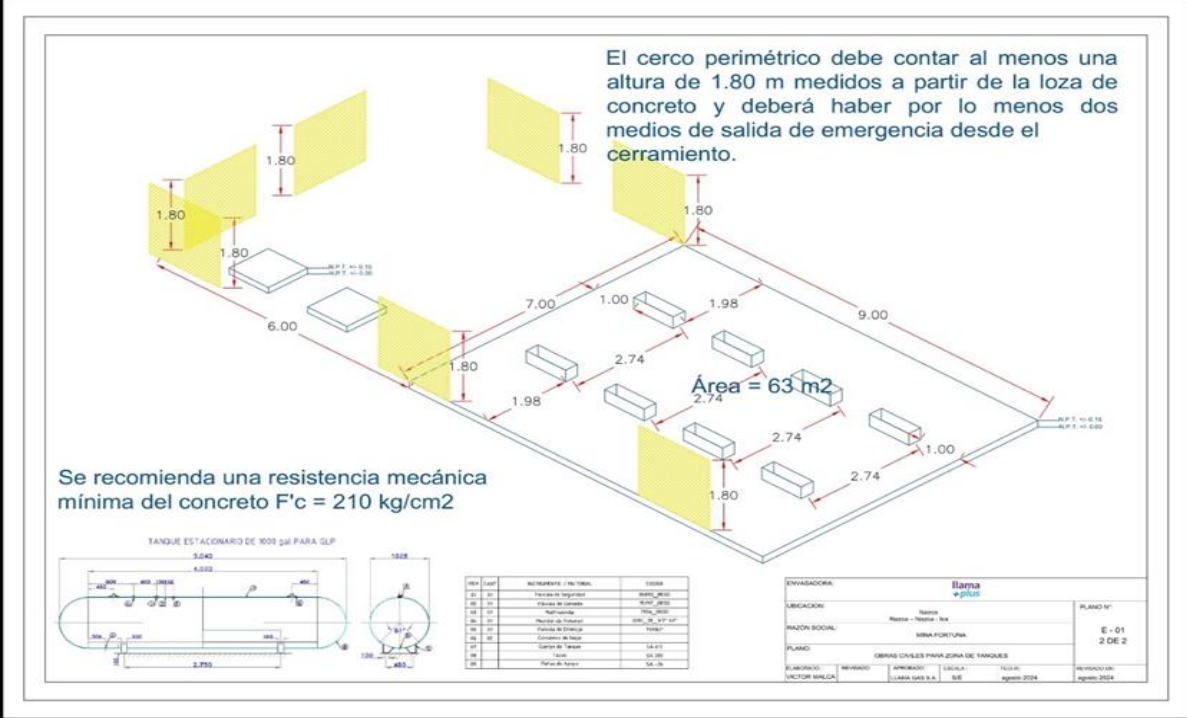
Plano isométrico de distribución de los tanques de almacenamiento de GLP^A y vaporizadores de fuego directo



Fuente: Elaboración Propia

Figura 29

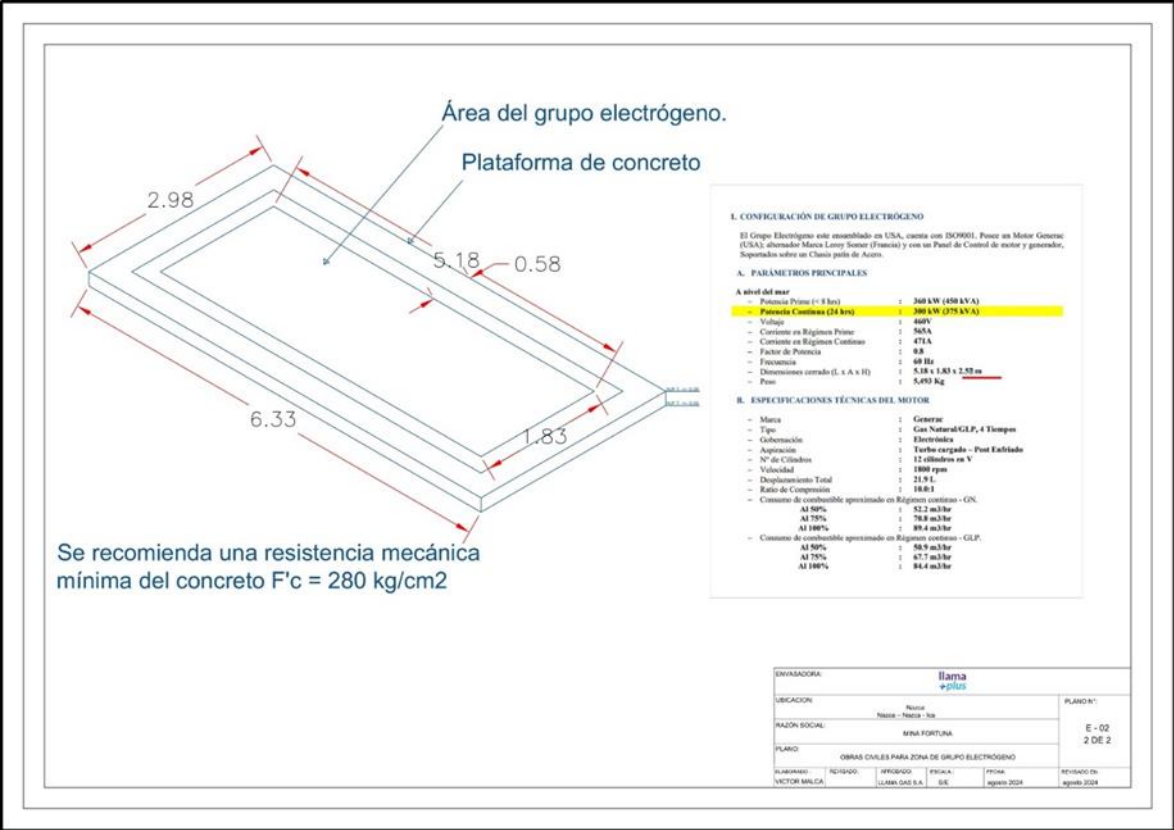
Plano de obras civiles para los tanques de almacenamiento de GLP^A y vaporizadores



Fuente: Elaboración Propia

Figura 30

Base de concreto para el grupo electrógeno a GLP^A



Fuente: Elaboración Propia

El IDT, SMST y el LET desarrollan la lista de materiales a mano alzada a emplearse como se muestra en la Tabla 9 y el SMST de Llama Gas S.A. procede a cotizar, se adiciona costos de traslado de equipos, horas hombre para la instalación de las redes obteniendo la Tabla 10.

Tabla 9

Lista de materiales a emplearse en el sistema de abastecimiento de GLP^A

Material	Cantidad	Material	Cantidad
Válvula hidrostática Rego 3129U de 450 psi	07	Acople de retorno	02
Válvula de alivio de presión marca Rego modelo 3138-38	01	Tapón macho de 1" FN 300 lb	01
Manómetro 0-60 psi	02	Reducción Bushing 1" x 1/2" 300 lb	13
Manómetro 0-300 psi	06	Codo de 1/2" FN 300 lb	08
Acople de manómetro 1/8" x 1/4"	04	Niple de 1/2" x 2" FN Sch 80	08
Válvula marca Apollo 1"	16	Niple de 1/2" x 3" FN Sch 80	08
Válvula marca Apollo 1/2"	12	Unión universal de 1/2" FN 300 lb	04
Válvula marca Apollo 3/4"	02	Reducción Campana de 1" x 2" FN 300 lb	08
Válvula marca Bonomi 2"	02	Tubo de PVC de 2"	01
Válvula marca Bonomi 1"	02	Tubo de PVC de 1-1/4"	01
Regulador marca Rego modelo 1588VL	02	Cinta teflón amarillo	50
Abrazadera bline 2"	20	Reducción Bushing de 2" x 1/2" FN 300 lb	02
Abrazadera bline 1"	10	Tee de 2" FN 300 lb	06
Chicote de cobre 1/2" x 12"	04	Codo de 2" FN 300 lb	16
Filtro yee de 3/4"	02	Reducción Bushing 1" x 3/4" FN 300 lb	06
Riel bajo	02	Reducción Bushing 1/2" x 1/4" FN 300 lb	05
Riel alto	02	Manómetro 0-100 psi	01
Tubería de FN de 2" Sch 80	06	Perno de anclaje de 1/2" x 3"	16
Tubería de FN de 1/2" Sch 80	01	Tuerca de 1/2"	16
Tubería de FN de 1" Sch 80	02	Arandela de 1/2"	16
Acople de drenaje 3/4"	04	Tarugo naranja	80
Tubería Cu de 2" tipo L	30 m	Tirafon de 1/4" x 1-1/2"	80
Tubería de Cu de 2" tipo L	01	Arandela de 5/16"	80
Adaptador macho bronce de 2"	02	Disco de metal	04
Unión universal macho bronce de 2"	02	Pintura amarilla <i>gloss</i>	1/2
Tee de cobre de 2"	04	Base zincromato	1/2
Codo de cobre de 2"	04	<i>Thinner</i>	01
Varilla para soldar 5% de plata	20	Trapo industrial	03 kg
Tee de 1" FN 300 lb	19	Esponja	12
Codo de 1" FN 300 lb	10	<i>Sticker</i> vapor, líquido	14
Niple de 1" x 2" FN Sch 80	16	Cemento	10 kg
Niple de 1" x 3" FN Sch 80	10	Tubo de PVC 4"	1/2
Niple de 1" x 4" FN Sch 80	06	Codo Cu 2"	02
Niple de 1" x 6" FN Sch 80	06	Unión Cu 2"	02
Unión universal de 1" FN 300 lb	18	Transición Cu/FN de 2"	02

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 10

Presupuesto de materiales a instalarse en el sistema de abastecimiento de GLP^A

Datos del Cliente:

Cliente

Giro de Negocio

Contacto

Dirección

Formato de Pago

Comprobante Fct/Bol

DNI

Celular

Mineria

Actividad

GE-A

Horas de trabajo

3,758

Tipo de Cambio

30%

Porcentaje de incremento % A

10%

Imprevistos

10%

Porcentaje de incremento % B

10%

Resumen de Costos

S/ 40,000.00

S/ 35,000.00

S/ 30,000.00

S/ 25,000.00

S/ 20,000.00

S/ 15,000.00

S/ 10,000.00

S/ 5,000.00

S/ 0.00

Materiales

Personal Técnico

Movilidad

Compra de Activos

Servicios

Costo Total (sin IGV)

Resumen de Costos:

Materiales

S/ 17,890.56

Personal Técnico

S/ 3,660.00

Mano de Obra

S/ 3,660.00

Viáticos

S/ 1,080.00

Hospedaje

S/ 1,620.00

Movilidad

S/ 1,310.00

Combustible

S/ 1,030.00

Cochera

S/ 180.00

Peaje

S/ 100.00

Compra de Activos

S/ -

Tanque(s)

S/ -

Vaporizador(es)

S/ -

Decantador

S/ -

Servicios

S/ -

Grúa

S/ -

Firmas

S/ -

Elaboración de Planos

S/ -

Legalización de libro

S/ -

Andamios

S/ -

MMEB

S/ -

EAEA

S/ -

Otras Facilidades

S/ -

Costo Total (sin IGV)

S/ 25,560.56

Venta (sin IGV)

Utilidad (sin IGV)

Indicador venta/costo

Margen de Ganancia

Categoría	Código del ítem/commodity	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Base 1	Al tipo de Cambio	Precio Base 2	Precio Total	
CONSUMIBLE	2501010077	BASE AL ACEITE GRIS	0.5	GLN	-	-	75.00	37.50	
	1201010004	THINNER	1	GLN	-	-	45.00	45.00	
	3002010131	ESPONJA	12	UND	-	-	3.50	42.00	
	0402010086	TRAPO INDUSTRIAL	3	KG	-	-	5.20	15.60	
		TARUGO NARANJA	80	UND	\$ 0.03	0.11	-	9.02	
		TIRAFON 1/4" X 1-1/2"	80	UND	-	-	0.40	32.00	
		ARANDELA 5/16" PLANA	80	UND	-	-	0.40	32.00	
		CINTA TEFLON AMARILLA	50	UND	\$ 0.54	2.03	-	101.47	
		DISCO DE CORTE	4	UND	-	-	6.00	24.00	
		STICKER LINEA DE GAS 25 X 2 CM - VAPOR	14	UND	-	-	0.50	7.00	
MANOMETROS		MANOMETRO 0-60 PSI SECO	2	UND	\$ 6.75	25.37	-	50.73	
		MANOMETRO 0-300 PSI SECO	6	UND	\$ 6.75	25.37	-	152.20	
		MANOMETRO 0-100 PSI SECO	1	UND	\$ 6.75	25.37	-	25.37	
VALVULAS DE CORTE		VALVULA APOLLO 1/2"	12	UND	\$ 19.49	73.25	-	879.99	
		VALVULA APOLLO 3/4"	2	UND	\$ 43.50	163.47	-	326.95	
		VALVULAS DE EXCESO DE FLUJO PARA LIQUIDO A3282C	4	UND	\$ 66.00	248.03	-	992.11	
		VALVULA APOLLO 1"	20	UND	\$ 36.44	136.94	-	2,738.88	
		VALVULA BONOMI 1"	2	UND	\$ 32.40	121.76	-	243.52	
ADAPTADOR		VALVULA BONOMI 2"	2	UND	\$ 95.40	358.51	-	717.03	
		ADAPTADOR PARA DRENAJE 7590U-10	4	UND	\$ 16.95	63.69	-	254.78	
CHICOTE POOL		ADAPTADOR DE BRONCE PARA MANOM.	4	UND	\$ 1.20	4.52	-	18.09	
		CHICOTE POOL COBRE 1/2" X 12"	4	UND	\$ 5.39	20.26	-	81.02	
VALVULAS DE TANQUE		ADAPTADOR PARA VALVULA DE RETORNO	2	UND	\$ 35.00	131.53	-	263.06	
		VALVULA DE ALIVIO 3139-38	1	UND	\$ 27.97	105.10	-	105.10	
VALVULAS DE ALIVIO		VALVULA DE ALIVIO 3129U	7	UND	\$ 27.12	101.91	-	713.38	
		REGULADOR REGO 1588VL (1ERA)	1	UND	\$ 350.00	1,315.30	-	1,315.30	
FILTROS Y		FILTRO Y 3/4"	2	UND	\$ 54.24	203.82	-	407.65	
ABRAZADERA		RIEL ALTO X 3.05 MTS	2	UND	\$ 12.60	47.35	-	94.70	
		RIEL BAJO X 3.05 MTS	2	UND	\$ 9.45	35.51	-	71.03	
		ABRAZADERA PARA CANAL 1"	10	UND	\$ 0.58	2.18	-	21.80	
		ABRAZADERA PARA CANAL 2"	20	UND	\$ 0.86	3.23	-	64.64	
HDPE		UNION HDPE 63 MM GEORG FISCHER	2	UND	\$ 16.00	60.13	-	120.26	
		CODO 90° HDPE 63 MM GEORG FISCHER	2	UND	\$ 16.00	60.13	-	120.26	
		TRANSICION HDPE 63 MM X 2" GEORG FISCHER	2	UND	\$ 45.00	169.11	-	338.22	
		TUBO HDPE PE100 DE 63 MM	30	MTS	\$ 5.00	18.79	-	563.70	
COBRE		VARILLA PARA SOLDAR 5%	20	UND	\$ 1.53	5.75	-	114.99	
		TUBO DE COBRE TIPO L X 6 MTS 2"	1	UND	\$ 211.50	794.82	-	794.82	
		CODO DE COBRE x 90° SO 2"	4	UND	\$ 12.60	47.35	-	189.40	
		TE COBRE SO 2"	1	UND	\$ 16.20	60.88	-	60.88	
		TUBERIA DE ACERO S/C SCH 80 x 6 MTS 1/2"	1	UND	\$ 14.40	54.12	-	54.12	
		TUBERIA DE ACERO S/C SCH 80 x 6 MTS 1"	2	UND	\$ 24.30	91.32	-	182.64	
		TUBERIA DE ACERO S/C SCH 80 x 6 MTS 2"	6	UND	\$ 54.00	202.93	-	1,217.59	
		CODO DE FIERRO NEGRO x 90° x 300 LBS. 1/2"	8	UND	\$ 1.35	5.07	-	40.59	
		CODO DE FIERRO NEGRO x 90° x 300 LBS. 1"	10	UND	\$ 3.15	11.84	-	118.38	
		CODO DE FIERRO NEGRO x 90° x 300 LBS. 2"	16	UND	\$ 9.90	37.20	-	595.27	
FN 300 LB		TEE DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1"	19	UND	\$ 5.49	20.63	-	392.00	
		TEE DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 2"	6	UND	\$ 18.00	67.64	-	405.86	
		UNION SIMPLE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1"	18	UND	\$ 2.97	11.16	-	200.90	
		UNION UNIVERSAL FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1/2"	4	UND	\$ 5.04	18.94	-	75.76	
		REDUC CAMPANA FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1" x 1/2"	8	UND	\$ 2.70	10.15	-	81.17	
		BUSHING DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1/2" x 1/4"	5	UND	\$ 0.45	1.69	-	8.46	
		BUSHING DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 3/4" x 1/2"	13	UND	\$ 0.36	1.35	-	17.59	
		BUSHING DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1" x 3/4"	6	UND	\$ 0.63	2.37	-	14.21	
		BUSHING DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1-1/4" x 1"	4	UND	\$ 1.25	4.70	-	18.79	
		BUSHING DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 2" x 1/2"	2	UND	\$ 1.62	6.09	-	12.18	
		NIPLE DE ACERO SCH 80 1/2" x 3"	8	UND	\$ 0.72	2.71	-	21.65	
		NIPLE DE ACERO SCH 80 1/2" x 3"	8	UND	\$ 0.81	3.04	-	24.35	
		NIPLE DE ACERO SCH 80 1" x 2"	16	UND	\$ 0.99	3.72	-	59.53	
		NIPLE DE ACERO SCH 80 1" x 3"	10	UND	\$ 1.17	4.40	-	43.97	
		NIPLE DE ACERO SCH 80 1" x 4"	6	UND	\$ 1.35	5.07	-	30.44	
		NIPLE DE ACERO SCH 80 1" x 6"	6	UND	\$ 1.80	6.76	-	40.59	
	BRONCE		TAPON MACHO F N 150-300 LIBRAS 1"	5	UND	\$ 0.63	2.37	-	11.84
			ADAPTADOR MACHO DE BRONCE SO-HE 2"	2	UND	\$ 9.18	34.50	-	69.00
		UNION UNIVERSAL DE BRONCE SO-SO 2"	2	UND	\$ 23.40	87.94	-	175.87	
		TUBO DE PVC 2" X 3 MTS	1	UND	-	-	16.00	16.00	
OTROS		TUBO DE PVC 1-1/4" X 3 MTS	1	UND	-	-	13.00	13.00	
		PERNO DE ANCLAJE DE 1/2" X 3"	16	UND	-	-	6.00	96.00	
		CEMENTO X KG	10	UND	-	-	1.00	10.00	
		TUBO DE PVC 4" X 3 MTS	0.5	UND	-	-	32.00	16.00	
PERSONAL TECNICO		ARANDELA 1/2"	16	UND	-	-	0.60	9.60	
		TUERCA 1/2"	16	UND	-	-	0.40	6.40	
		MANO DE OBRA - TECNICO A	70	HH	-	-	16.00	1,120.00	
		MANO DE OBRA - TECNICO B	70	HH	-	-	16.00	1,120.00	
		MANO DE OBRA - TECNICO C	70	HH	-	-	16.00	1,120.00	
		MANO DE OBRA - SUPERVISOR A	10	HH	-	-	30.00	300.00	
		VIATICOS	27	UND	-	-	40.00	1,080.00	
		HOSPEDAJE	27	UND	-	-	60.00	1,620.00	
	MOVILIDAD		COMBUSTIBLE	1000	KM	-	-	1.00	1,000.00
			PEAJE	1	GLB	-	-	100.00	100.00
		COCHERA	9	GLB	-	-	20.00	180.00	
		LAVADO DE CARRO	1	GLB	-	-	30.00	30.00	
TOTAL		TOTAL SIN IGV					25,560.56	25,560.56	
		IGV 18%					4,600.90	4,600.90	
		TOTAL CON IGV					30,161.46	30,161.46	

Fuente: Elaboración Propia

En segundo lugar, se evalúa el sistema de abastecimiento de GLP para el grupo electrógeno de GLP^B en un archivo Excel versión 25.11.2022 que se alimenta con los datos de poder calorífico del GLP (BTU/galón), densidad (kg/galón), consumo del equipo en BTU/h o kW/h, factor de servicio del equipo, horas de trabajo, días de trabajo por mes, meses trabajados por año, tipo de tanques (aéreos o soterrados), tipo de instalación (mina o ciudad), cantidad de tanques y vaporizador.

Con los datos insertados obtenemos la Figura 31 con los siguientes resultados: la cantidad de tanques a instalarse son cuatro tanques de 1,000 galones de capacidad de almacenamiento cada uno, un vaporizador de fuego directo de capacidad 80/40, el consumo estimado por el grupo electrógeno a GLP^B es de 124.48 TM/año cumpliendo una frecuencia de abastecimiento de GLP cada 12 días.

Para la selección de tuberías se trabajará con datos de GLP dados en la NTP 321.121 2008 y considerando un factor de servicio del equipo del 100 % como se muestra en la Figura 32, al ser una instalación típica de instalación se desarrollará con tubería de acero SCH 80 de diámetro ½" para la compensación de vapor, tubería de acero SCH 80 de diámetro de 1 ½" para interconexión de líquido de tanques a vaporizador, línea de interconexión de consumo en cobre tipo "L" de diámetro de 1 ½" aguas abajo del tren de regulación de primera etapa, aguas arriba del tren de regulación de primera etapa continua línea de consumo en cobre tipo "L" de diámetro de 1 ½" enterrada recubierta con fibra de vidrio o aislante térmico finalizando en válvula de corte de 1 ½" para conexión del grupo electrógeno a GLP^B.

Se realiza la ubicación del sistema de abastecimiento en el plano de distribución de equipos brindado por la empresa minera como se visualiza en la Figura 33, se realiza el isométrico a mano alzada del sistema de abastecimiento de GLP incluyendo el grupo electrógeno a GLP^B como se visualiza en la Figura 34, en la Figura 35 se detallan las obras civiles a realizar por parte de la empresa minera y en la Figura 36 se detalla las obras civiles de la base de concreto para el grupo electrógeno a GLP^B.

Figura 31

Memoria de cálculo de capacidad agregada de GLP de la instalación para alimentar un grupo electrógeno a GLP^B

CUADRO DE CALCULO CAPACIDAD DE TANQUE Y DIAS DE AUTONOMIA															LLAMA GAS V 25.11.2022			
1.-NOMBRE DEL PROYECTO:															Poder Calorifico		96060,12 Btu/gal	
UBICACIÓN:															Densidad		2,025 Kg/gal	
2.-DATOS TECNICOS :															Temperatura:		15,56 °C	
2.1.-CONSUMO DE EQUIPOS															Meses trabajados:		12	
2.1.1.-CONSUMO DE EQUIPOS																		
Item	Ctd	Equipo	Consumo	Potencia de Equipos	F. Serv.	Total	Consumo	Horas por Turno	Total	Consumo								
			Btu/h	Kw	Btu/h	%	Btu/h	gal/h	m3/h	1er	2do	3er	h/día	gal/día				
1	1	GRUPO ELECTROGENO B 300 KW	2.881.804		2.881.804	80	2.305.443	24,00	0,091	3,00	3,00	2,00	8,0	192,00				
2					0	0	0	0,00	0,000				0,0	0,00				
3					0	0	0	0,00	0,000				0,0	0,00				
4					0	0	0	0,00	0,000				0,0	0,00				
Total			2.881.804				2.305.443	24,00	0,09				192,00	5568,00				
F. Seguridad			20%				2.766.531							66616,00				
3.-DETERMINACION DE ALMACENAMIENTO:															Consumo estimado al año: TM/AÑO		135,30 124,48	
3.1.-NUMERO Y CAPACIDAD DE TANQUES POR VAPORIZACION NATURAL:															Vaporización natural al:		20%	
															Cap. de Vaporización:		7.634.348 [BTU/h]	
															Razon de vaporización:		0,30 <1	
															Inst. con vaporizador:		NO	
															# Inyectos x mes:		2,32 al 80%	
3.2.-NUMERO Y CAPACIDAD DE TANQUES POR CONSUMO:																		
															% max de utilización:		60%	
															Capacidad de utilización:		2400 [Gal]	
3.3.-DIAS DE AUTONOMIA:																		
CILINDROS															# de cilindros		Und	
															Capacidad		Gal	
															800.000,00 [BTU/h]		0,347005	
															Considerando al 20% de volumen (80,000 btu/h)			
															# Dias / inyectos:		12,50	
4.-DETERMINACION DE CAP Y # DE VAPORIZADORES																		
															Altura de instalación		900 [msnm]	
															% de pérdida		4%	
															Vaporización requerida:		2,76653 [MMBTU/h]	
															#Vaporizadores		1 [Und]	
															Vaporizador Algas EQ.		7,2 [MMBTU/h]	
															Vaporizador Ransome EQ.		4,6 [MMBTU/h]	
															FACTOR PREYECCIÓN		1,00	
															MODELO			
															80/40			
															RH 50			
Explicación del criterio de selección del tanque:																		
Tienen que instalar 4 Tanques de 1000 galones de capacidad c/u. O el equivalente de otra capacidad de acuerdo a lo indicado por las normas de seguridad y el espacio físico para el tanque o tanques.																		
Condiciones:																		
1.- SI CUMPLE CON LA CAPACIDAD DE VAPORIZACION NATURAL																		
2.- SI CUMPLE CON EL INDICE DE ROTACION DE TANQUES CON UNA FRECUENCIA APROXIMADA DE 12,50 DIAS																		

Fuente: Elaboración Propia

Figura 32

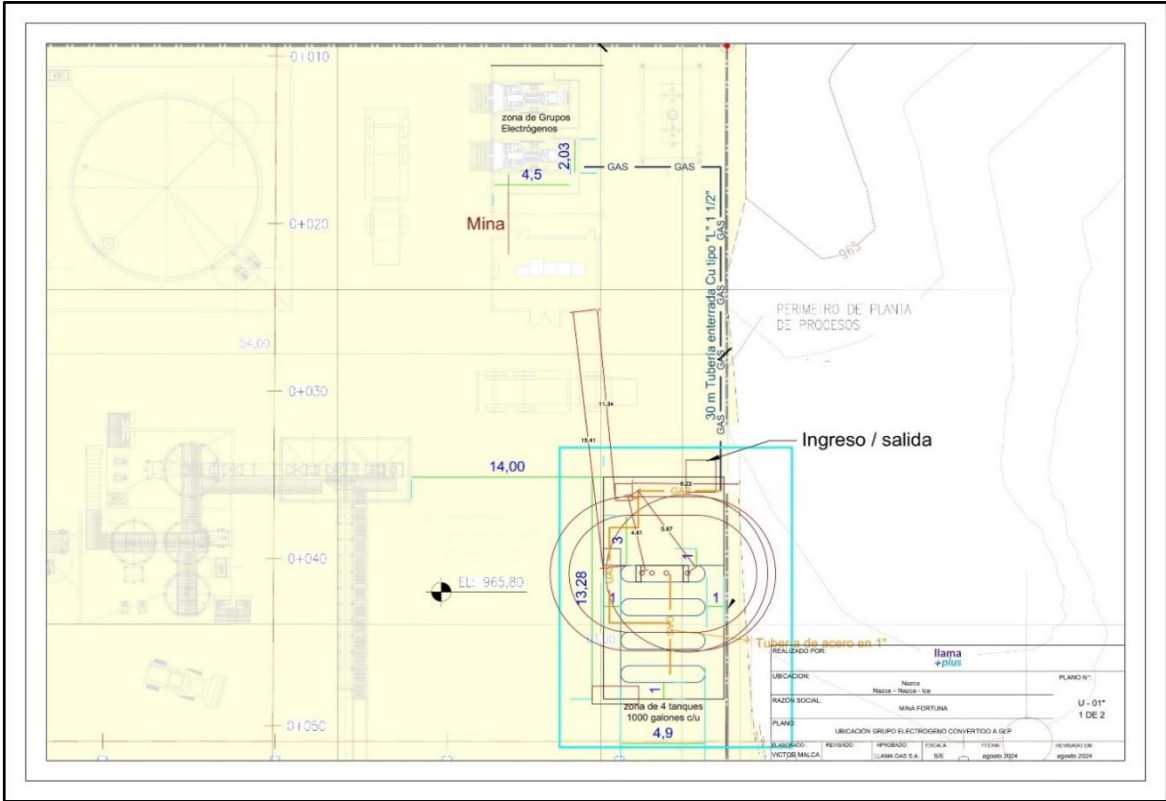
Memoria de cálculo para el diámetro de tubería para alimentar un grupo electrógeno a GLP^B

CUADRO DE CALCULO CAPACIDAD DE TANQUE Y DIAS DE AUTONOMIA															LLAMA GAS V 25.11.2022					
1.-NOMBRE DEL PROYECTO:																				
UBICACIÓN:																				
1.-DATOS DE GLP																				
Densidad Física de:															1,25					
Poder Calorifico Superior:															96.500 BTU/M3					
2.-DIAMETROS PARA MEDIA Y ALTAS PRESIONES:																				
Fórmula de Renouard: $D^{4.5} = 48,6 \times ds \times Le / (P^2_{max} - P^2_{min}) \times Q^{1.52}$																				
Primera Condición a cumplir: $Q/D <= 150$																				
Segunda Condición a cumplir: $R = T \times Q/D <= 2310^6$ donde T = 72000																				
Presión inicial															20 PSI = 1,41 Kg/cm ²					
Tipo de Material															1					
Cobre Tipo L (1)																				
Cobre Tipo K (2)																				
Acero Cedula 40 (3)																				
Acero Cedula 90 (4)																				
HDPE (5)																				
PE AL PE (6)																				
Tramo	Longitud Real (m)	Longitud Equivalente (m) Le	Q real (BTU/h)	Q L.c. (BTU/h)	Q L.n. (m3/hora)	Diámetro nominal (pulg)	Diámetro interior (mm)	P _{min} (Kg/cm ²)	Q ^{1.52} /P ^{1.52}	ds x Le x 48,6	P ² _{max} - P ² _{min}	P _{min} (Kg/cm ²)	P _{max} (Kg/cm ²)	Presión de trabajo calculada	Presión de espal po	%Acumulado = (P _{min} - P _{max})/P _{min}	Q/D <150	R = T x Q/D <= 2310 ⁶	Sección de tub (pulg 2)	Velocidad (m/s)
A-B	35,00	42,00	2881803,60	2881803,60	75,86	1,12	38,23	2,439	0,00	2571,91	0,03	2,43	1,40	15,91	20,00	0,43%	0,78	56347,00	0,00	2,23

Fuente: Elaboración Propia

Figura 33

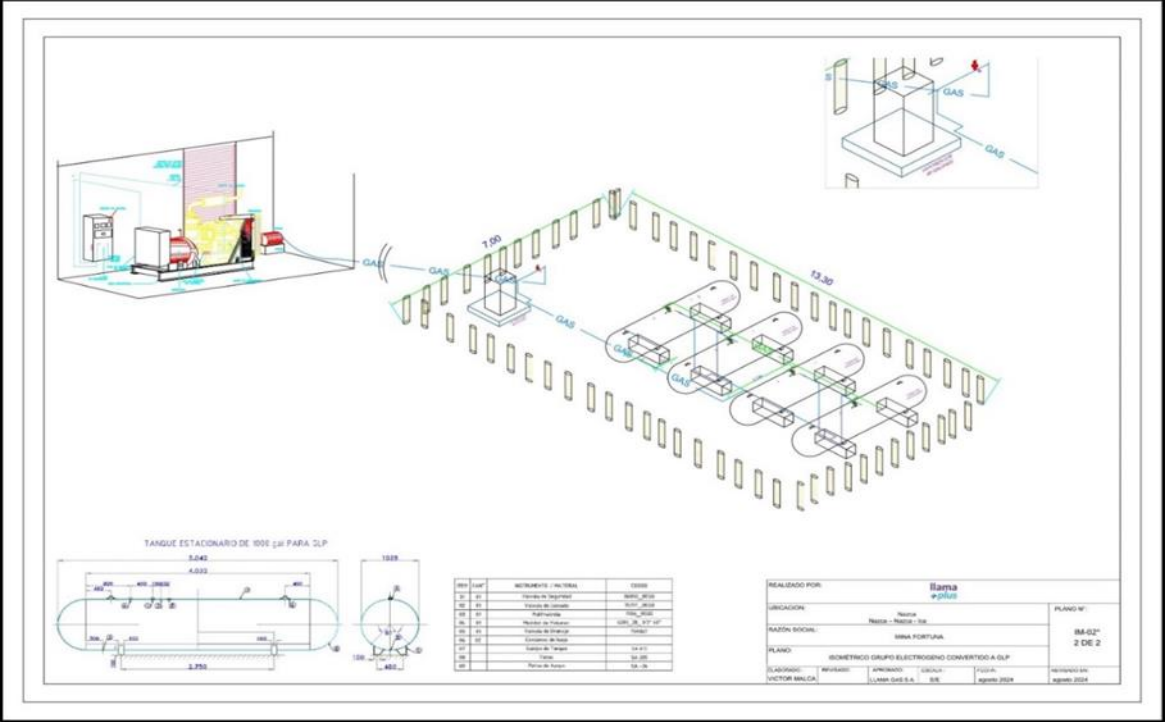
Plano de distribución de los tanques de almacenamiento de GLP



Fuente: Elaboración Propia

Figura 34

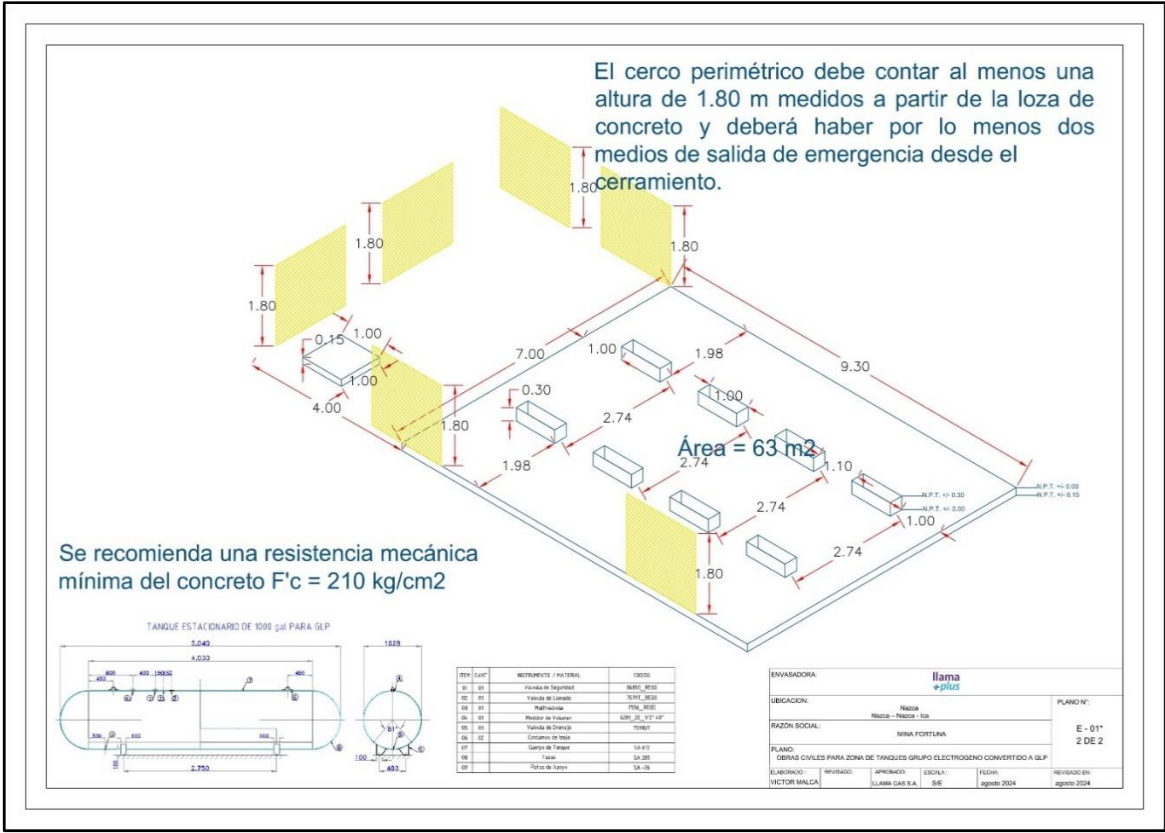
Plano isométrico de distribución de los tanques de almacenamiento de GLP y vaporizador de fuego directo



Fuente: Elaboración Propia

Figura 35

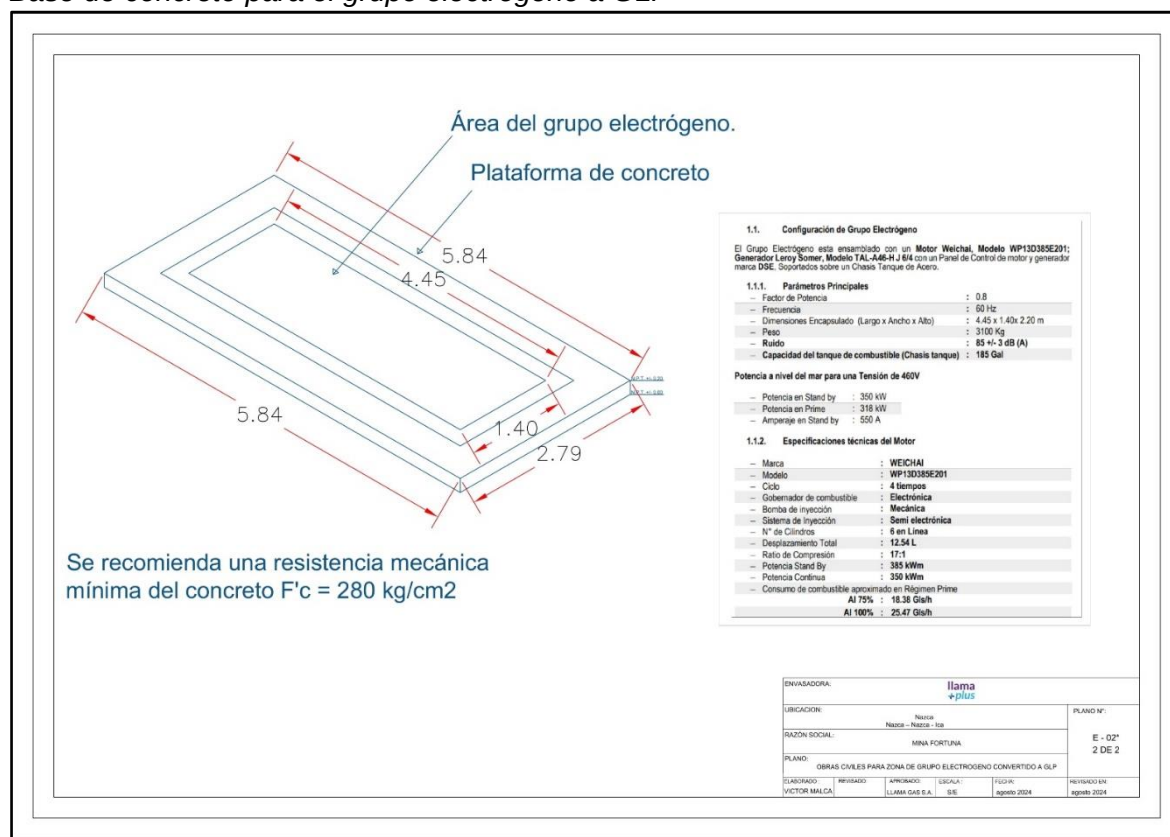
Plano de obras civiles para los tanques de almacenamiento de GLP y vaporizador



Fuente: Elaboración Propia

Figura 36

Base de concreto para el grupo electrógeno a GLP^B



Fuente: Elaboración Propia

El IDT, SMST y el LET desarrollan la lista de materiales a mano alzada a emplearse como se muestra en la Tabla 11 para el grupo electrógeno a GLP^B y el SMST de Llama Gas S.A. procede a cotizar, se adiciona costos de traslado de equipos, horas hombre para la instalación de las redes obteniendo la Tabla 12.

Tabla 11

Lista de materiales a emplearse en el sistema de abastecimiento de GLP^B

Material	Cantidad	Material	Cantidad
Regulador marca Rego modelo 1586VN	02	Cinta teflón amarillo	45
Acople de manómetro 1/8" x 1/4"	04	Niple de 1" x 2" FN Sch 80	14
Acople de retorno	04	Niple de 1" x 3" FN Sch 80	10
Acople de drenaje 3/4"	02	Niple de 1" x 4" FN Sch 80	10
Manómetro 0-60 psi	02	Niple de 1" x 6" FN Sch 80	04
Manómetro 0-300 psi	05	Reducción campana 1/2" x 1" FN 300 lb	02
Válvula de alivio de presión 3139-38	01	Unión universal de 1" FN 300 lb	14
Válvula de alivio hidrostática marca Rego modelo 3129U de 450 psi	06	Unión universal de 1-1/2" FN 300 lb	03

Válvula marca Apollo 1/2"	07	Unión universal macho bronce 1-1/2"	03
Válvula marca Apollo 1"	19	Tee de cobre 1-1/2"	01
Válvula marca Bonomi 1"	02	Lija #80	02
Válvula marca Bonomi 1-1/2"	02	Tee de 1-1/2" FN 300 lb	03
Tubería de cobre 1-1/2" tipo L	06	Codo de 1-1/2" FN 300 lb	14
Tubería de FN 1-1/2" FN Sch 80	06	Tapón de 1" FN 300 lb	01
Tubería de FN 1/2" FN Sch 80	01	Abrazadera blinde de 1-1/2"	20
Tubería de FN 1" FN Sch 80	01	Reducción Bushing de 1/2" x 1/4" 300 lb	04
Filtro yee de 3/4"	01	Manómetro 0-100 psi	01
Niple de 3/4" x 2" FN Sch 80	08	Tubo de PVC de 1/2"	13
Niple de 3/4" x 3" FN Sch 80	08	Perno de anclaje de 1/2" x 3"	16
Reducción Bushing 1" x 3/4" FN 300 lb	10	Tuerca 1/2"	16
Riel bajo	02	Arandela 1/2"	16
Riel alto	02	Tarugo naranja	80
Codo de 1" FN 300 lb	06	Tirafon 1/4" x 1-1/2"	80
Tee de 1" FN 300 lb	16	Arandela 5/16	80
Reducción Bushing de 1-1/2" x 1/2" FN 300 lb	02	Trapo industrial	03 kg
Reducción Campana de 1" x 1-1/2" FN 300 lb	07	Pintura amarilla <i>gloss</i>	1/2"
Reducción Campana de 1" x 1-1/2" cobre	02	Base zincromato	1/2"
Adaptador macho bronce 1-1/2"	03	Esponja para pintar	12
Reducción Bushing de 1" x 1/2" FN 300 lb	10	Disco de metal	04
Niple de 1" x 2" FN Sch 80	08	<i>Thinner</i>	01
Niple de 1/2" x 3" FN Sch 80	08	<i>Sticker</i> de vapor y líquido	14
Codo de 1/2" FN 300 lb	06	Cemento	10 kg
Varilla para soldar 5% en plata	40	Tubo de PVC de 4"	1/2
Codo de 1-1/2" cobre	12	Unión simple de 1-1/2" FN 300 lb	04
Adaptador macho bronce 1"	02	Chicote cobre 1/2" x 12"	04
Unión simple de cobre 1"	08		

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 12

Presupuesto de materiales a instalarse en el sistema de abastecimiento de GLP^B

Datos del Cliente:

Cliente

Giro de Negocio

Contacto

Dirección

Formato de Pago

Comprobante Fct/Bol

DNI

Celular

Actividad

Horas de trabajo

Tipo de Cambio

Porcentaje de incremento % A

Imprevistos

Porcentaje de incremento % B

Minería

3,758

30%

10%

10%

Resumen de Costos

S/ 40,000.00

S/ 35,000.00

S/ 30,000.00

S/ 25,000.00

S/ 20,000.00

S/ 15,000.00

S/ 10,000.00

S/ 5,000.00

S/ 0,00

Materiales

Personal Técnico

Movilidad

Compra de Activos

Servicios

Costo Total (sin IGV)

Resumen de Costos:

Materiales

Personal Técnico

Mano de Obra

Viáticos

Hospedaje

Movilidad

Combustible

Cochera

Peaje

Compra de Activos

Tanque(s)

Vaporizador(es)

Decantador

Servicios

Grúa

Firmas

Elaboración de Planos

Legalización de libro

Andamios

MMEE

EAAA

Otras Facilidades

Costo Total (sin IGV)

S/ 18,074.83

S/ 6,360.00

S/ 3,660.00

S/ 1,080.00

S/ 1,620.00

S/ 1,310.00

S/ 1,030.00

S/ 180.00

S/ 100.00

S/ -

S/ -

S/ -

S/ -

S/ -

S/ -

S/ -

S/ -

S/ -

S/ -

S/ -

S/ -

S/ 25,744.83

Categoría	Código del item/commodity	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Base 1	Al tipo de Cambio	Precio Base 2	Precio Total
CONSUMIBLE	2501010077	BASE AL ACEITE GRIS	0.5	GLN		-	S/ 75.00	S/ 37.50
	1202010001	PINTURA AMARILLA	0.5	GLN		-	S/ 75.00	S/ 37.50
	1201010004	THINNER	1	GLN		-	S/ 45.00	S/ 45.00
	3002010131	ESPONJA	12	UND		-	S/ 3.50	S/ 42.00
	0203010012	LJA #80	2	UND		-	S/ 2.80	S/ 5.60
	0402010086	TRAPO INDUSTRIAL	3	KG		-	S/ 5.20	S/ 15.60
		TARUGO NARANJA	80	UND	\$ 0.03	S/ 0.11		S/ 9.02
		TIRAFON 1/4" X 1-1/2"	80	UND		-	S/ 0.40	S/ 32.00
		ARANDELA 5/16" PLANA	80	UND		-	S/ 0.40	S/ 32.00
		CINTA TEFLON AMARILLA	45	UND	\$ 0.54	S/ 2.03		S/ 91.32
STICKERS		DISCO DE CORTE	4	UND		-	S/ 6.00	S/ 24.00
		STICKER LINEA DE GAS 25 X 2 CM - VAPOR	14	UND		-	S/ 0.50	S/ 7.00
MANOMETROS		STICKER LINEA DE GAS 25 X 2 CM - LIQUIDO	14	UND		-	S/ 0.50	S/ 7.00
		MANOMETRO 0-60 PSI SECO	2	UND	\$ 6.75	S/ 25.37		S/ 50.73
VALVULAS DE CORTE		MANOMETRO 0-300 PSI SECO	5	UND	\$ 6.75	S/ 25.37		S/ 126.83
		MANOMETRO 0-100 PSI SECO	1	UND	\$ 6.75	S/ 25.37		S/ 25.37
		VALVULA APOLLO 1/2"	7	UND	\$ 19.49	S/ 73.25		S/ 512.74
		VALVULA APOLLO 1"	23	UND	\$ 36.44	S/ 136.94		S/ 3,149.71
ADAPTADOR		VALVULAS DE EXCESO DE FLUJO PARA LIQUIDO A3282C	4	UND	\$ 66.00	S/ 248.03		S/ 992.11
		VALVULA BONOMI 1"	2	UND	\$ 32.40	S/ 121.76		S/ 243.52
CHICOTE POOL		ADAPTADOR PARA DRENAJE 7590U-10	4	UND	\$ 16.95	S/ 63.69		S/ 254.78
		ADAPTADOR DE BRONCE PARA MANOM.	4	UND	\$ 1.20	S/ 4.52		S/ 18.09
VALVULAS DE TANQUE		CHICOTE POOL COBRE 1/2" X 12"	4	UND	\$ 5.39	S/ 20.26		S/ 81.02
		ADAPTADOR PARA VALVULA DE RETORNO	2	UND	\$ 35.00	S/ 131.53		S/ 263.06
VALVULAS DE ALIVIO		VALVULA DE ALIVIO 3139-38	1	UND	\$ 27.97	S/ 105.10		S/ 105.10
		VALVULA DE ALIVIO 3129U	6	UND	\$ 27.12	S/ 101.91		S/ 611.47
REGULADORES		REGULADOR REGO 1586VN (1ERA)	1	UND	\$ 244.85	S/ 920.15		S/ 920.15
FILTROS Y		FILTRO Y 3/4"	1	UND	\$ 54.24	S/ 203.82		S/ 203.82
		RIEL ALTO X 3.05 MTS	2	UND	\$ 12.60	S/ 47.35		S/ 94.70
ABRAZADERA		RIEL BAJO X 3.05 MTS	2	UND	\$ 9.45	S/ 35.51		S/ 71.03
		ABRAZADERA PARA CANAL 1-1/2"	20	UND	\$ 0.81	S/ 3.04		S/ 60.88
COBRE		VARILLA PARA SOLDAR 55%	40	UND	\$ 1.53	S/ 5.75		S/ 229.99
		TUBO DE COBRE TIPO L X 6 MTS 1-1/2"	6	UND	\$ 131.40	S/ 493.80		S/ 2,962.81
		CODO DE COBRE x 90° SO 1-1/2"	12	UND	\$ 5.04	S/ 18.94		S/ 227.28
		TE COBRE SO 1-1/2"	1	UND	\$ 9.90	S/ 37.20		S/ 37.20
FN 300 LB		UNION SIMPLE DE COBRE SO 1-1/2"	8	UND	\$ 2.88	S/ 10.82		S/ 86.58
		ASLAMIENTO TERMICO DE TUBERIA CU 1 1/2"	35	M	\$ 10.00	S/ 37.58		S/ 1,315.30
		REDUCCION CAMPANA DE COBRE SO-SO 1-1/2" X 1"	2	UND	\$ 6.30	S/ 23.68		S/ 47.35
		TUBERIA DE ACERO S/C SCH 80 x 6 MTS 1/2"	1	UND	\$ 14.40	S/ 54.12		S/ 54.12
BRONCE		TUBERIA DE ACERO S/C SCH 80 x 6 MTS 1"	1	UND	\$ 24.30	S/ 91.32		S/ 91.32
		TUBERIA DE ACERO S/C SCH 80 x 6 MTS 1-1/2"	6	UND	\$ 37.80	S/ 142.05		S/ 853.21
		CODO DE FIERRO NEGRO x 90° x 300 LBS. 1/2"	6	UND	\$ 1.35	S/ 5.07		S/ 30.44
		CODO DE FIERRO NEGRO x 90° x 300 LBS. 1"	6	UND	\$ 3.15	S/ 11.84		S/ 71.03
OTROS		CODO DE FIERRO NEGRO x 90° x 300 LBS. 1-1/2"	14	UND	\$ 6.30	S/ 23.68		S/ 331.46
		TEE DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1"	16	UND	\$ 5.49	S/ 20.63		S/ 330.10
		TEE DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1-1/2"	3	UND	\$ 12.60	S/ 47.35		S/ 142.05
		UNION SIMPLE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1-1/2"	4	UND	\$ 6.30	S/ 23.68		S/ 94.70
PERSONAL TECNICO		UNION UNIVERSAL FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1"	14	UND	\$ 9.00	S/ 33.82		S/ 473.51
		UNION UNIVERSAL FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1-1/2"	3	UND	\$ 19.80	S/ 74.41		S/ 223.23
		REDUC CAMPANA FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1" x 1/2"	2	UND	\$ 2.70	S/ 10.15		S/ 20.29
		BUSHING DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1/2" x 1/4"	4	UND	\$ 0.45	S/ 1.69		S/ 6.76
MOVILIDAD		BUSHING DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1" x 1/2"	10	UND	\$ 0.63	S/ 2.37		S/ 23.68
		BUSHING DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1" x 3/4"	10	UND	\$ 0.63	S/ 2.37		S/ 23.68
		BUSHING DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1-1/4" x 1"	4	UND	\$ 1.25	S/ 4.70		S/ 18.79
		BUSHING DE FIERRO NEGRO x 300 LBS. 1-1/2" x 1"	7	UND	\$ 1.13	S/ 4.23		S/ 29.59
BRONCE		NIPLE DE ACERO SCH 80 1/2" x 2"	8	UND	\$ 0.72	S/ 2.71		S/ 21.65
		NIPLE DE ACERO SCH 80 1/2" x 3"	8	UND	\$ 0.81	S/ 3.04		S/ 24.35
		NIPLE DE ACERO SCH 80 3/4" x 2"	8	UND	\$ 0.81	S/ 3.04		S/ 24.35
		NIPLE DE ACERO SCH 80 3/4" x 3"	8	UND	\$ 0.99	S/ 3.72		S/ 29.76
OTROS		NIPLE DE ACERO SCH 80 1" x 2"	14	UND	\$ 0.99	S/ 3.72		S/ 52.09
		NIPLE DE ACERO SCH 80 1" x 3"	10	UND	\$ 1.17	S/ 4.40		S/ 43.97
		NIPLE DE ACERO SCH 80 1" x 4"	10	UND	\$ 1.35	S/ 5.07		S/ 50.73
		NIPLE DE ACERO SCH 80 1" x 6"	4	UND	\$ 1.80	S/ 6.76		S/ 27.06
PERSONAL TECNICO		TAPON MACHO F.N 150/300 LIBRAS 1"	5	UND	\$ 0.63	S/ 2.37		S/ 11.84
		ADAPTADOR MACHO DE BRONCE SO-HE 1"	2	UND	\$ 2.70	S/ 10.15		S/ 20.29
		ADAPTADOR MACHO DE BRONCE SO-HE 1-1/2"	3	UND	\$ 8.28	S/ 31.12		S/ 93.35
		PERNO DE ANCLAJE DE 1/2" X 3"	16	UND		-	S/ 6.00	S/ 96.00
TOTAL		CEMENTO X KG	10	UND		-	S/ 1.00	S/ 10.00
		TUBO DE PVC 4" X 3 MTS	0.5	UND		-	S/ 32.00	S/ 16.00
		ARANDELA 1/2"	16	UND		-	S/ 0.60	S/ 9.60
		TUERCA 1/2"	16	UND		-	S/ 0.40	S/ 6.40
PERSONAL TECNICO		MANO DE OBRA - TECNICO A	70	HH		-	S/ 16.00	S/ 1,120.00
		MANO DE OBRA - TECNICO B	70	HH		-	S/ 16.00	S/ 1,120.00
		MANO DE OBRA - TECNICO C	70	HH		-	S/ 16.00	S/ 1,120.00
		MANO DE OBRA - SUPERVISOR A	10	HH		-	S/ 30.00	S/ 300.00
MOVILIDAD		VIATICOS	27	UND		-	S/ 40.00	S/ 1,080.00
		HOSPEDAJE	27	UND		-	S/ 60.00	S/ 1,620.00
		COMBUSTIBLE	1000	KM		-	S/ 1.00	S/ 1,000.00
		PEAJE	1	GLB		-	S/ 100.00	S/ 100.00
TOTAL		COCHERA	9	GLB		-	S/ 20.00	S/ 180.00
		LAVADO DE CARRO	1	GLB		-	S/ 30.00	S/ 30.00
		TOTAL SIN IGV				-		S/ 25,744.83
		IGV 18%				-		S/ 4,634.07
	TOTAL CON IGV				-		S/ 30,378.90	

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 13 se realiza una proyección del costo de combustible con un precio referencial puesto en el cliente considerando las 8 horas de trabajo por día, los 29 días del mes por 12 meses al año de trabajo continuo a una potencia de 232.1 kW requeridas por el cliente con proyección a un año y cinco años, los datos obtenidos se muestran en el Figura 37 obteniendo al grupo electrógeno a GLP^B con mejor eficiencia en el costo de combustible.

Tabla 13

Precio referencial del costo de combustible y consumo de combustible del grupo electrógeno

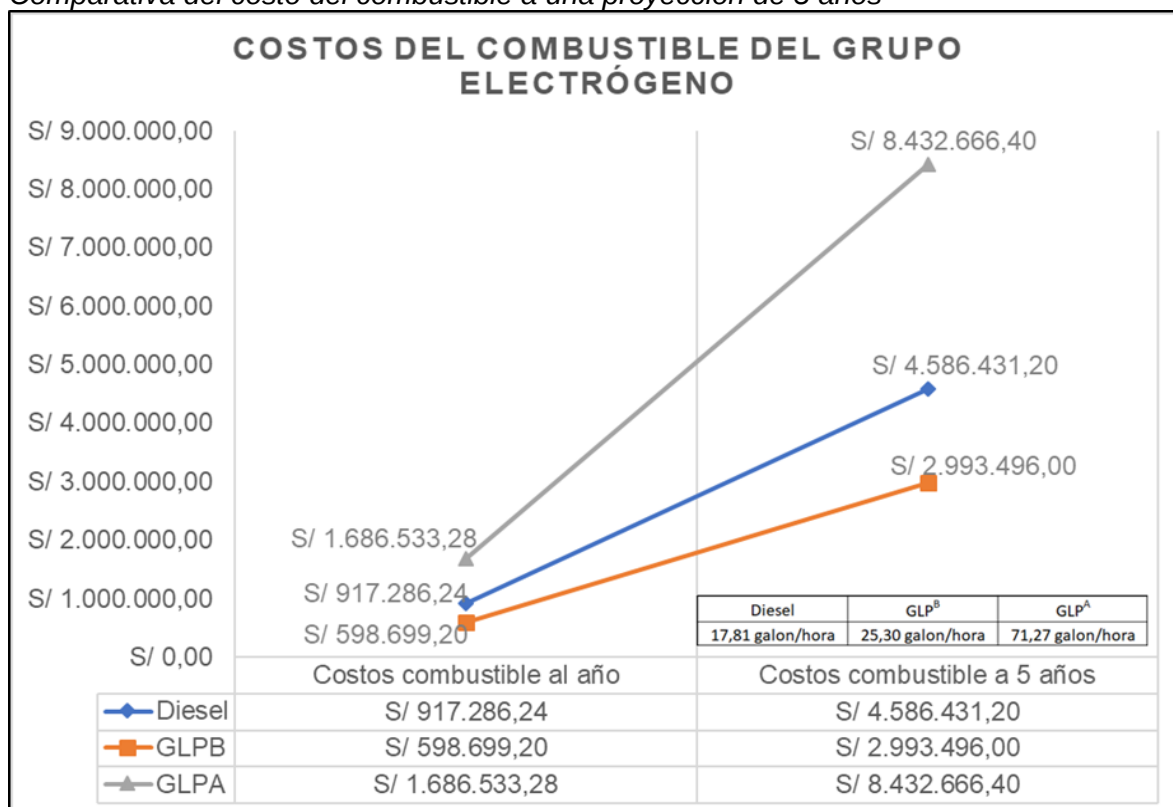
Descripción	Diésel	GLP ^B	GLP ^A
Precio del combustible puesto en cliente (soles) *	18.50	8.50	8.50
Consumo por hora del GE a 232,1 kW (galones/h)	17.81	25.30	71.27
Costo del combustible al 1 año (millones de soles)	S/ 0.92	S/ 0.59	S/ 1.69
Costo del combustible a los 5 años (millones de soles)	S/ 4.59	S/ 2.99	S/ 8.43

*Datos referenciales

Fuente: Elaboración Propia

Figura 37

Comparativa del costo del combustible a una proyección de 5 años



Fuente: Elaboración Propia

Con los datos obtenidos se realiza la Tabla 14 que contiene los costos de los proyectos evaluados; para el desarrollo del grupo electrógeno a GLP^A se considera como margen de contingencia el 5% (\$16,624.82 dólares americanos) del costo a suma alzada del proyecto por la complejidad o riesgos específicos relacionado a empresas mineras; sin embargo, para el desarrollo del grupo electrógeno a GLP^B se considera como margen de contingencia el 20% (\$16,922.84 dólares americanos) del costo a suma alzada del proyecto por la complejidad en un proyecto de innovación en una empresa minera.

4.1.2.4. Información de proveedores. Se realiza la consulta de disponibilidad de los recursos requeridos para el proyecto a los proveedores, entre ellos tenemos el *stock* de accesorios, materiales, equipos y tiempos de entrega, se elabora la Tabla 15 con el fin de informar los tiempos de ejecución del sistema de abastecimiento de GLP y grupo electrógeno seleccionado.

4.1.2.5. Información financiera. Los datos obtenidos en la ingeniería básica son organizados para ser enviados al JC Llama Gas S.A., posteriormente se realiza el Análisis Financiero de Inversión (AFI) y se precisa que el tipo de cambio empleado en la ingeniería básica es de 3.75 soles/dólar.

4.1.3. Análisis financiero de la inversión

El IDT envía al JC Llama Gas S.A. los datos de la Tabla 13 y 14 incluyendo las TM/año para cada diseño de abastecimiento de GLP y el costo de cada grupo electrógeno a GLP para la elaboración del análisis financiero de inversión al JC de Llama Gas S.A., se aprecia que el grupo electrógeno a GLP^B representa el menor gasto en combustible en beneficio de la empresa minera en comparación al grupo electrógeno a GLP^A.

Primeramente, se evalúa el sistema de abastecimiento de GLP incluyendo al grupo electrógeno GLP^A empleando para el análisis financiero de inversión (AFI) una plantilla de Excel versión PG-LC-24 que se alimenta con los datos de la Tabla 14, TM/año, evaluación financiera a 3 años y precio de GLP puesto en la instalación establecido por la GC Llama Gas S.A. y validado por la GG Llama Gas S.A. El precio del GLP es un valor de estrategia comercial que emplea cada planta envasadora y se ha tomado el valor de 8.50 soles/galón

referencial para la evaluación del presente trabajo de suficiencia. En la figura 38 y 39 se observa el AFI con los datos alimentados.

Tabla 14

Costo a mano alzada del sistema de abastecimiento de GLP para cada tipo de grupo electrógeno a emplearse

Ítem	Descripción		Sistema de abastecimiento de GLP para el Grupo electrógeno a GLP ^A (SAGE ^A)			Sistema de abastecimiento de GLP para el Grupo electrógeno a GLP ^B (SAGE ^B)		
			Cantidad	Unitario (dólares)	Total (dólares)	Cantidad	Unitario (dólares)	Total (dólares)
1	Grupo electrógeno a GLP	UND	1	\$ 300,807.00	\$ 300,807.00	1	\$ 51,377.50	\$ 51,377.50
2	Instalación de redes de GLP	GLB	1	\$ 6,807.70	\$ 6,807.70	1	\$ 6,865.29	\$ 6,865.29
3	Tanques estacionarios de almacenamiento de GLP tipo superficiales	UND	4	\$ 3,600.00	\$ 14,400.00	4	\$ 3,600.00	\$ 14,400.00
4	Vaporizador de fuego directo 80/40	UND	2	\$ 5,824.00	\$ 11,648.00	1	\$ 5,824.00	\$ 5,824.00
5	Traslado de equipos y materiales	GLB	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
6	Mantenimiento anual del sistema de abastecimiento de GLP por año*	GLB	1	\$ 984.00	\$ 984.00	1	\$ 847.33	\$ 847.33
7	Formalización	GLB	1	\$ 510.00	\$ 510.00	1	\$ 510.00	\$ 510.00
8	Puesta en marcha	GLB	1	\$ 300.00	\$ 300.00	1	\$ 300.00	\$ 300.00
			Costo Total SAGE^A=		\$ 338,456.70	Costo Total SAGE^B=		\$83,124.12
			Costo Total SAGE^A inc. Margen de contingencia		\$ 355,379.54	Costo Total SAGE^B inc. Margen de contingencia		\$99,748.94

*Se considera el costo referencial únicamente del mantenimiento a 4 tanques de 1000 galones, vaporizador(es) y redes
Fuente: Elaboración propia

Tabla 15*Disponibilidad de recursos requeridos para la construcción del SAGE^A y SAGE^B*

Ítem	Stock / disponibilidad	Tiempo de entrega / ejecución	Observaciones
Grupo electrógeno diésel	Si	1 semana posterior del envío de la OC	Recojo en el proveedor. Realiza pruebas con carga al GE
Conversión del grupo electrógeno diésel a GLP ^B	Si	15 días hábiles posterior del envío de la OS	Se debe enviar el GE diésel. Recojo en el proveedor posterior a la conversión. Realiza pruebas con carga al GE
Grupo electrógeno a GLP ^A	No	300 días posterior a la confirmación del desembolso	Recojo en el proveedor. Realiza pruebas con carga al GE
Tanques estacionarios de GLP 1,000 galones	Si	A la fecha se cuenta con tanques en almacén Llama Gas S.A.	Se debe generar una OS para dar salida y puedan estar disponibles para traslado.
Vaporizador de fuego directo 80/40 galones	Si	A la fecha se cuenta con vaporizadores en almacén Llama Gas S.A.	Se debe generar una OS para dar salida y puedan estar disponibles para traslado.
Tubería en Acero SCH 80 y accesorios 150lb/300lb	Si	Entrega 1 día hábil posterior del envío de OC	Envíos incluidos para lima metropolitana.
Tubería en Cobre tipo "L" y accesorios	Si	Entrega 1 día hábil posterior del envío de OC	Envíos incluidos para lima metropolitana.
Grúas	Si	Ejecución posterior a 1 día hábil del envío de la OS	Traslado desde almacén Llama Gas S.A. a instalación. No incluye ingeniero de seguridad y/o exámenes.
Técnicos instaladores de GLP	Si	A la fecha se cuenta con un líder técnico de instalaciones de GLP y dos técnicos instaladores de GLP	Tiempo de ejecución 9 días, incluye puesta en marcha. Se debe generar una orden de trabajo con 5 días de anticipación.

Fuente: Elaboración Propia

4.1.4. Análisis financiero de la inversión

El IDT envía al JC Llama Gas S.A. los datos de la Tabla 13 y 14 incluyendo las TM/año para cada diseño de abastecimiento de GLP y el costo de cada grupo electrógeno a GLP para la elaboración del análisis financiero de inversión al JC de Llama Gas S.A., se aprecia que el grupo electrógeno a GLP^B representa el menor gasto en combustible en beneficio del cliente en comparación al grupo electrógeno a GLP^A.

Primeramente, se evalúa el sistema de abastecimiento de GLP incluyendo al grupo electrógeno GLP^B empleando para el análisis financiero de inversión (AFI) una plantilla de Excel versión PG-LC-24 que se alimenta con los datos de la Tabla 14, TM/año, evaluación

financiera a 3 años y precio de GLP puesto en la instalación establecido por la GC Llama Gas S.A. y validado por la GG Llama Gas S.A. El precio del GLP es un valor de estrategia comercial que emplea cada planta envasadora y se ha tomado el valor de 8.50 soles/galón referencial para la evaluación del presente trabajo de suficiencia. En la figura 38 y 39 se observa el AFI con los datos alimentados.

Figura 38

Datos de tanques y vaporizador insertados en el Excel versión PG-LC-24 para el SAGE^A

llama +plus		PROPUESTA DE INVERSION										DESARROLLO DE NEGOCIO	
Título								Fecha		01/09/2024			
Producto		GLP		RUC				IDT		Victor Malca			
Razón Social								Supervisor Comercial		Leevi Camborda			
Nombre Comercial		PLANTA PISCO						Región		Centro			
# AFI correlativo		PG - LC-240104A						Distrito / Provincia		NAZCA			
Planta Abastecimiento		Pisco						Flete		Pisco a Ica			
Canal		Industria						Rubro		Minería			
Cliente con Línea Crédito		si		Línea de Crédito		S/ 1.980.000,00		Volumen (TM/AÑO)		370			
Días de Crédito		30		Periodo máx. 1er Inyecto		1 mes		Tiempo de contrato (Años)		5			
Ratio de Inversión por TM		S/ 3.594,11		Inversión Total		S/ 1.329.821,97		Inversion AFI		S/ 103.308,69			
Precio (Sin IGV)		8,50		PES/GAL						PES/KG			
Inversión FI		T.C 3,77											
		Capacidad de Tanque (s)		Cantidad		Costo Unitario S/		Costo Unitario \$		C.U Mant. Anual S/			
								C.U Redes Anual S/		Sub Total Tanque			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			
										S/ \$			

Fuente: Elaboración Propia

Datos de costos de redes, grupo electrógeno a GLP^B insertados en el Excel versión PG-LC-24 para el SAGE^A

Fuente: Elaboración Propia

75

Figura 40

Datos de tanques y vaporizador insertados en el Excel versión PG-LC-24 para el SAGE^B

llama +plus				PROPUESTA DE INVERSION										DESARROLLO DE NEGOCIO							
Título						Fecha		01/09/2024													
Producto		GLP		RUC		IDT		Victor Malca													
Razón Social						Supervisor Comercial		Leevi Camborda													
Nombre Comercial		PLANTA PISCO				Región		Centro													
# AFI correlativo		PG - LC-240104				Distrito / Provincia		NAZCA													
Planta Abastecimiento		Pisco				Flete		Pisco a Ica													
Canal		Industria				Rubro		Minería													
Cliente con Línea Crédito		si		Línea de Crédito		S/ 1.980.000,00		Volumen (TM/AÑO)		125											
Días de Crédito		30		Periodo máx. 1er Inyecto		1 mes		Tiempo de contrato (Años)		5											
Ratio de Inversión por TM		S/ 2.972,06		Inversión Total		S/ 371.507,76		Inversion AFI		S/ 102.375,42											
Precio (Sin IGV)		8,50		PES/GAL						PES/KG											
Inversión FI		T.C 3,77																			
		Capacidad de Tanque (s)		Cantidad		Costo Unitario S/		Costo Unitario \$		C.U Mant. Anual S/		C.U Redes Anual S/		Sub Total Tanque S/		Sub Total Mtto. Anual S/					
		1 1,000 galones		4		S/13.612		\$3.600		S/450		S/200		S/54.446		\$14.400		S/2.600		\$688	
		2												S/0		S/0		S/0			
		3												S/0		S/0		S/0			
		4												S/0		S/0		S/0			
		5												S/0		S/0		S/0			
		Total		4										S/54.446		\$14.400		S/2.600		\$688	
Equipos		Equipos		Cantidad		Costo Unitario S/		Costo Unitario \$		Costo de Equipos S/		\$		Mantenimiento S/		Anual \$		Equipos S/		\$	
		1 Vaporizador 80 GPH		1		S/22.020		\$5.824		S/22.020		\$5.824		S/500		\$132					
		2								S/0				S/0							
		3								S/0				S/0							
		Total		1						S/22.020		\$5.824		S/500		\$132					
Evaluación Financiera		3 años		TIR		15,22%		VAN		S/ 31.760,95											
Tiempo de Recupero		3		Valor Residual		S/ 206.414,02		Margen de Contribución Unit.		1.714,77		PES/TM									
AFI N°								Margen Bruto Unitario		1.891,49		PES/TM									

Fuente: Elaboración Propia

Figura 41

Datos de costos de redes, grupo electrógeno a GLP^B insertados en el Excel versión PG-LC-24 para el SAGE^B

UNIDAD DE NEGOCIO GRANEL

PROPUESTA DE INVERSIÓN / DESINVERSIÓN

Fecha de Presentación : 01/09/2024

1. Gerencia que Elabora la propuesta: GERENCIA COMERCIAL

2. Nombre del Proyecto:

3. Monto Total de la Inv / Desinv (Miles S/): 371,51

4. Incluido en presupuesto anual: SI ☒ NO ☐

5. Descripción del Proyecto:

Servicio de instalación del sistema de abastecimiento de GLP, comprende la instalación de:
04 tanque de 1000 galones (Asumido por Llamagas).
Grupo electrógeno de 300 kW continuo (Compra e instalación Asumido por Llamagas).
Instalación y puesta en marcha del sistema de abastecimiento de GLP (Asumido por Llamagas).
Transporte de grua para el izaje del tanque (Asumido por Llamagas).
Formalización para la obtención de la ficha de registro (Asumido por Llamagas).
Mantenimiento a grupo electrógeno cada 300 horas de trabajo (Asumido por Cliente).

6. Detalle de la Inv / Desinv (Miles de S/) sin IGV

Descripción	Monto (Miles S/)
1 Tanque	54,45
2 Equipos	22,02
3 Red matriz para GE a GLP ^B	25,74
4 Grupo Electrónico	192,67
5	
6	
7	
Total Inversión	294,88

1 Transporte de equipos	11,25
2 Trámites Osinergmin	1,91
3 Puesta en marcha GGEE	1,13
4 Contingencia de la operación	62,34
5	
6 Otros Gastos	76,63
TOTAL	371,51

7. Actividades del Proyecto (Gantt)

Descripción	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Días (Max.)
1 Firma de contrato / O.C- Cliente	01/09/2024		
2 Gestión de AFI	01/09/2024	04/09/2024	3
3 RQ - OC/OS	04/09/2024	07/09/2024	3
4 Instalación de redes	07/09/2024	16/09/2024	9
5 Transporte de equipos	07/09/2024	09/09/2024	2
6 Gestión Ficha registro	23/09/2024	07/11/2024	45
7 Inicio de abastecimiento		07/11/2024	
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			

Nota: Las actividades pueden ejecutarse en paralelo

Total Duración de Obra 67

8. Resumen de la Evaluación Económica

Periodo de recupero:	3 Años	Tasa Interna de Retorno:	15,22%
MBU S/:	1.891 PES/TM	VAN con WACC 10% (en miles) :	31,76

9. Aprobaciones de la Propuesta de Inversión:

	Legal	Creditos y Cobranzas	Jefatura Comercial	Gerencia Comercial	Gerencia General	Representante Legal
Firma						
Fecha						

Fuente: Elaboración Propia

Se extraen indicadores financieros como se muestra en la Tabla 16 para ser evaluados tomando como indicador de aceptación los proyectos con un TIR mayor a 15% como se detalla en la Figura 8 del flujo del proyecto.

Tabla 16*Comparación de los indicadores financiero para cada SAGE^A y SAGE^B*

Indicadores Financieros	SAGE ^A	SAGE ^B
Evaluación a	3 años	3 años
TIR	9.66%	15.22%
VAN @ WACC (11.2%)	-42,966.56	31,760.95
Margen Bruto en PES/TM	1,891.49	1,891.49
Margen de Contribución en PES/TM	1,714.77	1,714.77
Tiempo de Recupero	4 años	3 años

Fuente: Elaboración Propia

4.1.5. Negociación y firma de contrato

Siguiendo el diagrama de flujo de procesos mostrados en la Figura 8, posterior a la elaboración de la propuesta de Inversión y aprobaciones internas de la empresa, se presenta GG de mina el precio final del GLP en PEN/gal y PEN/TM, así como el contrato donde estipula el volumen comprometido mínimo anual de 130 TM/año y la duración del contrato por 5 años o hasta realizar el consumo de 650 TM posterior a los 5 años. El supervisor comercial y el JC de Llama Gas S.A. presentan el proyecto al cliente, así como las ventajas del grupo electrógeno a GLP^B, servicio técnico y facilidades para su atención las 24 horas del día y los 7 días a la semana.

4.1.5.1. Negociación. El supervisor comercial acompañado del JC Llama Gas S.A. presenta la propuesta de Inversión al cliente, negociación y firma del contrato realiza reuniones, seguimiento para cubrir la necesidad del cliente en el plazo estipulado. Parte de la estrategia abarca brindar un precio cómodo al consumidor, facilidades para atención de abastecimiento y servicio técnico, capacitaciones constantes al personal y promociones de acuerdo con el consumo real.

4.1.5.2. Contrato. Es emitido por el área legal de **Llama Gas S.A.** tomando en cuenta que los mantenimientos del grupo electrógeno a GLP^A en comodato deben ser asumidos por la empresa minera. Adicionalmente, El contrato formaliza la relación comercial entre la empresa minera y Llama Gas S.A., bajo la modalidad de comodato de

tanque estacionario y suministro exclusivo de GLP. En el documento, se identifica a la empresa minera como **COMODATARIO–SUMINISTRADO**, mientras que Llama Gas S.A. figura como **COMODANTE–SUMINISTRANTE**.

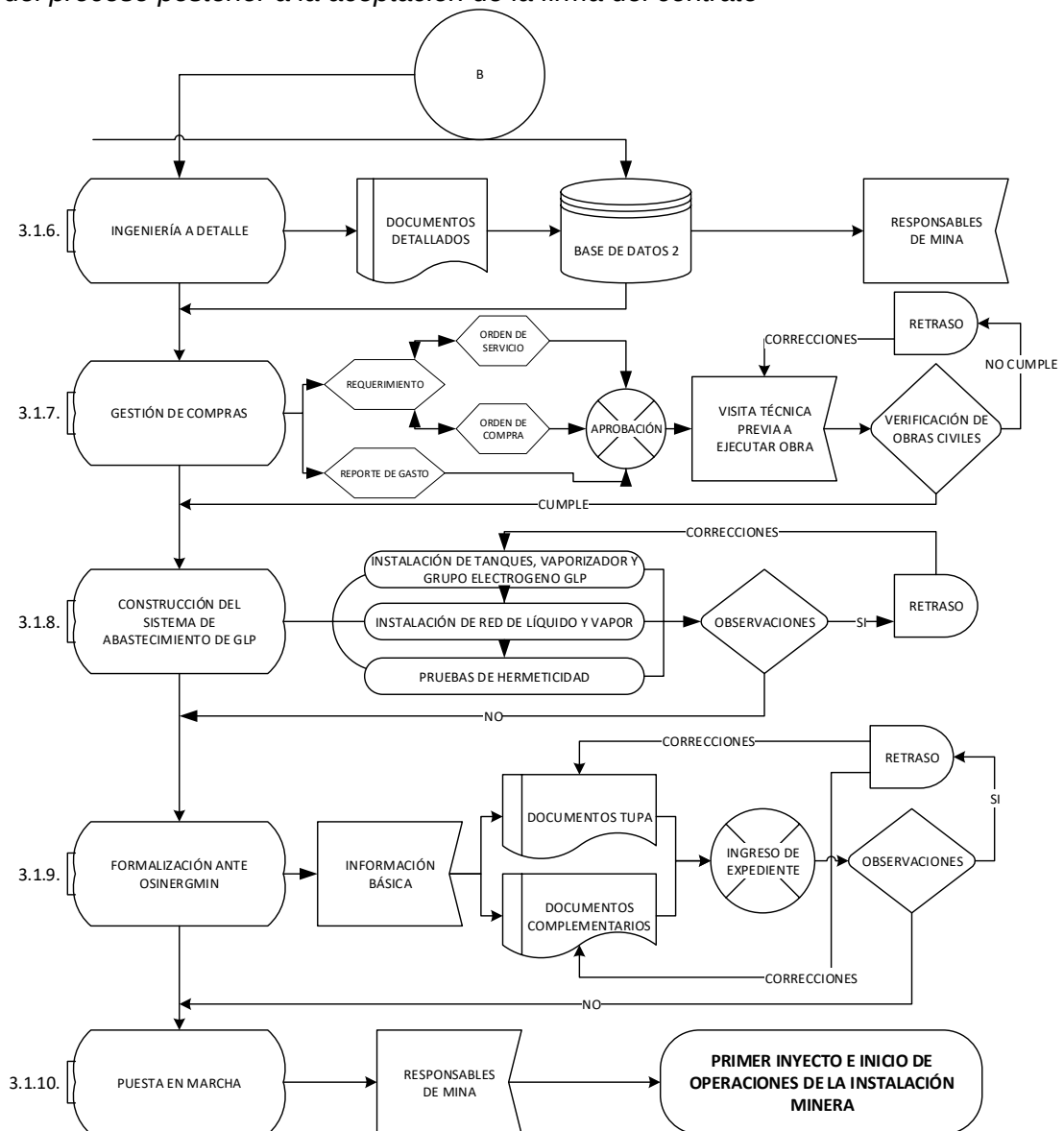
Llama Gas S.A., en su calidad de empresa privada con autorización vigente otorgada por la Dirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Energía y Minas, se dedica a la comercialización y envasado de gas licuado de petróleo (GLP) a nivel nacional, y es además titular de los tanques estacionarios que serán utilizados para el servicio.

En virtud del contrato, el **COMODANTE–SUMINISTRANTE** se compromete a abastecer de GLP al **COMODATARIO–SUMINISTRADO**, con el propósito de garantizar la operatividad de sus procesos. Se pacta una cláusula de exclusividad, lo cual impide que el **COMODATARIO** reciba suministro de GLP por parte de terceros durante la vigencia del acuerdo. El abastecimiento será realizado en función de los requerimientos operativos del **COMODATARIO**, quien deberá comunicar oportunamente sus necesidades a Llama Gas S.A. Asimismo, se establece un compromiso de consumo mínimo por parte del **COMODATARIO**, fijado en 64,198 galones anuales (equivalentes a 130 toneladas métricas), con una duración contractual de hasta cinco años.

4.1.5.3. Firma de contrato. Las revisiones del contrato por el área legal de la empresa minera y acuerdos aceptados por ambas partes, el GG de la empresa minera brinda la aprobación del proyecto firmando los contratos de manera manuscrita y legalizada. Posterior a ello, el JC de Llama Gas S.A. pone en conocimiento la aceptación del contrato al IDT para dar inicio al proyecto.

Figura 42

Flujo del proceso posterior a la aceptación de la firma del contrato



Fuente: Elaboración Propia

4.1.6. Ingeniería de detalle

De acuerdo con las Figura 8 y 42, se recopila la información de la ingeniería básica con el fin de generar un cronograma de trabajo detallado, planos Asbuilt detallados, ficha técnica del grupo electrógeno a GLP y lista de materiales a detalle a ser utilizados en el sistema de abastecimiento de GLP.

4.1.7. Gestión de compras

De los datos obtenidos en la ingeniería a detalle, el IDT solicita la generación de los siguientes requerimientos (RQ):

1. Compra de grupo electrógeno diésel de 300 kW con las especificaciones detalladas en la ingeniería a detalle.
2. Servicio de conversión de grupo electrógeno diésel a grupo electrógeno a GLP^A.
3. Grúa para traslado de 4 tanques de 1,000 galones de capacidad y 1 vaporizador de almacén Llama Gas S.A. a ubicación de la empresa minera.
4. Grúa para un (01) grupo electrógeno diésel de 300 kW del proveedor a la ubicación de la empresa que realizará la conversión.
5. Grúa para traslado de 1 grupo electrógeno a GLP^B de 300 kW de la empresa que realiza la conversión a ubicación de la empresa minera.
6. Compra de todos los materiales detallados en la ingeniería a detalle incluyendo los EPP's del personal.

El área de abastecimiento de Llama Gas S.A. proporciona los cuadros comparativos de los RQ antes mencionados y se procede a generar las órdenes de compra (OC) y ordenes de servicio (OS); adicionalmente se genera el reporte de gasto (RG) que involucra los viáticos del personal técnico instalador de GLP, viáticos del personal administrativo.

Como se visualiza en la Figura 42, se requiere aprobaciones internas donde interviene el IDT y el JC llama gas con el fin de lograr la aprobación del GC y GG de Llama Gas S.A. Posterior a la aprobación, el IDT establece comunicación con el SI de mina con el fin de realizar una visita técnica con el fin de validar las obras civiles solicitadas y dar inicio a la ejecución del proyecto.

4.1.8. Construcción del sistema de abastecimiento de GLP

Posterior a la conformidad del IDT de llama gas de las obras civiles ejecutada por el cliente, se establece la fecha de inicio de ejecución en el cronograma de actividades especificado en la ingeniería a detalle, iniciando con el traslado de equipos, activos y

materiales. Se procede con el anclaje de los tanques, vaporizador y grupo electrógeno, seguidamente de la interconexión de tanques estacionarios tanto la línea de líquido y vapor hasta el vaporizador.

Se interconectan los tanques tanto en línea de compensación de vapor, línea de consumo y línea de líquido, aguas arriba de los tanques se instala el vaporizador 80/40 y el sistema de doble regulación, aguas arriba del sistema de doble regulación se conduce tubería de cobre enterrada hasta el grupo electrógeno a GLP. Se prueban todas las líneas de GLP de acuerdo con normativa, línea de líquido a 350 psi con un manómetro calibrado de rango de 0.600 psi, línea de consumo a 80 psi con un manómetro calibrado de rango de 0.300 psi. La construcción del sistema de abastecimiento de GLP finaliza con la firma del acta de prueba de hermeticidad, acta de conformidad de instalación donde se debe apreciar la firma manuscrita del LTI Llama Gas S.A., IDT Llama Gas S.A. y SI de mina que indica la aceptación de la obra.

4.1.9. Formalización ante OSINERGMIN

De acuerdo con lo establecido en la Resolución de Consejo Directivo OSINERGMIN N° 150-2024-OS/CD, que aprueba el “Reglamento del Registro de Hidrocarburos de OSINERGMIN”, se establece el marco normativo para el proceso de inscripción o modificación de instalaciones en dicho registro.

En el Anexo 3.6, denominado “Requisitos para solicitar inscripción o modificación en el Registro de Hidrocarburos de: Consumidor Directo y Red de Distribución de GLP”, se detallan los requisitos mínimos exigibles para iniciar el procedimiento de registro ante el ente fiscalizador.

Este proceso tiene como finalidad garantizar que los sistemas de abastecimiento de GLP cumplan con los criterios técnicos y normativos exigidos para su funcionamiento legal, permitiendo así la obtención de la aprobación correspondiente por parte de OSINERGMIN, en su calidad de organismo supervisor.

1. Solicitud formal de inscripción, debidamente completada según el formato proporcionado por el organismo regulador.

2. Declaración jurada de cumplimiento normativo, mediante la cual el solicitante certifica el cumplimiento de los aspectos legales y técnicos exigidos.
3. Documentación del solicitante, que varía según su naturaleza: Para personas naturales: indicación precisa del número de DNI y para personas jurídicas: presentación de una copia del documento que acredite la representación legal, indicando el RUC, número de partida, asiento registral y zona registral correspondiente. En caso de apoderados, se debe incluir el número de DNI y una carta poder firmada por el otorgante.
4. Certificados de conformidad de los tanques de almacenamiento de GLP, emitidos por entidades certificadoras acreditadas por INACAL o por organismos internacionales reconocidos. Alternativamente, se puede presentar el reporte U-1 o U-1A, conforme al Código ASME Sección VIII. Para tanques que hayan sido reparados o modificados estructuralmente, se requiere un certificado de inspección conforme al código API 510, NB-23 o normativa nacional vigente. Asimismo, si se reinstalan tanques usados, será necesario contar con el correspondiente certificado de inspección.
5. Planos actualizados del proyecto, en formato físico y digital, que deben incluir: croquis de ubicación del establecimiento, plano de distribución de equipos y elementos clave (tanques, ductos, etc.), plano isométrico detallando conexiones, válvulas, tuberías y otros componentes relevantes, diseño eléctrico e instrumentación, incluyendo clasificación de zonas peligrosas si corresponde, detalle de las obras civiles necesarias, plano de circulación (en caso de instalaciones con equipos de despacho).
6. Registro fotográfico a color, donde se evidencie la ubicación de los tanques, el frontis del local, punto de llenado y componentes adicionales como vaporizadores o sistemas de corte remoto, si fueran aplicables.
7. Póliza de seguro de responsabilidad civil extracontractual, en vigor y con coberturas acordes al tipo de establecimiento.

En el caso específico de consumidores directos que operen equipos de despacho para vehículos, se deben cumplir también las exigencias técnicas equivalentes a las establecidas para los Gasocentros de GLP, contando con el Informe Técnico Favorable y las Actas de Verificación respectivas, según lo estipulado en las fichas normativas correspondientes.

Adicionalmente, a los requisitos indicados en la RCD 150-2024 se debe dar cumplimiento a las normas técnicas peruanas: 321.123-2012 revisada el 2018, 321.121-2008 revisada 2012 y la NFPA 58 revisada 2020, el ITD genera la Tabla 17 representando el check list que debe cumplir para obtener la autorización del ente fiscalizador.

Tabla 17

Check list de formalización

	Ítem	Instalación		Elaborador		Firma
		Aplica	No aplica	Cliente	Llama Gas S.A.	
1	Formulario de solicitud	X			X	CV
2	DNI y vigencia de poder del representante	X		X		N
3	Dj 15 técnica	X			X	CIV
4	Certificado de fabricación del tanque	X			X	N
5.1	Plano de ubicación	X			X	CIV
5.2	Plano de distribución	X			X	CIV
5.3	Plano isométrico	X			X	CIV
5.4	Plano de riesgo eléctrico	X			X	CIV
5.5	Plano de obras civiles	X			X	CIV
6	Memoria fotográfica	X			X	CV
7	Póliza completa	X			X	N
8	CCI	X			X	CV
9	Análisis de seguridad	X			X	CV
10	Carta de comunicación a los bomberos		X		N	N
11	Certificado estructural		X		N	N
12	Acta de prueba de hermeticidad	X			X	CIV

13	Libro de registros de inspecciones foliado y legalizado	X		X	C
14	Certificado de mantenimiento y operatividad	X		X	V
15	DJ del instalador	X		X	CIV
16	Certificado de los extintores UL	X		X	N
17	Escalera de dos pasos	X	X		N
18	Protección contra impacto vehicular	X	X		N
19	Cerco perimétrico	X	X		N

Legenda:

V: requiere VB del IDT

I: requiere firma del ingeniero colegiado y habilitado

C: requiere firma del representante legal de mina

N: No requiere firma

Fuente: Elaboración Propia

Se proceden con el llenado de los formatos de acuerdo con lo brindado por el cliente y la parte técnica verificada, se recopila el *data report (Form U-1ª)* de los cuatro tanques instalados de 1,000 galones de capacidad cada uno, que en concordancia al RCD 150-2024 es aceptado, se brinda las caratulas de los libros de registros de inspecciones de cada tanque para iniciar los trámites de legalización y foliado. Adicionalmente, se recopila el certificado de operatividad de al menos 2 extintores PQS con certificación UL de rating mínimo 10A:120B:C de 20 lbs de peso correctamente señalizados de acuerdo con lo descrito en la ingeniería básica y en concordancia al análisis de seguridad.

Se revisa los planos de obra entregados de acuerdo con el RQ generado en la gestión de compras, se brinda la conformidad para que sean impresos y firmados de manera manuscrita por el representante legal de mina y por ingenieros colegiados y habilitados de acuerdo con la especialidad.

Se elabora el informe técnico teniendo en cuenta en utilizar fotografías nítidas y a color, con medida mínima de 15 x 10 cm en las que se aprecie el proceso de instalación de la red de GLP, pruebas de hermeticidad a la línea de GLP, la ubicación de los cuatro tanques de almacenamiento de GLP incluyendo vistas panorámicas, frontis del establecimiento donde se ubican los tanques de almacenamiento de GLP, placa de cada

tanque, válvulas de cada tanque, sistema de regulación de primera etapa incluyendo válvula de alivio de aplicar y vaporizador de GLP. Este documento será designado al file de obra y utilizado como memoria fotográfica en el proceso de formalización.

Para completar exitosamente el expediente a ingresar a OSINERGMIN, se genera una carta poder simple del representante de la mina indicando que el IDT de Llama Gas S.A. gestionará y responderá oficios de OSINERGMIN para la obtención del registro, se revisa toda la documentación y de estar correcta se emite el Certificado de Conformidad de Instalación firmado por el representante legal de Llama gas. El N° de CCI se registra en el formulario y Posterior a ello, se deriva a la dirección legal del cliente para revisión y firma manuscrita del representante legal de mina en todas las hojas de los documentos requeridos en concordancia a la Tabla 17.

Cliente deriva los documentos correctamente firmados de manera manuscrita en todas las hojas, se proceden a digitalizar y se ingresan por ventanilla virtual de OSINERGMIN, generando un cargo que contiene un número de expediente.

Inmediatamente se proceder al ingreso del expediente y los planos de manera física por mesa de OSINERGMIN. A partir de ese instante OSINERGMIN cuenta con 30 días hábiles para brindar una respuesta y de existir observaciones, OSINERGMIN pone en conocimiento al administrado y brinda una copia del oficio de observaciones a Llama Gas S.A. En ese momento, el IDT de Llama Gas S.A. organiza las observaciones y designa responsabilidades con el fin de poder ser subsanadas.

Se ingresa un escrito indicando el levantamiento de observaciones y OSINERGMIN cuenta con un plazo máximo que consiste en la diferencia de los 30 días hábiles con los días hábiles transcurridos hasta la notificación del oficio de observaciones mediante el Sistema de notificaciones electrónicas (SNE).

OSINERGMIN notifica la ficha de registro de hidrocarburo o en su defecto notificará un informe técnico denegatorio (ITD) donde brindará un plazo máximo de 15 días hábiles para presentar una apelación.

De obtener la ficha de registro, el IDT de Llama Gas S.A. registra los documentos y verifica que se halla cargado la póliza a la Plataforma Virtual de OSINERGMIN (PVO). Posterior a ello, brinda la autorización del abastecimiento a granel a la empresa minera.

Se programa el primer inyector de GLP a los tanques y se dispone de personal técnico para asistir al primer inyector y puesta en marcha del grupo electrógeno a GLP^A con el sistema de abastecimiento de GLP autorizado.

4.1.10. Puesta en servicio

El equipo técnico asiste al primer inyector de los tanques de GLP posterior a la obtención de la ficha de registro brindada por OSINERGMIN, se inyecta tanque por tanque verificando las conexiones directas de las válvulas y se llena el *check list* de primer inyector.

Se procede con las aperturas de las llaves, tanto líquido y vapor, se pone en servicio el vaporizador 80/40 y se envía GLP vapor a una temperatura mayor a la del ambiente hasta el grupo electrógeno a GLP^B.

Se enciende el grupo electrógeno a GLP^B y se prueba hasta los parámetros máximos establecidos, en paralelo a ello se solicita al cliente poner en marcha los equipos que son abastecidos por energía eléctrica por el grupo electrógeno a GLP^B, se finaliza con la firma del acta de puesta en marcha de la instalación por el cliente y el IDT de Llama Gas S.A. brindando la conformidad e inicio de operaciones del grupo electrógeno a GLP^B en la instalación minera en concordancia a la Figura 42.

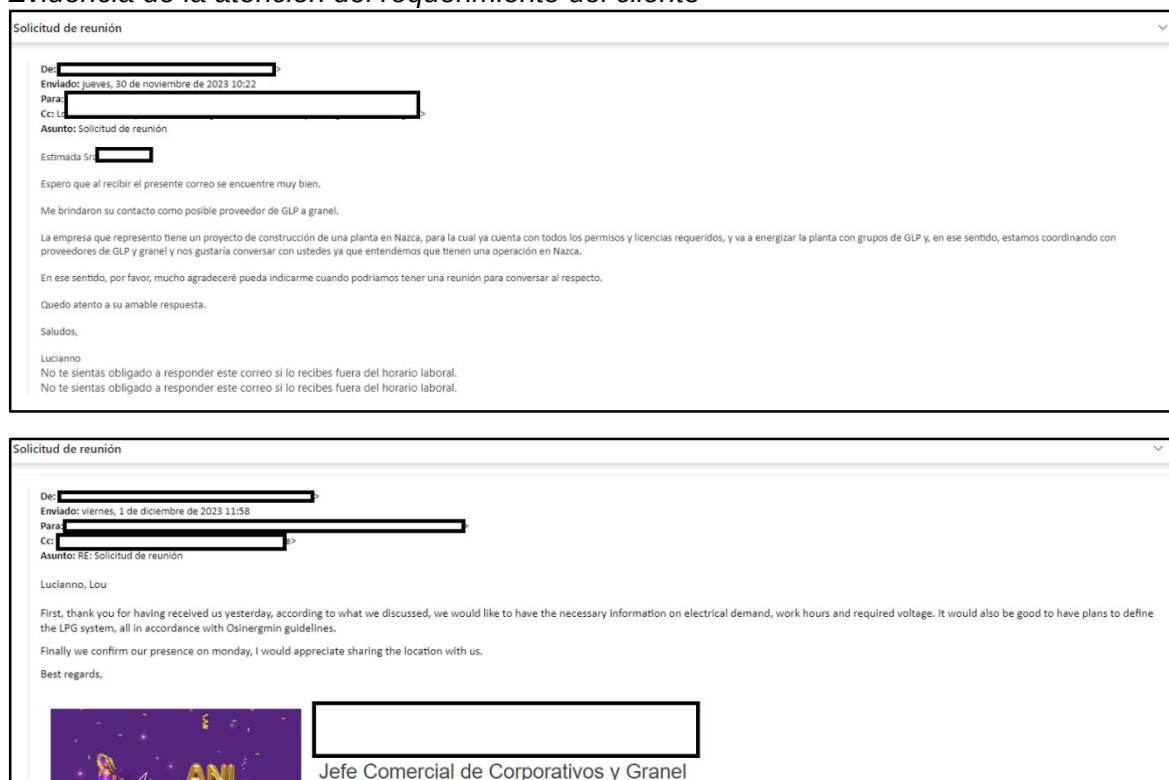
Capítulo V. Análisis y discusión de resultados

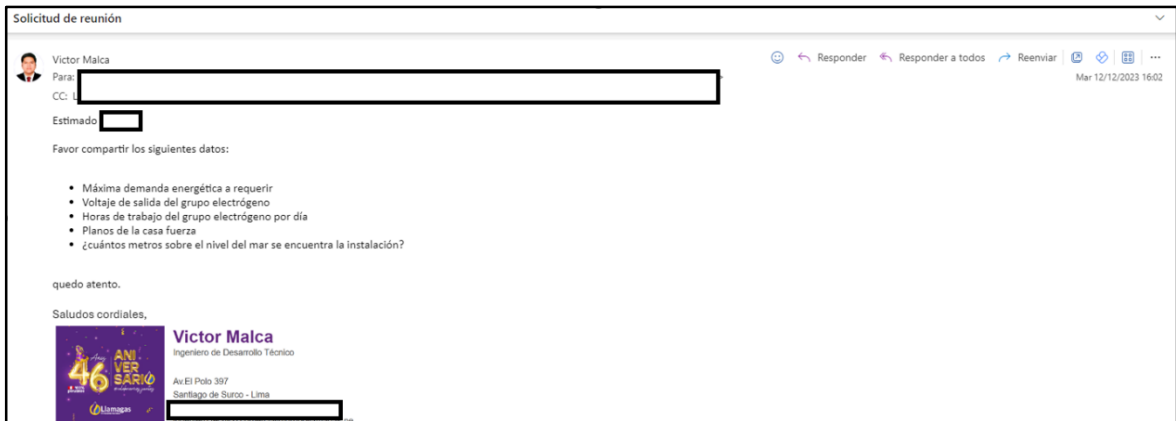
5.1. Requerimiento del cliente

El requerimiento del cliente consistió en el abastecimiento de GLP a grupo electrógeno para cubrir la demanda de 232.1 kW de energía eléctrica constante a una unidad minera ubicada en Nasca – Ica ubicado a una altura de 1000 m.s.n.m por lo que se evalué y efectuó la compra de un grupo electrógeno diésel convertido a GLP de 300 kW y la instalación de cuatro tanques de almacenamiento de 1,000 galones y un (01) vaporizador de fuego directo 80/40 marca Algas así como la instalación de red de GLP, pruebas y formalización ante OSINERGMIN.

Figura 43

Evidencia de la atención del requerimiento del cliente





Fuente: Llama Gas S.A.

5.2. Ingeniería básica

5.2.1. Información del sitio y contexto

Respecto a la visita realizada, el cliente acondicionó la ubicación donde se llevará a cabo la instalación del sistema GLP y grupo electrógeno, para ello empleó maquinaria pesada nivelando el suelo y acondicionó los escombros para evitar derrumbes, se muestra a continuación en la Figura 44 el proceso llevado a cabo por el cliente.

Figura 44

Vista panorámica de la ubicación del sistema GLP a instalarse



Fuente: Empresa minera

5.2.2. Información de los stakeholders

Se elabora la Tabla 18 identificando a las partes interesadas, ya sea, la empresa minera como cliente, Llama Gas S.A. considerando los gerentes, jefes, área técnica y el ente fiscalizador que brindará la ficha de registro de hidrocarburos para la puesta en marcha posterior a visitas y revisión de información documentaria. En la tabla a continuación se consideran los criterios de poder, interés y expectativas además del nivel de influencia en el proyecto ya sea alto (A), medio (M) o bajo (B) así como el diagnóstico actual resultando **OPOSITOR RELEVANTE, OPOSITOR, INDIFERENTE, COOPERANTE y COOPERANTE RELEVANTE.**

Tabla 18

Relación de los stakeholders y su impacto en el proyecto

ORGANIZACIÓN	CARGO	PERSONA DE CONTACTO	PODER		INTERÉS		EXPECTATIVAS		Diagnostico actual
			Nivel de influencia en el proyecto	Nivel de autoridad sobre el proyecto	Nivel de impacto hacia el proyecto	Motivación hacia el proyecto	Nivel de cooperación requerida	Reacción actual frente al proyecto	
			1. Alto (A)	1. Alto (A)	1. Alto (A)	1. Alto (A)	1. Indispensable (I)	1. Entusiasta (E)	
			2. Medio (M)	2. Medio (M)	2. Medio (M)	2. Medio (M)	2. Necesario (N)	2. Oponente (O)	
			3. Bajo (B)	3. Bajo (B)	3. Bajo (B)	3. Bajo (B)	3. No necesario (NN)	3. Neutro (N)	
EMPRESA MINERA	G.G. MINA	JUAN P.	A	A	A	A	I	E	COOPERANTE RELEVANTE
	G.L. MINA	LETZER M.	A	A	A	A	N	E	COOPERANTE
LLAMA GAS S.A.	G.G. LLAMA GAS	YANINA C.	A	A	A	A	I	E	COOPERANTE RELEVANTE
	G.C. LLAMA GAS	SONIA C.	A	A	A	A	I	E	COOPERANTE RELEVANTE
	J.C. LLAMA GAS	ANDREA D.	A	M	A	A	I	E	COOPERANTE
	S.S.C.C. LLAMA GAS	LEEVY C.	M	B	M	A	N	N	INDIFERENTE
	IDT LLAMA GAS	VICTOR M.	A	A	A	A	I	E	COOPERANTE RELEVANTE
	SMST	MARCO C.	M	M	M	A	I	E	COOPERANTE
	LET	RUBEN T.	B	B	B	M	N	N	INDIFERENTE
OSINERGMIN	JEFE REGIONAL	VICTOR P.	A	A	A	B	NN	O	OPOSITOR RELEVANTE
	ESPECIALISTA OSINERGMIN	LI A.	A	M	A	B	NN	O	OPOSITOR RELEVANTE
	EMPRESA SUPERVISORA DE OSINERGMIN	CONSORCIO D.	M	B	B	B	NN	O	OPOSITOR

Fuente: Elaboración Propia

Siglas empleadas:

- G.G. de Mina: Gerente General de mina
- G.L. de Mina: Gerente de logística de mina
- G.G. Llama Gas: Gerente General de Llama Gas S.A.
- G.C. Llama Gas: Gerente Comercial de Llama Gas S.A.
- J.C. Llama Gas: jefe comercial de Llama Gas S.A.
- S.C. Llama Gas: Supervisor comercial de Llama Gas S.A.
- IDT: Ingeniero de desarrollo técnico de Llama Gas S.A.
- SMST: Supervisor de mantenimiento y servicio técnico de Llama Gas S.A.
- LET: Líder de equipo técnico
- J.R. OSINERGMIN: jefe regional de OSINERGMIN
- E OSINERGMIN: Especialista de OSINERGMIN
- ES OSINERGMIN: Empresa supervisora de OSINERGMIN

5.2.3. Información técnica

En base a los criterios de costo, consumo, condiciones de temperatura y presión, se seleccionó el grupo electrógeno diésel modelo MGG450 con potencia *stand by* de 350 kW, potencia prime de 318 kW, potencia continua de 300 kW, tipo encapsulado e

insonorizado, tres fases más neutro, factor de potencia de 0.8 con sistema de refrigeración, protección y tablero de control cumpliendo la NFPA 110 y consumo estimado en diésel de 17.81 galones/h con presión de ingreso de 14.7 psi y precio en dólares de 40,877.50. Llevando a cabo la conversión del equipo en mención a GLP se obtiene un consumo de combustible a una carga de 232.1 kW con potencia continua por 24 horas de 24 galones de GLP por hora, con rango de presión de ingreso entre 20 a 80 psi y temperatura superior a 50 °C para operaciones óptimas el precio incluyendo la conversión asciende a \$ 51,377.50.

5.2.4. Información de proveedores

Debido a que se optó por el grupo electrógeno convertido de diésel a GLP, se actualizó la Tabla 19 las ordenes de compra del grupo electrógeno diésel, tanques estacionarios de 1,000 galones de capacidad cada uno, vaporizador de fuego directo marca Algas modelo 80/40, tuberías de acero, cobre, ordenes de servicio de conversión del grupo electrógeno a GLP, traslado de tanques y grupo electrógeno de Lima a Nasca y adelanto para viáticos, peajes, hospedajes del personal del servicio técnica a realizar las instalaciones.

Tabla 19

Disponibilidad de recursos requeridos para la construcción del SAGE^B

Ítem	Stock / disponibilidad	Tiempo de entrega / ejecución	Observaciones
Grupo electrógeno diésel	Si	1 semana posterior del envío de la OC	Recojo en el proveedor. Realiza pruebas con carga al GE
Conversión del grupo electrógeno diésel a GLP ^B	Si	15 días hábiles posterior del envío de la OS	Se debe enviar el GE diésel. Recojo en el proveedor posterior a la conversión. Realiza pruebas con carga al GE
Tanques estacionarios de GLP 1,000 galones	Si	A la fecha se cuenta con tanques en almacén Llama Gas S.A.	Se debe generar una OS para dar salida y puedan estar disponibles para traslado.
Vaporizador de fuego directo 80/40 galones	Si	A la fecha se cuenta con vaporizadores en almacén Llama Gas S.A.	Se debe generar una OS para dar salida y puedan estar disponibles para traslado.
Tubería en Acero SCH 80 y accesorios 150lb/300lb	Si	Entrega 1 día hábil posterior del envío de OC	Envíos incluidos para lima metropolitana.
Tubería en Cobre tipo "L" y accesorios	Si	Entrega 1 día hábil posterior del envío de OC	Envíos incluidos para lima metropolitana.

Grúas	Si	Ejecución posterior a 1 día hábil del envío de la OS	Traslado desde almacén Llama Gas S.A. a instalación. No incluye ingeniero de seguridad y/o exámenes.
Técnicos instaladores de GLP	Si	A la fecha se cuenta con un líder técnico de instalaciones de GLP y dos técnicos instaladores de GLP	Tiempo de ejecución 9 días, incluye puesta en marcha. Se debe generar una orden de trabajo con 5 días de anticipación.

Fuente: Elaboración Propia

5.2.5. Información Financiera

En comparación con el sistema de GLP con grupo electrógeno dedicado a GLP, el grupo electrógeno convertido de diésel a GLP resulta más económico y mejores rendimientos, por lo tanto, se emplea los datos mostrados en la Tabla 20 en la evaluación financiera con la finalidad de evaluar la rentabilidad del proyecto. Se observa que el costo total del proyecto asciende a \$ 83,124.12 e incluyendo las contingencias asciende a \$ 99,748.94.

Tabla 20

Resumen de costos para la instalación del sistema GLP del SAGE^A

Ítem	Descripción	Sistema de abastecimiento de GLP para el Grupo electrógeno a GLP ^B (SAGE ^B)			
			Cantidad	Unitario (dólares)	Total (dólares)
1	Grupo electrógeno a GLP ^B	UND	1	\$ 51,377.50	\$ 51,377.50
2	Instalación de redes de GLP	GLB	1	\$ 6,865.29	\$ 6,865.29
3	Tanques estacionarios de almacenamiento de GLP tipo superficiales	UND	4	\$ 3,600.00	\$ 14,400.00
4	Vaporizador de fuego directo 80/40	UND	1	\$ 5,824.00	\$ 5,824.00
5	Traslado de equipos y materiales	GLB	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
6	Mantenimiento anual del sistema de abastecimiento de GLP por año	GLB	1	\$ 847.33	\$ 847.33
7	Formalización	GLB	1	\$ 510.00	\$ 510.00
8	Puesta en marcha	GLB	1	\$ 300.00	\$ 300.00
Costo Total SAGE^A=					\$ 83,124.12
Costo Total SAGE^A inc. Margen de contingencia					\$ 99,748.94

Fuente: Elaboración Propia

5.3. Análisis financiero de la inversión

Se llevó a cabo la evaluación financiera de la inversión para la instalación del sistema de abastecimiento de GLP para la empresa minera incluyendo al grupo

electrógeno GLP^B a 3 años y precio de GLP puesto en la instalación de 8.50 soles/galón, en base a los datos mostrados en la Tabla 20 se genera la Figura 45 y la Tabla 21, en los cuales se calculan y se muestran los indicadores financieros que permitirán evidenciar la rentabilidad del proyecto. Se obtiene que el proyecto cuenta con una Tasa Interna de Retorno del 15.22%, Valor Actual Neto del S/ 31,760.95 y Margen de Contribución de 1,714.77 PEN/TM y un tiempo de recuero de 3 años.

Figura 45

Propuesta de Inversión basado en la instalación del sistema GLP para el SAGE^B

Ilama +plus DESARROLLO DE NEGOCIO										
PROPUESTA DE INVERSION										
Título						Fecha		01/09/2024		
Producto		GLP	RUC		IDT		Victor Malca			
Razón Social						Supervisor Comercial		Leevi Camborda		
Nombre Comercial		PLANTA PISCO				Región		Centro		
# AFI correlativo		PG - LC-240104				Distrito / Provincia		NAZCA		
Planta Abastecimiento		Pisco				Flete		Pisco a Ica		
Canal		Industria				Rubro		Minería		
Cliente con Línea Crédito		si	Línea de Crédito		S/	1.980.000,00	Volumen (TM/AÑO)		125	
Días de Crédito		30	Periodo máx. 1er Inyecto			1 mes	Tiempo de contrato (Años)		5	
Ratio de Inversión por TM		S/ 2.972,06	Inversión Total		S/	371.507,76	Inversion AFI		S/ 102.375,42	
Precio (Sin IGV)		8,50	PES/GAL							PES/KG
Inversión FI		T.C 3,77								
		Capacidad de Tanque (s)	Cantidad	Costo Unitario S/	Costo Unitario \$	C.U Mant. Anual S/	C.U Redes Anual S/	Sub Total Tanque S/	Sub Total Mtto. Anual S/	
1		1,000 galones	4	S/13.612	\$3.600	S/450	S/200	S/54.446	\$14.400	
2								S/0	S/0	
3								S/0	S/0	
4								S/0	S/0	
5								S/0	S/0	
Total			4					S/54.446	\$14.400	
								S/2.600	\$688	
Equipos		Equipos	Cantidad	Costo Unitario S/	Costo Unitario \$	Costo de Equipos S/		Mantenimiento Anual Equipos S/		
1		Vaporizador 80 GPH	1	S/22.020	\$5.824	S/22.020		\$5.824	S/500	
2						S/0				
3						S/0				
Total			1			S/22.020		\$5.824	S/500	
								\$132		
Evaluación Financiera		3 años	TIR		15,22%	VAN		S/ 31.760,95		
Tiempo de Recupero		3	Valor Residual		S/ 206.414,02	Margen de Contribución Unit.		1.714,77	PES/TM	
AFI N°						Margen Bruto Unitario		1.891,49	PES/TM	

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 21

Indicadores financieros para el proyecto con SAGE^B

Indicadores Financieros	SAGE ^B
Evaluación a	3 años
TIR	15.22%
VAN @ WACC (11.2%)	31,760.95
Margen Bruto en PES/TM	1,891.49
Margen de Contribución en PEN/TM	1,714.77
Tiempo de Recupero	3 años

Fuente: Elaboración Propia

5.4. Firma del contrato

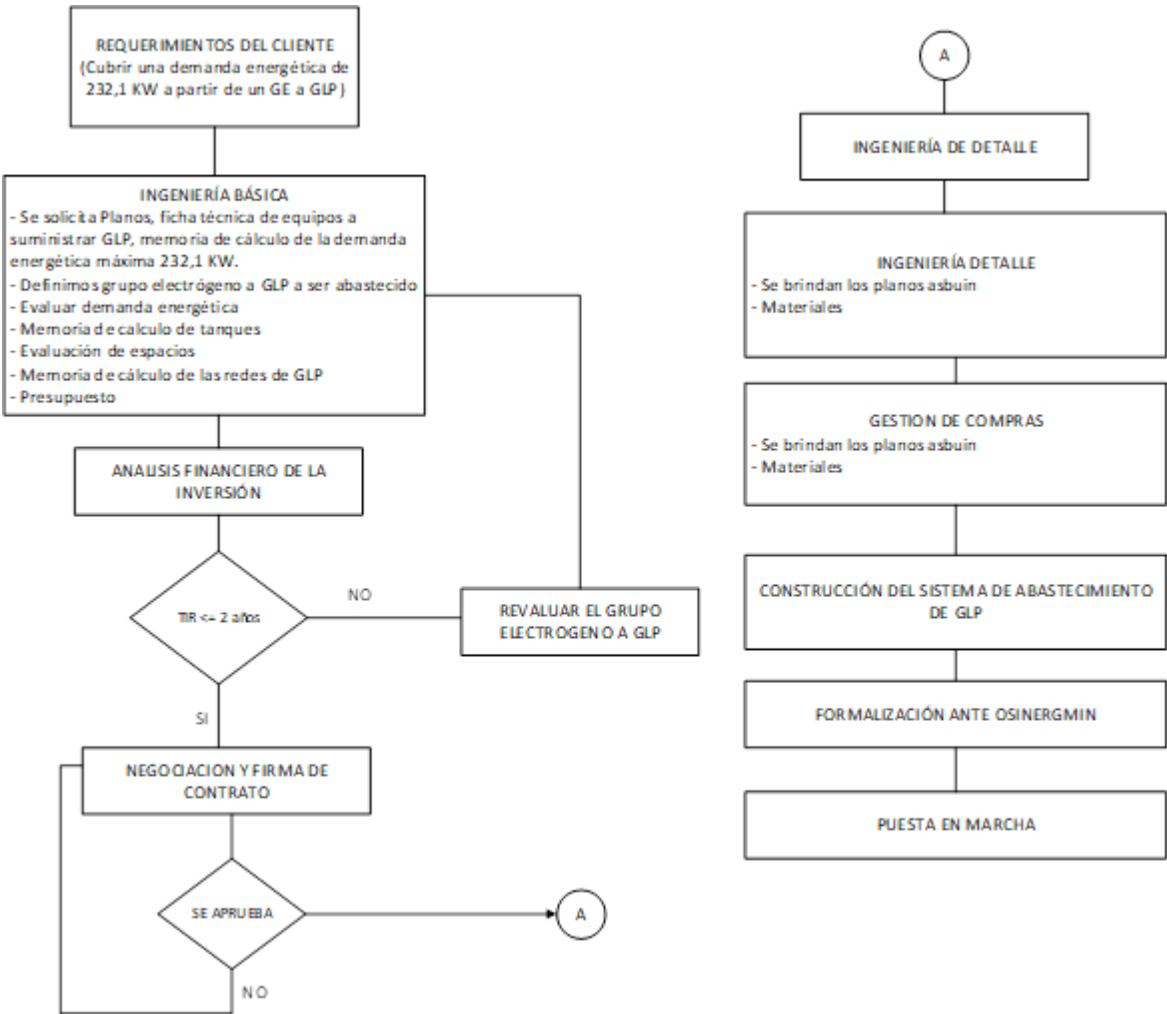
Se concretó la firma del contrato entre los gerentes de Llama Gas S.A. y la empresa minera bajo un consumo anual de 125 TM, por un periodo de cinco años o hasta consumir el volumen total 625 TM bajo un precio de 8.5 soles/gal. Ello se analizó bajo el análisis financiero a un consumo de 24 galones/h, una inversión total de \$ 83,124.12 y un margen adicional por contingencia de \$ 16,624.82.

5.5. Ingeniería de detalle

Para el desarrollo de la ingeniería de detalle, se atendió el requerimiento del cliente cubriendo una demanda energética de 232.1 kW a partir de un GE convertido de diésel a GLP, se llevó a cabo los cálculos, memoria de calcula para la estimación de la cantidad de tanques y vaporizador requerido, así como el presupuesto para la instalación correspondiendo a la ingeniería básica, se analizó financiamiento la viabilidad del proyecto y la firma del contrato por ambas partes, aceptado ello, se inició con la ingeniería de detalle iniciando con la elaboración de planos *Asbuilt* los cuales se presentaron inicialmente al área comercial como se muestra en la Figura 47, generación de diagrama de Gantt del proyecto como se muestra en la Figura 48 considerando los tiempos promedios de atención, se presenta en la Figura 49, 50 y 51 los planos de la instalación de los tanques, ubicación del tanque y del GE, obras civiles desarrolladas por el cliente para el cumplimiento normativo, compra de materiales necesarios para la instalación del sistema de abastecimiento de GLP, llevar a cabo las coordinaciones y la construcción, la formalización ante OSINERGMIN y seguimiento hasta la obtención de la ficha de registro y finalmente la puesta en marcha del sistema GLP, operatividad de los tanques, vaporizador y arranque del grupo electrógeno convertido de diésel a GLP.

Figura 46

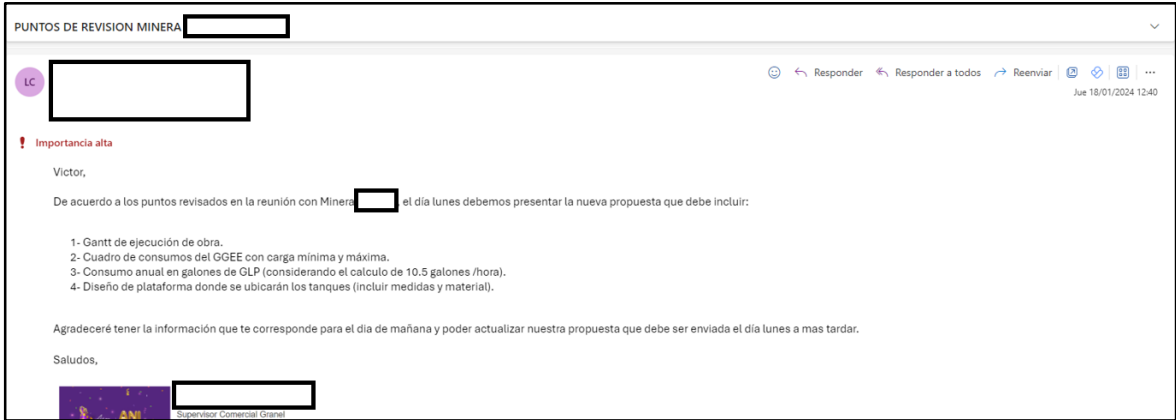
Proceso hasta la ingeniería de detalle del proyecto de la empresa minera

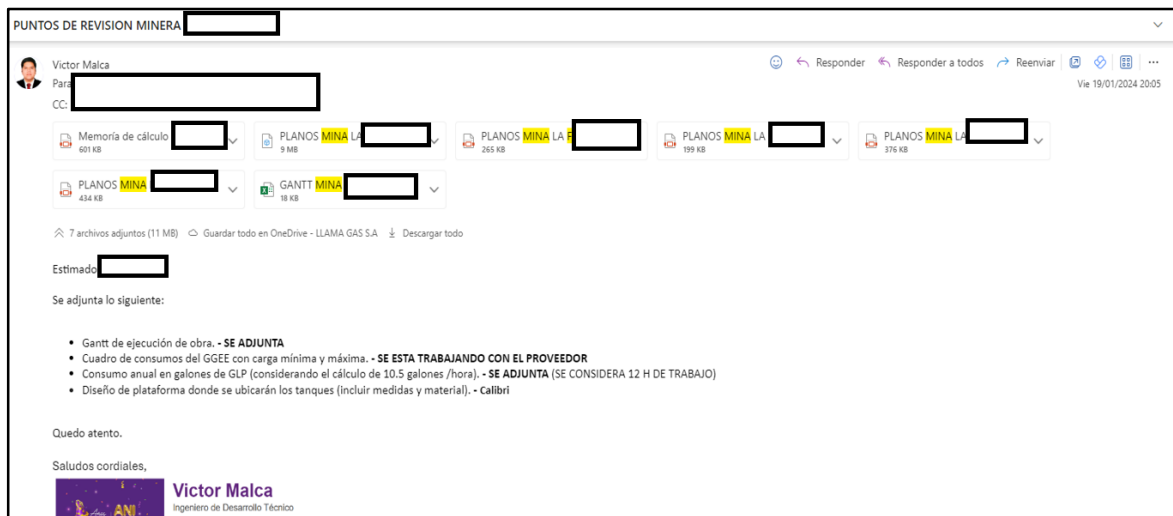


Fuente: Elaboración Propia

Figura 47

Solicitud y envío de información relacionada a la propuesta de instalación del sistema de abastecimiento de GLP a la empresa minera

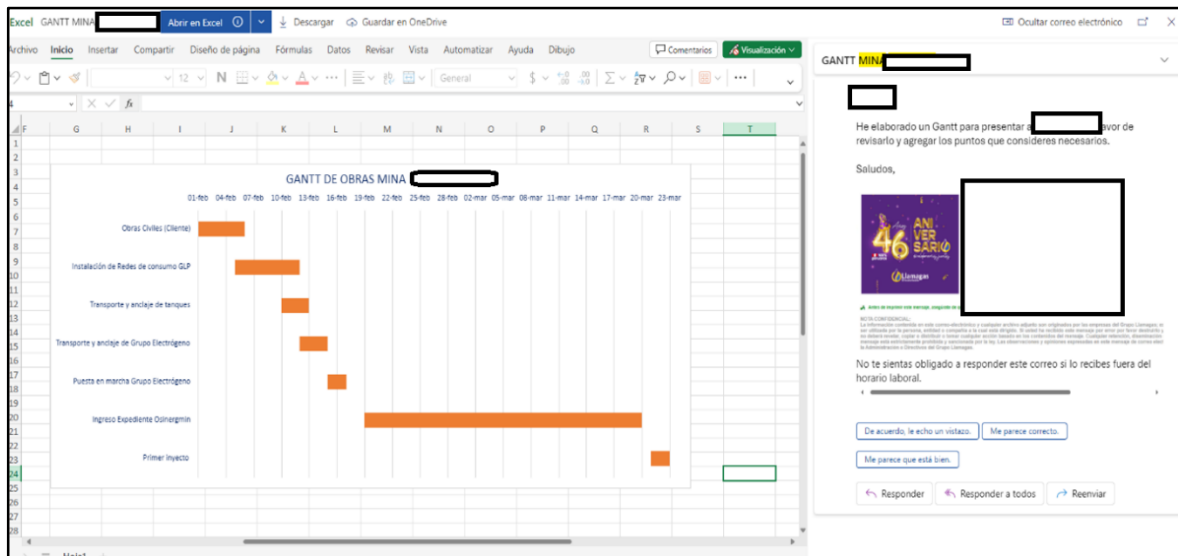




Fuente: Llama Gas S.A.

Figura 48

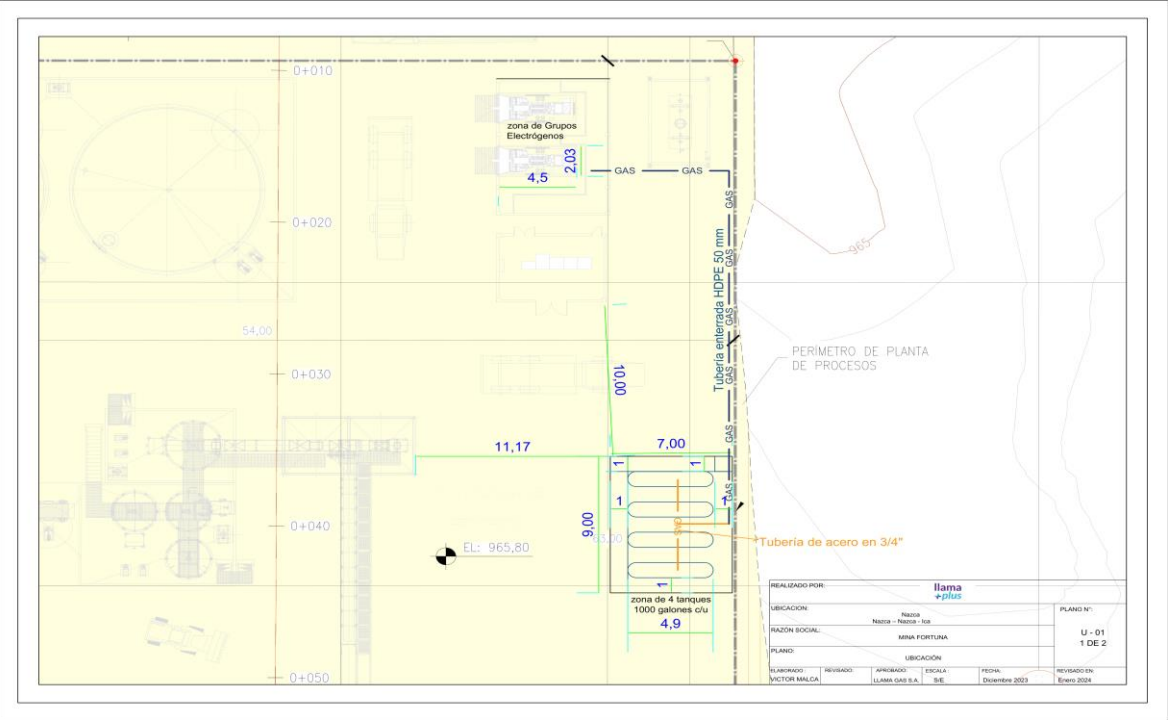
Diagrama de Gantt del proyecto del sistema de abastecimiento de GLP de la empresa minera



Fuente: Elaboración Propia

Figura 49

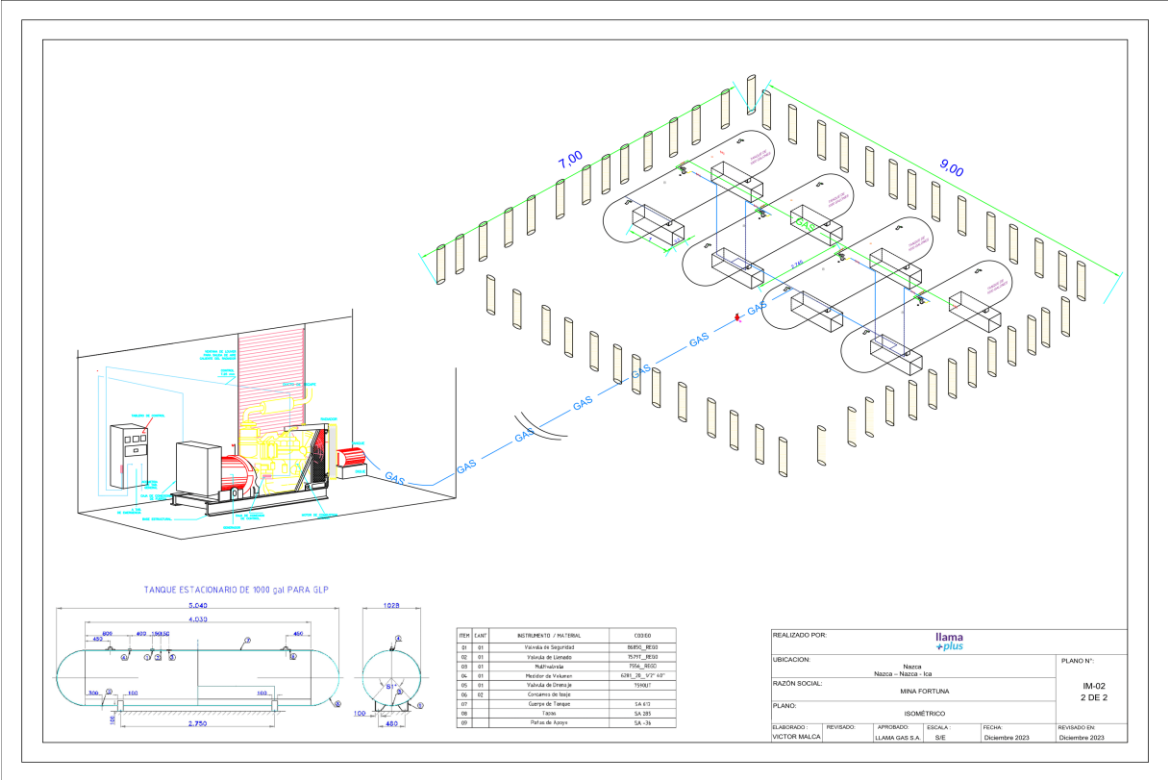
Plano de distribución del sistema de abastecimiento de GLP y recorrido de red



Fuente: Elaboración Propia

Figura 50

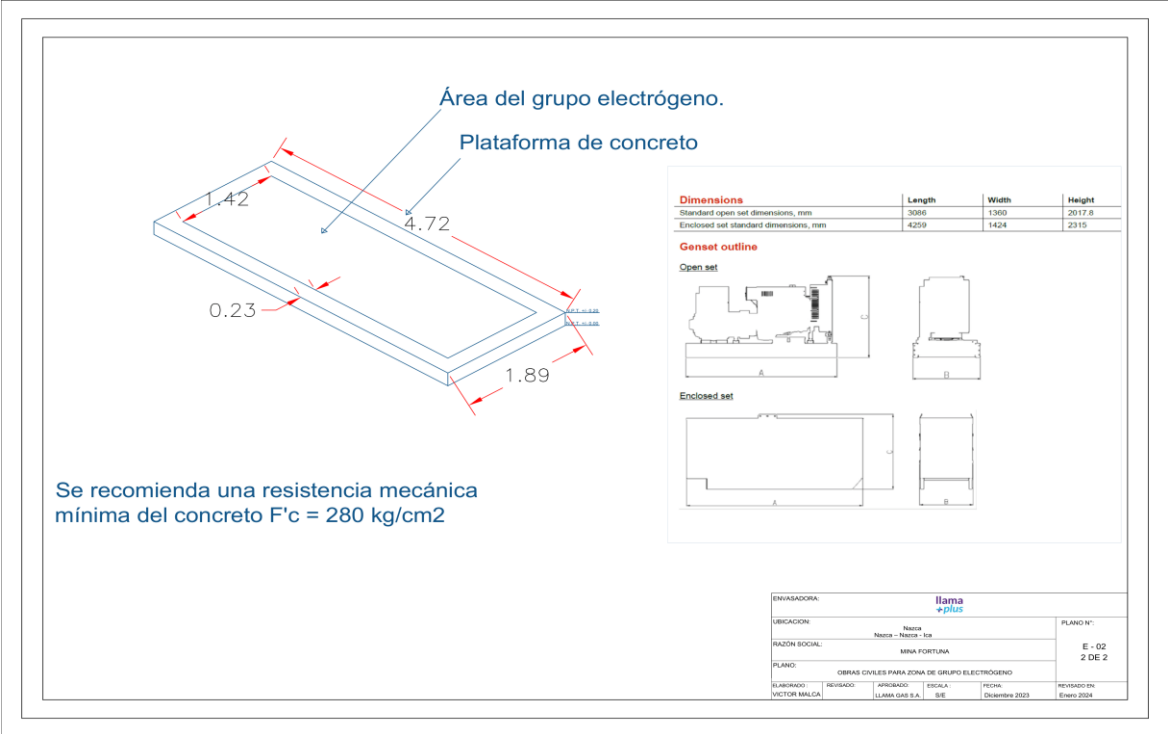
Plano isométrico de los tanques GLP, vaporizador y grupo electrógeno convertido



Fuente: Elaboración Propia

Figura 51

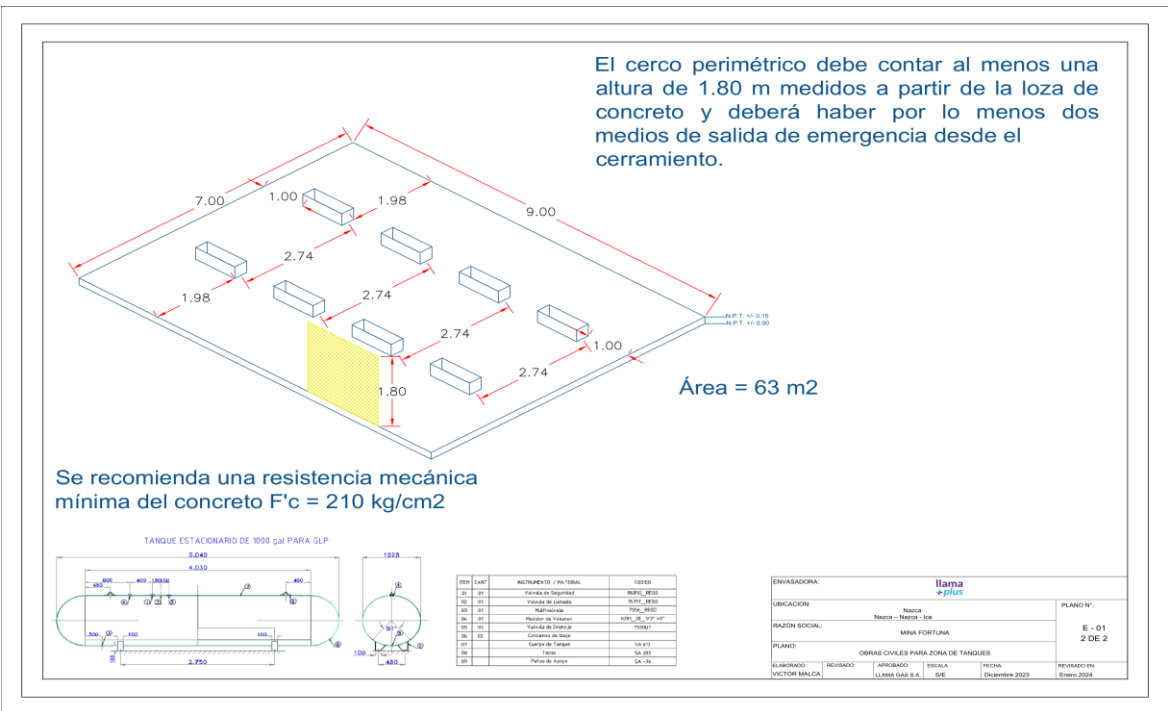
Plano de obras civiles para la plataforma de concreto del grupo electrógeno convertido



Fuente: Elaboración Propia

Figura 52

Plano de obras civiles para la instalación de las bases de concreto para los tanques de



GLP y cerco perimétrico de altura 1.80 m

Fuente: Elaboración Propia

5.6. Gestión de compras

Se genera la compra del grupo electrógeno de diésel de la empresa Rivera Diésel modelo MGG450 y se deriva la conversión a la empresa Green Energy quienes generan la conversión, para ello se revisan las especificaciones técnicas generales, especificaciones técnicas del motor, especificaciones técnicas del alternador los cuales se muestran las Tablas 22, 23 y 24.

Tabla 22

Especificaciones técnicas generales

Especificación técnica	Observación
Nº fases:	3 (trifásico)
Tensión:	460 V (puede ser modificada sin alterar el costo del grupo)
Frecuencia:	60 Hz
Potencia Stan By	350 kW (438 kVA)
Potencia Prime:	320 kW (400 kVA)
Amperaje en Stan By:	550A
Altura instalada:	< 1,500 m.s.n.m.
Tipo:	Encapsulado e insonorizado
Sistema de Lubricación:	Lubricación forzada de alta presión por bomba accionada por engranajes. Enfriador de aceite para trabajo pesado, filtro de aceite desechable y filtro By-pass. Sensores para la medición de la presión del lubricante
Sistema de Admisión:	Turbo alimentado con filtros de aire tipo seco para trabajo pesado
Sistema de escape:	Múltiples de acero forjado enfriado por aire, conectado a un tubo flexible y silenciador de tipo residencial
Sistema de combustible:	Bomba de combustible de inyección lineal tipo Bosch con actuador, prefiltro separador agua/combustible para proteger todo el sistema de inyección y filtros de combustibles descartables
Lubricación:	Con bomba de aceite para lubricación forzada; capacidad de aceite en el cárter: 16.4 litros
Sistema de enfriamiento:	Enfriado con agua, circulación forzada con bomba centrífuga de circulación, regulado por termostato y con aire de radiador
Capacidad de refrigerante:	28 litros
Sistema Eléctrico:	Alternador y arrancador de 24 V y de larga vida; todo el sistema eléctrico del motor, sensores y cableado es monitoreado por el tablero de control del grupo electrógeno

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 23

Especificaciones técnicas del motor

Especificación técnica	Observación
Marca del motor:	Weichai
Modelo del motor:	WP13D385E201
Ciclo:	4 tiempos
Gobernador de combustible:	Electrónica
Bomba de inyección:	Mecánica
Sistema de inyección:	Semi electrónica
N° de cilindros:	6 en línea
Desplazamiento Total:	12.54 L
Ratio de compresión:	17:1
Consumo de combustible aproximado en Régimen Prime al 75%:	18.38 galones/h
Consumo de combustible aproximado en Régimen Prime al 100%:	25.47 galones/h
Autonomía de trabajo al 75%:	10 horas

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 24

Especificaciones técnicas del alternador

Especificación técnica	Observación
Marca del generador:	Leroy Somer
Modelo del generador:	TAL-A46-H J 6/4 (incluye panel de control de motor y generador marca DSE)
Tipo:	Alternador de bajo voltaje para GE
N° de fases:	3
Factor de potencia:	0.8
Frecuencia:	60 Hz
Tipo de Excitación:	Autoexcitado
Tipo de aislamiento:	H
Grado de protección:	IP23
Regulación de tensión:	+/- 1%
Distorsión Armónica (THD):	< 2"
Wave form:	NEMA = TIF: < 50
Potencia <i>Stan By</i> :	368 kW
Potencia continua:	348 kW
Velocidad	1,800 rpm

Fuente: Elaboración Propia

Se comparte la ficha técnica del grupo electrógeno adquirido con el proveedor de conversión, quien finalmente programa una visita donde asiste el proveedor de la conversión del GE, área comercial de Llama Gas S.A. y área de ingeniería y desarrollo

técnico de Llama Gas S.A. validando físicamente al grupo electrógeno el requerimiento técnico. Se probó el GE a diésel con un bando de prueba que dispuso el proveedor para comprobar su funcionamiento de fábrica llegando al pico de 350 kW en Stand By procediendo a enviar el GE al taller del proveedor quien ejecutará la conversión.

A la llegada del GE al taller de conversión, se procedió a retirar todos los componentes relacionados al diésel entre ellos: la bomba, cañerías de combustibles diésel, filtros e inyectores. Se procede a modificar el alojamiento de los inyectores para que puedan instalarse las bujías, en el múltiple de admisión de aire se procedió a instalar un obturador, sensor MAP y las adaptaciones necesarias para que pueda ingresar el gas GLP suministrado por dos reductores y el riel de inyectores. Green Energy ha diseñado e instalado una ECU (unidad de control electrónica) propia la cual está conectada al motor a través de cables y sensores (MAP, IAT, CLT, TPS).

Figura 53

Visita y prueba del grupo electrógeno a diésel





Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar que el sistema de arranque y las protecciones del GE se encuentran trabajando de acuerdo con la configuración de fábrica. Pasando los 10 días calendario al recibir el GE para conversión, el proveedor solicita al área de ingeniería y desarrollo técnico de Llama Gas S.A. la conformidad del servicio, se procede a pactar una reunión con el fin de comprobar el funcionamiento del GE. Para las pruebas de utilizó un banco de prueba, un tanque toroidal de 11 galones de capacidad de almacenamiento de GLP de uso automotor abastecido de al 80% de acuerdo con normativa vigente, con una manguera para uso de GLP en estado líquido que es conectado a los reductores del GE. Se pone en marcha el GE e inicia con fuertes ruidos que es estabilizado pasado los 20 segundos, el proveedor precisa que es porque la temperatura de inicio es fría.

Se visualiza que el control del generador y las protecciones de fábrica están de acuerdo con la configuración de fábrica, ya que la empresa asignada a la conversión no ha variado la configuración original de panel del control, AVR y gobernador, ello permitirá colocar grupos en paralelo o complementar con sistemas de transferencias manuales o automáticos. Se verifica que en la electrónica (ECU, ARNES, SENSORES) que se han adicionado solo gobiernan la estabilidad del motor en cualquier situación de carga, si ocurriera alguna falla el gobernador del GE mandará la señal para que apague el motor y el AVR. El GE presenta principios de congelamiento en las mangueras de la entrada de gas al múltiple de admisión al llegar a una potencia de 161 kW, a 460 voltios a una velocidad de 1800 RPM y una frecuencia de 60 Hz. Esto se debe a que el motor demanda un mayor flujo de gas al elevar la potencia requerida no permitiendo buen funcionamiento

de los inyectores. Se concluye del proceso de conversión que el GE dedicado a diésel ha modificado el combustible de alimentación exitosamente a GLP; sin embargo, queda pendiente las pruebas a una mayor potencia cuando se conecte el GE GLP al sistema de abastecimiento de GLP de la instalación minera y como recomendación se tiene que el GLP que ingresa al múltiple de admisión tenga una temperatura mayor a 50 °C, lo cual se logrará con la instalación del vaporizador como se muestra en la Figura 54.

Figura 54

Visita de la temperatura externa en la tubería de consumo aguas arriba del vaporizador



Fuente: Llama Gas S.A.

5.7. Construcción del sistema de abastecimiento de GLP

Para llevar a cabo la instalación de las válvulas, reguladores y redes GLP en la empresa minera, se procedió a generar las compras y a trasladarlos desde Lima hasta Nasca, se llevó a cabo Procedimientos de Trabajo Seguro, o PETS, se elaboró el documento de seguridad Identificación de Peligros, Evaluación de Riesgos y Controles, o IPERC, y supervisión constante del prevencionista hasta la finalización de la instalación del sistema GLP. Así mismo, posterior a la instalación de redes roscadas de fierro negro y la soldadura de accesorios y tubería de cobre, se realizó la prueba de hermeticidad para el descarte de fugas, en las líneas de GLP vapor se inyectará aire comprimido a través de una manguera de alta presión conectada desde un probador, se incrementa gradualmente hasta que alcance una presión manométrica de al menos la mitad de la presión de prueba (40 psi) y se realiza una inspección visual y con agua jabonosa en las conexiones, posterior a ello, se completa la prueba inyectando el aire comprimido hasta alcanzar la presión manómetro de 80 psi, posterior a 1:00 hora se observa alguna caída de presión, se purga y se finaliza la prueba; se repite el mismo procedimiento con nitrógeno gaseoso para líneas de GLP de alta presión como el llenado líquido tomando en cuenta que se requerirá contar un regulador para el control de la presión de salida del nitrógeno y el recipiente sujeto a un coche de 3 ruedas y cadena como mecanismo de sujeción del mismo.

5.8. Formalización ante OSINERGMIN

Se prepara el *file* de la documentación que se presentará ante Osinerming a través de su casilla virtual el cual comprenderá del formulario de solicitud, DNI y vigencia de poder del presentante, DJ 15 técnica, certificado de fabricación del tanque, plano de ubicación, plano de distribución, plano isométrico, plano de riesgo eléctrico, plano de obras civiles, memoria fotográfica, póliza completa, CCI, análisis de seguridad, acta de prueba de hermeticidad, libros de registros de inspecciones foliado y legalizado, certificado de mantenimiento y operatividad, DJ del instalador, certificado de los extintores UL, evidencia de la escalera de dos pasos, protección contra impacto vehicular y cerco perimétrico. Se

muestra a continuación parte de la documentación cargada con la finalidad de presentar los requisitos mínimos.

Figura 55

Formulario de solicitud

Osinergrmin
Gobierno Regional de Lima - Oficina Ejecutiva de Organización

FORMULARIO DE SOLICITUD DE REGISTRO DE HIDROCARBUROS

I. DATOS DEL SOLICITANTE (completar los datos del solicitante de registro, todos los campos son obligatorios)

RUC			
Nombre o Razón Social			
Persona Jurídica		Persona Natural	
Nombre del Representante Legal	DNI [X] Otros [] Precisar:	DNI [] CE []	
Número de Partida registral donde obra la representación	Asiento registral	Zona Registral	
13293734	C00001	N° IX - SEDE LIMA	
Correo Electrónico de la empresa o del Representante Legal		Teléfono(s) de la empresa	
		Fijo	Celular
			+51
DIRECCIÓN LEGAL DEL SOLICITANTE DE REGISTRO			
Distrito	Provincia	Departamento	
	LIMA	LIMA	

II. DEL TRÁMITE EN EL REGISTRO DE HIDROCARBUROS (marcar con X el tipo de trámite y completar los datos del registro actual y detalle de las modificaciones)

☒ INSCRIPCIÓN	☐ MODIFICACIÓN	☐ SUSPENSIÓN	☐ HABILITACIÓN	☐ CANCELACIÓN
Registro actual:	Detalle de todas las modificaciones solicitadas (de requerir añadir más hojas):			
Expediente(s) antecedente(s) relacionado(s) a la presente solicitud				

III. DE LA ACTIVIDAD MATERIA DE TRÁMITE EN EL REGISTRO DE HIDROCARBUROS (escribir nombre y código de actividad según detalle indicado en el reverso)

Nombre de actividad:	Consumidor Directo de GLP, mayor a 1000 galones	Código de actividad:	401
----------------------	---	----------------------	-----

IV. ESTABLECIMIENTO O MEDIO DE TRANSPORTE MATERIA DE TRÁMITE EN EL REGISTRO DE HIDROCARBUROS

A. AGENTES QUE OPERAN EN ESTABLECIMIENTOS: (completar los datos de la dirección operativa, todos los campos son obligatorios)

DIRECCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO		
Distrito	Provincia	Departamento
REFERENCIAS CERCANAS A LA DIRECCIÓN (INDICAR INSTITUCIÓN, LUGAR PÚBLICO, CRUCE DE AVENIDAS, ALTURA DEL KM, ETC.):		

Para Consumidores Directos y Redes de Distribución de GLP, marcar con X según corresponda e indicar los datos del Certificado de Conformidad de Instalación - CCI

() Tanques propios	☒ Tanques cedidos en uso por Empresa Envasadora o Distribuidor de GLP a granel	
	Número(s) de Certificado(s) de Conformidad de Instalación - CCI	Empresa que emitió el CCI
		LLAMA GAS S.A.

B. MEDIOS DE TRANSPORTE: (completar los datos del medio de transporte).

Placa/Matrícula principal (1)	Placas de los tractos o remolcadores, o matrículas de remolcadores

(1) Camión tanque/semirremolque/carreta, etc. (unidad de carga)

DIRECCIÓN PARA LA SUPERVISIÓN		
Distrito	Provincia	Departamento
Referencias del lugar:		

(2) Fecha propuesta para la supervisión (día/mes/año)

Nombre de la persona de contacto
VICTOR MALCA H.
Teléfono
947313062 / 985432713

(2) La solicitud debe ser presentada con una anticipación mínima de 05 días hábiles a la fecha de supervisión. La supervisión será realizada en la dirección indicada. La fecha de supervisión puede ser modificada, serán coordinadas telefónicamente por el supervisor designado y la persona de contacto.

Las notificaciones referidas a este trámite se realizarán a la persona de contacto designada por el Osinergrmin, de conformidad con el Decreto Supremo N° 003-2021-OS/CD, o a la dirección electrónica que se haya autorizado.

Firma del Solicitante o de su Representante Legal

Página 1 de 1

Fuente: Autor Osinergrmin

Figura 56

DJ 15 Técnica

RESOLUCIÓN DE GERENCIA GENERAL
ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA
OSINERGMIN N° 165

DECLARACIÓN JURADA TÉCNICA - 15
CONSUMIDOR DIRECTO O RED DE DISTRIBUCIÓN DE GLP

DATOS DEL TITULAR

SOLICITANTE:		N° DE DNI:	
REPRESENTANTE LEGAL:		N° DE R.U.C. (X):	
		N° DE D.N.I. (X):	
		N° DE C.E:	

DIRECCIÓN DEL DOMICILIO LEGAL

DOMICILIO:			
DISTRITO:		TELÉFONO:	
PROVINCIA:	LIMA	FAX:	
DEPARTAMENTO:	LIMA	E - MAIL:	

DIRECCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

DOMICILIO:			
DISTRITO:		TELÉFONO:	+51 947 313 062
PROVINCIA:		FAX:	
DEPARTAMENTO:		E - MAIL:	INGENIERO.TECNICO.COMERCIAL@GRUPOLLAMAGAS.PE

IDENTIFICACIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

CONSUMIDOR DIRECTO DE GLP:	X	RED DE DISTRIBUCIÓN DE GLP:	
----------------------------	---	-----------------------------	--

CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

NUMERO DE TANQUES:	4	
TANQUE N°	CAPACIDAD (GALONES)	NUMERO DE SERIE Y AÑO DE FABRICACION DEL TANQUE
1	1000	H2400076 - 2024
2	1000	H2400080 - 2024
3	1000	
4	1000	
CAPACIDAD TOTAL DE ALMACENAMIENTO (GALONES):	4000	

INFORME TECNICO EMITIDO POR EL OSINERMIN (De ser el caso)

INFORME TÉCNICO FAVORABLE DE INSTALACION N°	
RESOLUCION N°	

REGISTRO DE HIDROCARBUROS (De ser el caso)

N° CONSTANCIA DE REGISTRO DGH, DREM U OSINERGMIN:		FECHA DE EMISION:	
---	--	-------------------	--

PROFESIONAL RESPONSABLE

Nombre		C.I.P	
Teléfono de contacto		Correo Electrónico	

*Es obligatorio ingresar la información en este campo si el consumidor directo o red de distribución cuenta con capacidad mayor a 1000 galones.

La información contenida en el presente documento tiene el carácter de Declaración Jurada, asumiendo los declarantes la responsabilidad que derive de la presentación de información incompleta o inexacta en la presente Declaración. Deberá responder la totalidad de las preguntas de este cuestionario y las respuestas deben reflejar la realidad de la instalación ejecutada, marcando un aspa (X) en el casillero donde corresponda. El uso de la opción - No Aplica - es para aquellos supuestos en los que la norma técnica y de seguridad en la cual se sustenta la pregunta del cuestionario, realmente no fuera exigible al establecimiento o unidad. El uso inadecuado de esta opción generará responsabilidad administrativa, por declaración de información Inexacta. Para la inscripción en el Registro de Hidrocarburos, deberá cumplir con todos los artículos del reglamento, según corresponda.

OBLIGACION NORMATIVA PARA LOS CONSUMIDORES DIRECTOS Y REDES DE DISTRIBUCION DE GLP (REQUISITOS GENERALES)

Fuente: Autor Osinergmin

Figura 57

Certificado de fabricación del tanque

296445
Shop Order Number

FORM U-1A MANUFACTURER'S DATA REPORT FOR PRESSURE VESSELS
(Alternative Form for Single Chamber, Completely Shop or Field Fabricated Vessels Only)
As Required by the Provisions of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code Rules, Section VIII, Division 1 Page 1 of 2

1. Manufactured and certified by **Svifflug, S. de R.L. de C.V., Huehuetoca Plant, Calzada de Marisoles Lote 1, Ex-Hacienda de Jalpa, Huehuetoca, Estado de Mexico, C.P. 54683, Mexico**
(Name and address of Manufacturer)

2. Manufactured for **Svifflug S de RL de CV, Monte Pelvoux No 111, 7º Piso, Lomas de Chapultepec, México, CDMX., 11000.**
(Name and address of Purchaser)

3. Location of Installation **NOT KNOWN**
(Name and address)

4. Type **Horizontal** **H2400077 thru H2400093** **N/A** **314912 REV 9** **H2400077-H2400093** **2024**
(Horizontal or vertical, tank) (Manufacturer's serial number) (CRN) (Drawing number) (National Board number) (Year built)

5. ASME Code, Section VIII, Division 1 **2021/ N/A** **N/A** **N/A**
(Edition and Addenda, if applicable (date)) (Code Case numbers) [Special service per UG-120(d)]

6. Shell: **SA-455** **0.239"** **0"** **40.96" (OD)** **149.5"**
(Material spec. number, grade) (Nominal thickness) (Corr. allow.) (Inner diameter) (Length (overall))

No.	Type	ID	OD	Flange Thk	Min Hub Thk	Material	How Attached	Location	Bolting			
									Num & Size	Bolting Material	Washer (OD, ID, thk)	Washer Material
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

7. Seams: **TYPE 1** **FULL** **100%** **N/A** **N/A** **TYPE 2** **SPOT** **80%** **3**
[Long. (welded, dbl., sngl., lap, butt)] [R.T. (spot or full)] (Eff., %) (H.T. temp) (Time, hr) [Girth. (welded, dbl., sngl., lap, butt)] [R.T. (spot or full)] (Eff., %) (No. of courses)

8. Heads: (a) **SA-285 C** (b) **SA-285 C**
(Material spec. number, grade or type) (H.T. - time and temp.) (Material spec. number, grade or type) (H.T. - time and temp.)

	Location (Top, Bottom, Ends)	Thickness		Radius		Elliptical Ratio	Conical Apex Angle	Hemispherical Radius	Flat Diameter	Side to Pressure		Category A		
		Min.	Corr.	Crown	Knuckle					Convex	Concave	Type	Full, Spot, None	Eff.
(a)	LEFT	0.203"	0"	N/A	N/A	N/A	N/A	20.48"	N/A		X	SMLS	None	-
(b)	RIGTH	0.203"	0"	N/A	N/A	N/A	N/A	20.48"	N/A		X	SMLS	None	-

No.	Location	Type	ID	OD	Flange Thk	Min Hub Thk	Material	How Attached	Bolting			
									Num & Size	Bolting Material	Washer (OD, ID, thk)	Washer Material
(a)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

9. MAWP **250 psi** **-** at max. temp. **125 °F** **-**
(Internal) (External) (Internal) (External)

Min. design metal temp. **-20 °F** at **250 psi** . Hydro, pneu., or comb. test pressure **HYDRO. at 325 psi**

Proof test **N/A**

10. Nozzles, inspection and safety valve openings:

Purpose (Inlet, Outlet, Drain, etc.)	No.	Diameter or Size	Type	Material		Nozzle Thickness		Reinforcement Material	Attachment Details		Location (Insp. Open.)
				Nozzle	Flange	Nom.	Corr.		Nozzle	Flange	
MULTIVALVE (A)	1	NPS 3/4	FLANGED COUPLING	SA-105	-	0.4125"	0	-	UW-16.2 (c)	---	-
FLOAT GAUGE (B)	1	NPS 1	FLANGED COUPLING	SA-105	-	0.405"	0	-	UW-16.2 (c)	---	-
FILL (C)	1	NPS 1 1/4	FLANGED COUPLING	SA-105	-	0.3575"	0	-	UW-16.2 (c)	---	-

Additional Nozzles - See Attached U-4...

11. Supports: Skirt **N/A** Lugs **2** Legs **4** Other **N/A** Attached **WELDED TO SHELL**
(Yes or no) (Number) (Number) (Describe) (Where and how)

12. Remarks: Manufacturer's Partial Data Reports properly identified and signed by Commissioned Inspectors, have been furnished for the following items of the report:
N/A
(Name of part, item number, Manufacturer's name and identifying stamp)

HORIZONTAL PRESSURE VESSEL, 1000 WG AG DOMESTIC TANK TO BE USED FOR NON-CORROSIVE SERVICE.
CONSTRUCTED UNDER THE PROVISIONS OF UG-90 (C) (2) IMPACT TESTING EXEMPTED PER UG-20 (f).
JOINT EFFICIENCY IS 0.80 BETWEEN HEADS/SHELL ACCORDING TO TABLE UW-12 FOR THE DESIGN CALCULATION.
SPOT PER UW-11 (b). BETWEEN HEADS/SHELL (LONG SEAM) RT4.
JOINT CONNECTING HEMISPHERICAL HEADS TO SHELL ACCORDING TO FIG. UW-9-3.
PRESSURE VESSEL DESIGN MANUAL-4TH EDITION BY DENNIS R. MOSS AND MICHAEL BASIC, WAS USED FOR THE
Additional Remarks - See Attached U-4...

Fuente: autor Svifflug, S. de R.L. de C.V.

Figura 58

Certificado de Póliza



**CERTIFICADO DE PÓLIZA DE SEGURO DE RESPONSABILIDAD
CIVIL EXTRACONTRACTUAL**

RAMO : RESPONSABILIDAD CIVIL EXTRACONTRACTUAL
CONTRATANTE : LLAMA GAS S.A. Y/O CANALIZA S.A.
POLIZA N° : 1201 – 546698
VIGENCIA : 14/12/24 Hasta el 01/09/2025

Rimac Seguros y Reaseguros, emite el presente documento a fin de certificar a nivel nacional, que LLAMA GAS S.A Y/O CANALIZA S.A tiene contratada la Póliza de Responsabilidad Civil Extracontractual N° 1201 - 546698, la cual, a la fecha del presente certificado se encuentra vigente, y bajo los términos y condiciones de dicha Póliza se otorga cobertura por los daños materiales y/o personales causados a Terceros (Clientes del Asegurado u otros terceros independientes) como resultado directo de las actividades que desempeña el asegurado como **CONSUMIDOR DIRECTO DE GLP** que se señala a continuación en la siguiente dirección o ubicación de riesgo, en cumplimiento de la normativa general vigente aplicable a la actividad que desempeña el asegurado y hasta un límite máximo de 300 Unidades Impositivas Tributarias (1 UIT equivalente a S/. 5,150.00 soles).

RUC	ASEGURADO	ACTIVIDAD	DEPARTAMENT O	PROVINCIA	DISTRITO	DIRECCION UBICACIÓN DE RIESGO
		CONSUMIDOR DIRECTO DE GLP				



Jefe Comercial
Rimac Seguros y Reaseguros

Emitido: 14/12/2024

Las Begonias 475 San Isidro, Lima t. 411.1000 / f. 421.0555

www.rimac.com

Fuente: Información privada reproducida con la autorización de Llama Gas S.A.

5.9. Puesta en marcha

Posterior a la obtención de la ficha de registró, se programa la puesta en marcha del grupo electrógeno, abastecimiento de GLP a los tanques de 1,000 galones y encendido del vaporizador, se calibran los equipos y se inicia operaciones. Se revisa además posibles fugas en conexiones, se toma lectura de presiones, niveles y otros valores que sean necesarios para el correcto seguimiento de la funcionalidad del grupo electrógeno además de la capacitación ante una emergencia por fuga de gas, deflagración de GLP en la empresa minera.

Conclusiones

Se logró diseñar un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo para una instalación minera que reemplace el diésel y gasolina en la generación de 232.1 kW de energía requeridos en la instalación minera, cumpliendo con el objetivo general de la investigación.

Se logró evaluar técnicamente un sistema de abastecimiento de gas licuado de petróleo (GLP) diseñado para alimentar un grupo electrógeno diésel convertido a GLP^B en una instalación minera, concluyéndose su viabilidad operativa, funcional y normativa. El sistema está compuesto por cuatro (04) tanques aéreos de 1,000 galones, un vaporizador de fuego directo de capacidad 80/40 y una red de distribución construida con tuberías de acero SCH 80 y cobre tipo "L", seleccionadas por su resistencia térmica, ya que el equipo requiere gas a una temperatura mínima de 50 °C, lo que descarta el uso de HDPE. El diseño fue respaldado por una herramienta de cálculo técnico estandarizado por la empresa que, a partir del poder calorífico del GLP, densidad del combustible, consumo del grupo electrógeno, horas de trabajo y frecuencia de abastecimiento, estimó un consumo anual de 124.48 toneladas de GLP y una autonomía operativa de 12 días continuos. Las memorias de cálculo desarrolladas, junto con los planos de ubicación, obras civiles e isométricos, cumplieron los criterios establecidos por la NTP 321.121:2008, la NFPA 58 y la NTP 321.123:2012, validando que el sistema garantiza una alimentación continua, segura y conforme a los estándares técnicos requeridos para la operación eficiente de generación eléctrica en entornos mineros.

La conversión del motor del grupo electrógeno de diésel a GLP fue evaluada técnica y operativamente. Se concluyó que la conversión era técnicamente factible, garantizando que el equipo mantenga un desempeño confiable y eficiente tras la adaptación de: un espaciador que se instala entre las empaquetaduras culata-mono block, remplazo de los inyectores por bujías de encendido, instalación de un mezclador de gases de alto caudal, instalación de un reductor de alto caudal. Esto permite mantener la originalidad del motor

permitiendo emplear el equivalente del consumo energético de diésel en GLP, estimando un consumo a una potencia de 232.1 kW de 25.3 galones de GLP/h considerando un flujo de GLP continuo a una temperatura mayor a 50°C a una presión de 20 PSI.

La evaluación económica del sistema de GLP refleja una notable rentabilidad. El análisis determinó un ahorro anual de 349,350.24 soles, lo que representa una significativa reducción en los costos operativos frente al uso de diésel. Asimismo, el proyecto alcanza un retorno de inversión en 3 años, con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 15.22%, validando la factibilidad económica del diseño a mediano y largo plazo.

El sistema diseñado cumple plenamente con las normativas nacionales vigentes, incluyendo los estándares de seguridad y calidad exigidos por el ente fiscalizador, OSINERGMIN. Se implementaron medidas para garantizar el cumplimiento de las regulaciones aplicables, tales como: distancias mínimas de seguridad, sistema de protección hacia terceros, sistema de protección contra incendios, tanques de almacenamiento de GLP con certificación ASME Sec VIII div. 1 (Form U-1A), tuberías, reguladores y accesorios con certificación UL asegurando la aprobación regulatoria.

Recomendaciones

Establecer un sistema de monitoreo de la salida de gases en el grupo electrógeno a GLP para cuantificar la reducción de los gases de efecto invernadero en comparación del grupo electrógeno a diésel.

Establecer un sistema de monitoreo en la línea de consumo de GLP que permita cuantificar el flujo másico que requiere el grupo electrógeno a GLP y compararlo energéticamente con el grupo electrógeno a diésel.

Establecer un programa de monitoreo continuo y mantenimiento preventivo del sistema de abastecimiento y del grupo electrógeno a GLP. Este plan debe incluir inspecciones regulares de los tanques de almacenamiento, válvulas, conexiones y sistemas de seguridad para prevenir fallas operativas y garantizar la eficiencia energética del sistema. Se recomienda al ser un proyecto de innovación el mantenimiento al sistema de abastecimiento de GLP se realice cada 6 meses y al Grupo electrógeno a GLP cada 300 hora de trabajo.

Establecer un sistema de indicadores (KPI) para monitorear el desempeño del sistema, incluyendo en ahorros económicos, reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y eficiencia energética. Estos indicadores deben ser revisados periódicamente para identificar oportunidades de mejora y asegurar que los beneficios proyectados se mantengan a lo largo del tiempo.

Referencias bibliográficas

- Boher, J., Mazzeletti, M. A., Carballo, R. E., Botterón, F., & Bossio, G. R. (2019). *Implementación de un modelo de un grupo electrógeno para estudios de prevención del bloqueo*. https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/5143/Boher%2C%20J_2019_Implementacion%20de%20un%20modelo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cordova, R., & Armas, W. (2019). *Propuesta de conversión motor diésel a GLP, para reducir costos en la generación de energía eléctrica periodo 2019*.
- de Cos Castillo, M. (2007). *Teoría General del Proyecto* (Vol. 1).
- Dirección de Normalización - INACAL. (2008). *NORMA TÉCNICA PERUANA 321.121 - 2008 1° EDICIÓN. INSTALACIONES INTERNAS DE GLP PARA CONSUMIDORES DIRECTOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN*.
- Dirección de Normalización - INACAL. (2018). *NORMA TÉCNICA NTP 321.123 PERUANA 2012 (revisada el 2018) 3ª Edición. GAS LICUADO DE PETRÓLEO. Instalaciones para consumidores directos y redes de distribución*. www.inacal.gob.pe
- Dirección de Normalización - INACAL. (2022). *Norma Técnica Peruana 321.007 - 2022*.
- Forero-Núñez, C.-A., Arango, J. E.-, & Sierra-Vargas, F.-E. (2014). Evaluación energética de un sistema de generación de 400 kWe en modo diésel-gas licuado de petróleo/Energy analysis of a 400 kWe power system operated on dual fuel mode with diésel-liquefied petroleum gas. *Ingeniería Mecánica*, 17(3), 205–215. <http://www.ingenieriamecanica.cujae.edu.cu>
- Gerencia de Asesoría Jurídica, O. (2002). *DECRETO SUPREMO N° 032-2002-EM*.
- Hocking, M. B. (2006). Handbook of Chemical Technology and Pollution Control, Third Edition. In *Handbook of Chemical Technology and Pollution Control, Third Edition*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-088796-5.X5000-5>
- ICMM. (2020). *MINING WITH PRINCIPLES*.
- IEA. (2018). *Market Report Series: Energy Efficiency 2018*. www.iea.org/t&c/
- John B. Heywood. (2018). *Internal Combustion Engine Fundamentals* (Vol. 2).
- Kuk Kim, J., Lee, W. J., Ahn, E., & Choi, J. H. (2024). Experimental and numerical studies on performance investigation of a diésel engine converted to run on LPG. *Energy Conversion and Management*, 321. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2024.119091>
- Lage, R., Enrique Arroyo Ortiz ab, C., & Margarida da Silva ab Adilson Curi, J. (2023). *EL HIDROGENO EN LA INDUSTRIA MINERA COMO FUENTE DE ENERGÍA RENOVABLE*. 1–10.
- Mahon, L. L. J. (1992). *Diésel generator handbook*. Butterworth-Heinemann.
- Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., Connors, S., Matthews, J. B. R., Chen, Y., Zhou, X., Gomis, M. I., Lonnoy, E., Maycock, T., Tignor, M., & Waterfield, T. (2019). *Global warming of 1.5°C An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate*

change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty Edited by Science Officer Science Assistant Graphics Officer Working Group I Technical Support Unit.
www.environmentalgraphiti.org

- Mesa Gómez, A., Valero Valdivieso, M., & Figueredo Medina, M. (2016). Mejoramiento basado en la simulación de procesos para la maximización de nafta en una planta existente de tratamiento de gases. *Ingeniería y Universidad*, 20(2), 221–237. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.iyu20-2.psim>
- MINAM. (2014). *Resolución Directoral N° 640-2014 OEFA/DFSAI, Expediente N° 520-2013-OEFA-DFSAI/PAS.*
- MINAM. (2019). *INFORME N° 741-2019-SENACE-PE/DEAR.*
<https://www.senace.gob.pe/verificacion>
- MINEM. (2021). *LINEAMIENTOS PARA LA PUBLICACIÓN DE LA INFORMACIÓN ENERGÉTICA EN LOS ESTABLECIMIENTOS DE VENTA AL PÚBLICO DE COMBUSTIBLES.* www.minem.gob.pe
- MINEM. (2022). *INFORME N° 282-2022/MINEM-DGAAM-DEAM-DGAM.*
<http://pad.minem.gob.pe/BuscaTuDocumento>,
- MINEM. (2024). *INFORME N° 224-2024/MINEM-DGAAM-DEAM-DGAM.*
<https://pad.minem.gob.pe/BuscaTuDocumento>,
- MINEM, & DGAAM. (2024). *RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 067-2024/MINEM-DGAAM.*
- Mobley, R. K., Higgins, L. R., & Wikoff, D. J. (2008). *Maintenance engineering handbook.* McGraw-Hill.
- Mohsen, M. J., Al-Dawody, M. F., Jamshed, W., El Din, S. M., Sirelkhtam Elmki Abdalla, N., Abd-Elmonem, A., Iqbal, A., & Hussain Shah, H. (2023). Experimental and numerical study of using of LPG on characteristics of dual fuel diésel engine under variable compression ratio. *Arabian Journal of Chemistry*, 16(8). <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.104899>
- Mustaffa, N., Tukiman, M. M., Fawzi, M., Ali, M., & Osman, S. A. (2016). *Conversion of a gasoline engine into an LPG-fuelled engine.* 1–6. <https://www.researchgate.net/publication/306186646>
- NFPA. (2020). *58 NFPA ® Código del Gas Licuado del Petróleo.* www.nfpa.org/
- NORMA TÉCNICA PERUANA 350.043-1, 1 (2011).
- PMI. (2021). *El estándar para la gestión de proyectos y una guía para el cuerpo de conocimientos de gestión de proyectos (guía PMBOK)* (Project Management Institute, Ed.; Séptima edición).
- Rivera Diésel. (2018). Grupos Electrógenos a GAS SERIE INDUSTRIAL POWER DESDE 35kW HASTA 750kW. *FUENTE DE ENERGÍA PARA LA AGROINDUSTRIA, PLANTA MANUFACTURERAS Y MINA*, 1–4. www.riveradiésel.com.pe
- Rivera Diésel. (2024a). *FICHA TECNICA DE GRUPO ELECTROGENO DIÉSEL - WPG350L - C.* www.riveradiésel.com.pe
- Rivera Diésel. (2024b). *FICHA TÉCNICA GRUPO ELECTROGENO A GAS, MODELO MGG450.*

- Rivera Martínez, J. S. (2024). *RETOS Y DESAFÍOS PARA LA COMERCIALIZACIÓN MINORISTA DE COMBUSTIBLES LÍQUIDOS EN EL CONTEXTO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA*.
- Rojas, G. (2018). *GRUPOS ELECTRÓGENOS PRINCIPIOS BASICOS Boletín 20 Boletín técnico N°20*.
- Sandoval, L. (2021). *POTENCIA DE GRUPOS ELECTRÓGENOS PARA LA COBERTURA DE DEMANDA DE ENERGÍA EN S.E SECHURA*".
- Smil Vaclav. (2017). *Energy and Civilization A History*.
- Speight, J. G. (2019). *Handbook of petroleum refining*.
- Stone, R., & Ball, J. K. (2004). *Automotive engineering fundamentals*. SAE International.
- Tesier Rodríguez, T. (2023). *Estudio de Viabilidad económica de las Regasificadoras en España en épocas de Transición hacia Energías Renovables*.
- U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. (2025, June 7). *Alternative Fuels Data Center Fuel Properties Comparison*.
https://afdc.energy.gov/files/u/publication/fuel_comparison_chart.pdf
- Vargas, D. (2015). *Implementación del equipo de conversión de gas licuado de petróleo para reducir emisiones de gases contaminantes. Motor 1ZR, Toyota Corolla. IMASA MOTORS SAC. Chimbote 2015*.

Anexos

Anexo 1. Tablas de crudo importado a Perú.....	118
Anexo 2. Ficha de Seguridad del GLP	120

Anexo 1. Tablas de crudo importado a Perú

FACTORES PARA CONVERSIÓN DE UNIDADES

Cantidad	Valores equivalentes
Masa	$1 \text{ kg} = 1000 \text{ g} = 0.001 \text{ tonelada métrica} = 2.20462 \text{ lb}_m = 35.27392 \text{ oz}$ $1 \text{ lb}_m = 16 \text{ oz} = 5 \times 10^{-4} \text{ toneladas} = 453.593 \text{ g} = 0.453593 \text{ kg}$
Longitud	$1 \text{ m} = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm} = 10^6 \text{ micrones } (\mu\text{m}) = 10^{10} \text{ angstroms } (\text{\AA})$ $= 39.37 \text{ pulgada} = 3.2808 \text{ pie} = 1.0936 \text{ yarda} = 0.0006214 \text{ milla}$ $1 \text{ pie} = 12 \text{ pulgadas} = \frac{1}{3} \text{ yarda} = 0.3048 \text{ m} = 30.48 \text{ cm}$
Volumen	$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} = 10^6 \text{ cm}^3 = 10^6 \text{ mL}$ $= 35.3145 \text{ pie}^3 = 220.83 \text{ galones imperiales} = 264.17 \text{ gal}$ $= 1056.68 \text{ cuarto}$ $1 \text{ pie}^3 = 1728 \text{ pulgada}^3 = 7.4805 \text{ gal} = 0.028317 \text{ m}^3 = 28.317 \text{ L}$ $= 28,317 \text{ cm}^3$
Fuerza	$1 \text{ N} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2 = 105 \text{ dinas} = 10^5 \text{ g} \cdot \text{cm/s}^2 = 0.22481 \text{ lb}_f$ $1 \text{ lb}_f = 32.174 \text{ lb}_m \cdot \text{pie/s}^2 = 4.4482 \text{ N} = 4.4482 \times 10^5 \text{ dinas}$
Presión	$1 \text{ atm} = 1.01325 \times 10^5 \text{ N/m}^2 (\text{Pa}) = 101.325 \text{ kPa} = 1.01325 \text{ bar}$ $= 1.01325 \times 10^6 \text{ dinas/cm}^2$ $= 760 \text{ mm Hg a } 0^\circ\text{C} (\text{torr}) = 10.333 \text{ m H}_2\text{O a } 4^\circ\text{C}$ $= 14.696 \text{ lb}_f/\text{pulgada}^2 (\text{psi}) = 33.9 \text{ pie H}_2\text{O a } 4^\circ\text{C}$ $= 29.921 \text{ pulgada Hg a } 0^\circ\text{C}$
Energía	$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m} = 10^7 \text{ ergs} = 10^7 \text{ dina} \cdot \text{cm}$ $= 2.778 \times 10^{-7} \text{ kW} \cdot \text{h} = 0.23901 \text{ cal}$ $= 0.7376 \text{ pie} \cdot \text{lb}_f = 9.486 \times 10^{-4} \text{ Btu}$
Potencia	$1 \text{ W} = 1 \text{ J/s} = 0.23901 \text{ cal/s} = 0.7376 \text{ pie} \cdot \text{lb}_f/\text{s} = 9.486 \times 10^{-4} \text{ Btu/s}$ $= 1.341 \times 10^{-3} \text{ hp}$

Ejemplo: El factor para convertir gramos en lb_m es $\left(\frac{2.20462 \text{ lb}_m}{1000 \text{ g}} \right)$

CAPÍTULO II

ETIQUETAS PARA MOSTRAR EN EL DISPENSADOR Y/O SURTIDOR

Artículo 4.- Información de la Etiqueta

- 4.1 La etiqueta debe mostrar el Poder Calorífico por cada combustible, así como un cuadro de equivalencias energéticas de los combustibles. El Poder Calorífico es establecido por la DGH a partir de la división de la unidad Mega Joule (MJ) entre la unidad de volumen del combustible, tal como se muestra a continuación:

TABLA N° 1 – PODER CALORÍFICO

COMBUSTIBLE	PC	UNIDAD
GASOLINA	122.33	MJ / Galón Gasolina
DB5 S50 UV	136.45	MJ / Galón DB5
GLP	100.93	MJ / Galón GLP
GNV-C	39.87	MJ / m3 standard

$$\text{Poder Calorífico} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{Unidad de Volumen}} \right)$$

TABLA N° 2 – EQUIVALENCIAS DE COMBUSTIBLES

1.0 GALÓN GASOLINA	Equivalente a	1.0 GALÓN GASOLINA	0.9 GALÓN DB5	1.2 GALÓN GLP	3.1 Sm ³ GNV
1.0 GALÓN DB5		1.1 GALÓN GASOLINA	1.0 GALÓN DB5	1.4 GALÓN GLP	3.4 Sm ³ GNV
1.0 GALÓN GLP		0.8 GALÓN GASOLINA	0.7 GALÓN DB5	1.0 GALÓN GLP	2.5 Sm ³ GNV
1.0 Sm³ GNV		0.3 GALÓN GASOLINA	0.3 GALÓN DB5	0.4 GALÓN GLP	1.0 Sm ³ GNV

- 4.2 La DGH publica en la página web del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) la información de los poderes caloríficos de los combustibles y la tabla de equivalencias, así como sus actualizaciones.

- 4.3 La Etiqueta debe incluir las fórmulas que permitan al usuario que adquiere el combustible, determinar, de forma clara, el costo de la energía adquirida, tal como se muestra a continuación:

$$\text{Energía adquirida} \left(\frac{\text{MJ}}{\text{sol}} \right) = \frac{\text{PC}}{\text{PL}}$$

$$\text{Costo de Energía} \left(\frac{\text{Sol}}{100 \text{ MJ}} \right) = \frac{100 * \text{PL}}{\text{PC}}$$

Anexo 2. Ficha de Seguridad del GLP

MATERIAL

SAFETY

DATA

SHEET

GAS LICUADO DE PETROLEO

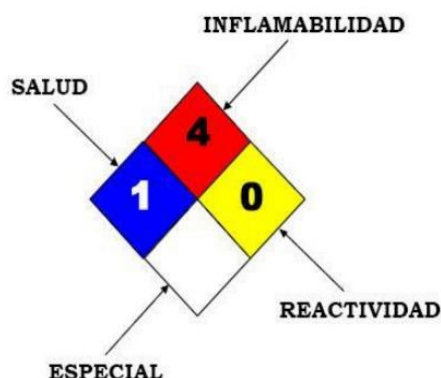
GLP

**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD
PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS
GAS LICUADO DEL PETROLEO
UN 1075**

**Rombo de Clasificación de
Riesgos NFPA-704**

GRADOS DE RIESGO:

- 4. MUY ALTO
- 3. ALTO
- 2. MODERADO
- 1. LIGERO
- 0. MINIMO



1. IDENTIFICACION DEL PRODUCTO

Hoja de Datos de Seguridad para Sustancias Químicas No	HDSSQ-LPG
Nombre del Producto	Gas licuado comercial, con odorífero
Nombre Químico	Mezcla Propano-Butano
Familia Química	Hidrocarburos del Petróleo
Fórmula	$C_3H_8 + C_4H_{10}$
Sinónimos	Gas LP, LPG, gas licuado del petróleo,

¹ Sistema de Emergencia de Transporte para la Industria Química.

² Centro Nacional de Comunicaciones; dependiente de la Coordinación Gral de Protección Civil de la Secretaría de Gobernación.

³ NFPA = National Fire Protection Association, USA.

2. COMPOSICION / INFORMACION DE LOS INGREDIENTES

MATERIAL	%	LEP (Limite de Exposición Permissible)
Propano	60.0	1000 ppm
n-Butano	40.0	800 ppm
Etil Mercaptano (odorizante)	0.0017 - 0.0028	50 ppm

3. IDENTIFICACION DE RIESGOS

HR: 3 = (HR = Clasificación de Riesgo, 1 = Bajo, 2 = Mediano, 3 = Alto).

El gas licuado tiene un nivel de riesgo alto, sin embargo, cuando las instalaciones se diseñan, construyen y mantienen con estándares rigurosos, se consiguen óptimos atributos de confiabilidad y beneficio.

La LC₅₀ (Concentración Letal cincuenta de 100 ppm), se considera por la inflamabilidad de este producto y no por su toxicidad.

SITUACION DE EMERGENCIA:

Cuando el gas licuado se fuga a la atmósfera, vaporiza de inmediato, se mezcla con el aire ambiente y se forman súbitamente nubes inflamables y explosivas, que al exponerse a una fuente de ignición (chispas, flama y calor) producen un incendio o explosión. El múltiple de escape de un motor de combustión interna (435 °C) y una nube de vapores de gas licuado, provocarán una explosión. Las conexiones eléctricas domésticas o industriales en malas condiciones (clasificación de áreas eléctricas peligrosas) son las fuentes de ignición más comunes.

Utilícese preferentemente a la interperie o en lugares con óptimas condiciones de ventilación, ya que en espacios confinados las fugas de GLP se mezclan con el aire formando nubes de vapores explosivos, éstas desplazan y enrarecen el oxígeno disponible para respirar. Su olor característico puede advertirnos de la presencia de gas en el ambiente, sin embargo el sentido del olfato se perturba a tal grado que es incapaz de alertarnos cuando existan concentraciones potencialmente peligrosas. Los vapores del gas licuado son más pesados que el aire (su densidad relativa es 2.01; aire = 1).

EFFECTOS POTENCIALES PARA LA SALUD

OSHA PEL: TWA **1000 ppm** (Límite de exposición permisible durante jornadas de ocho horas para trabajadores expuestos día tras día sin sufrir efectos adversos)

NIOSH REL: TWA **350 mg/m³**; CL **1800 mg/m³/15 minutos** (Exposición a esta concentración promedio durante una jornada de ocho horas).

ACGIH TLV: TWA **1000 ppm** (Concentración promedio segura, debajo de la cual se cree que casi todos los trabajadores se pueden exponer día tras día sin efectos adversos).

OSHA: Occupational Safety and Health Administration.

PEL: Permissible Exposure Limit.

CL: Ceiling Limit: En TLV y PEL, la concentración máxima permisible a la cual se puede exponer un trabajador.

TWA: Time Weighted Average: Concentración en el aire a la que se expone en promedio un trabajador durante 8 h, ppm ó mg/m³.

NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health.

REL: Recommended Exposure Limit.

ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.

TLV: Threshold Limit Value.

4. PRIMEROS AUXILIOS

Ojos: La salpicadura de este líquido puede provocar daño físico a los ojos desprotegidos, además de quemadura fría, aplicar de inmediato y con precaución agua tibia. Busque atención médica.

Piel: Las salpicaduras de este líquido provocan quemaduras frías, deberá rociar o empapar el área afectada con agua tibia o corriente. No use agua caliente. Quitese la ropa y los zapatos impregnados. Solicite atención médica.

Inhalación : Si detecta la presencia de gas en la atmósfera, solicite ayuda o inicie el "Plan de emergencia". Si no puede ayudar o tiene miedo, aléjese. Debe advertirse que en altas concentraciones (mas de 1000 ppm), el gas licuado es un asfixiante simple, debido a que diluye el oxígeno disponible para respirar. Los efectos de una exposición prolongada pueden incluir: dolor de cabeza, náuseas, vómito, tos, depresión del sistema nervioso central, dificultad al respirar, somnolencia y desorientación. En casos extremos pueden presentarse convulsiones, inconsciencia, incluso la muerte como resultado de la asfixia. En caso de intoxicación retire a la víctima para que respire aire fresco, si esta inconsciente, inicie resucitación cardiopulmonar (CPR). Si presenta dificultad para respirar administre oxígeno medicinal (solo personal calificado). Solicite atención médica inmediata.

Ingestión: La ingestión de este producto no se considera como una vía potencial de exposición.

5. PELIGROS DE EXPLOSION E INCENDIO

Punto de flash	— 98.0 °C	Punto de Flash: Una sustancia con un punto de flash de 38°C ó menor se considera peligrosa; entre 38° y 93°C, moderadamente inflamable; mayor a 93°C la inflamabilidad es baja (combustible). El punto de flash del LPG (98°C) lo hace un compuesto sumamente peligroso.
Temperatura de Ebullición	— 32.5 °C	
Temperatura de Auto ignición	435.0 °C	
Límites de Explosividad:	Inferior 1.8 % Superior 9.3 %	

Mezcla de

- Aire +
- Gas licuado

Zonas A y B.- En condiciones ideales de homogeneidad, las mezclas de aire con menos de 1.8% y más de 9.3% de gas licuado no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición, sin embargo, en condiciones prácticas, deberá desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva. En la Zona Explosiva solo se necesita una fuente de ignición para desencadenar una



Extinción de Incendios: Polvo Químico Seco, bióxido de carbono y agua (en forma de niebla) para enfriamiento. apague el fuego, solamente después de haber bloqueado la fuente de fuga.

Instrucciones Especiales para el Combate de Incendios.

a) Fuga a la atmósfera de gas licuado, sin incendio:

Esta es una condición realmente grave, ya que el gas licuado al ponerse en contacto con la atmósfera se vaporiza de inmediato, se mezcla rápidamente con el aire ambiente y produce nubes de vapores con gran potencial para explotar y explotarán violentamente al encontrar una fuente de ignición.

Algunas recomendaciones para evitar este supuesto escenario, son:

- Asegurar anticipadamente que la integridad mecánica y eléctrica de las instalaciones estén en óptimas condiciones (diseño, construcción y mantenimiento).
- Mantener extintores PQS tipo ABC

b) Fuga a la atmósfera de gas licuado, con incendio:

- **No intente apagar el incendio sin antes bloquear la fuente de fuga, ya que si se apaga y sigue escapando gas, se forma una nube de vapores con gran potencial explosivo. Pero deberá enfriar con agua rociada los equipos o instalaciones afectadas por el calor del incendio.**

6. RESPUESTA EN CASO DE FUGA

En caso de fuga: Se deberá evacuar el área inmediatamente, cerrar las llaves de paso, bloquear las de ignición y disipar la nube de vapores; solicite ayuda a la Central de Fugas de Gas.

7. PRECAUCIONES PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Almacene invariablemente todos los cilindros de gas licuado, vacíos y llenos, en posición vertical, (con esto se asegura que la válvula de alivio de presión del recipiente, siempre esté en contacto con la fase vapor del LPG). No deje caer ni maltrate los cilindros. Cuando los cilindros se encuentren fuera de servicio, mantenga las válvulas cerradas. Los cilindros vacíos conservan ciertos residuos, por lo que deben tratarse como si estuvieran llenos (NFPA-58, "Estándar para el Almacenamiento y Manejo de Gases Licuados del Petróleo"). **Precauciones en el Manejo:** Los vapores del gas licuado son más pesados que el aire y se pueden concentrar en lugares bajos donde no existe una buena ventilación para disiparlos. Nunca busque fugas con flama o cerillos, utilice agua jabonosa. Asegúrese que la válvula esté cerrada cuando se conecta o se desconecta un cilindro. Si nota alguna deficiencia o anomalía en la válvula de servicio, deseche ese cilindro y repórtelo de inmediato a su distribuidor de gas. Nunca inserte objetos dentro de la válvula de alivio de presión.

8. CONTROLES CONTRA EXPOSICION / PROTECCION PERSONAL

Ventile las áreas confinadas, donde puedan acumularse mezclas inflamables. Acate la normatividad eléctrica aplicable a este tipo de instalaciones (NFPA-70, "Código Eléctrico Nacional").

Protección Respiratoria: En espacios confinados con presencia de gas, utilice aparatos auto contenidos para respiración (SCBA para 30 ó 60 minutos o para escape 10 ó 15 minutos), en estos casos la atmósfera es inflamable ó explosiva, requiriendo tomar precauciones adicionales.

Ropa de Protección: El personal especializado que interviene en casos de emergencia, deberá utilizar chaquetones y equipo para el ataque a incendios, además de guantes, casco y protección facial, durante todo el tiempo de exposición a la emergencia.

Protección de Ojos: Se recomienda utilizar lentes de seguridad reglamentarios y, encima de éstos, protectores faciales cuando se efectúen operaciones de llenado y manejo de gas licuado en cilindros y/o conexión y desconexión de mangueras de llenado

Otros Equipos de Protección: Se sugiere utilizar zapatos de seguridad con suela anti derrapante y casquillo de acero.

9. PROPIEDADES FISICAS / QUIMICAS

Peso Molecular	49.7
Temperatura de Ebullición @ 1 atmósfera	-32.5 °C
Temperatura de Fusión	-167.9 °C
Densidad de los Vapores (Aire =1) @ 15.5 °C	2.01 (Dos veces más pesado que el aire)
Densidad del Líquido (Agua =1) @ 15.5 °C	0.540
Presión Vapor @ 21.1 °C	4500 mm Hg
Relación de Expansión (Líquido a Gas @ 1 atmósfera)	1 a 242 (Un litro de gas líquido, se convierte en 242 litros de gas fase vapor, formando con el aire una mezcla explosiva de 11,000 litros aproximadamente).
Solubilidad en Agua @ 20 °C	0.0079 % en peso (Insignificante; menos del 0.1%).
Apariencia y Color	Gas incoloro e insípido a temperatura y presión ambiente. Tiene un odorífero que produce un olor característico, fuerte y desagradable para detectar las fugas.

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad Química: Estable en condiciones normales de almacenamiento y manejo.

Condiciones a Evitar: Manténgalo alejado de fuentes de ignición y calor, así como de oxidantes fuertes.

Productos de la Combustión: Los gases productos de la combustión son: bióxido de carbono, nitrógeno y vapor de agua. La combustión incompleta produce monóxido de carbono (gas tóxico), ya sea que provenga de un motor de combustión o por uso doméstico. También puede producir aldehídos (irritante de nariz y ojos).

Peligros de Polimerización: No polimeriza.

11. INFORMACION TOXICOLOGICA

El gas licuado no es tóxico; es un asfixiante simple que, sin embargo, tiene propiedades ligeramente anestésicas y que en altas concentraciones produce mareos.

No se cuenta con información definitiva sobre características carcinogénicas, mutagénicas, órganos que afecte en particular, o que desarrolle algún efecto tóxico.

12. INFORMACION ECOLOGICA

El efecto de una fuga de GLP es local e instantáneo sobre la formación de oxidantes fotoquímicos en la atmósfera. No contiene ingredientes que destruyen la capa de ozono. No está en la lista de contaminantes marinos.

13. CONSIDERACIONES PARA DISPONER DE SUS DESECHOS

Disposición de Desechos: No intente eliminar el producto no utilizado o sus residuos. En todo caso regréselo al proveedor para que lo elimine apropiadamente.

Los recipientes vacíos deben manejarse con cuidado por los residuos que contiene. El producto residual puede incinerarse bajo control si se dispone de un sistema adecuado de quemado. Esta operación debe efectuarse de acuerdo a las normas peruanas aplicables.

14. INFORMACION SOBRE SU TRANSPORTACION

Nombre comercial	Gas Licuado del Petróleo
Identificación *DOT	UN 1075 (UN: Naciones Unidas)
Clasificación de riesgo *DOT	Clase 2; División 2.1
Etiqueta de embarque	GAS INFLAMABLE
Identificación durante su transporte	Cartel cuadrangular en forma de rombo de 273 mm x 273 mm (10 ¾" x 10 ¾"), con el número de Naciones Unidas en el centro y la Clase de riesgo DOT en la esquina inferior.

*DOT = Department Of Transportation, USA.



UN 1075 = Número asignado por DOT y la Organización de Naciones Unidas al gas licuado del petróleo.
2 = Clasificación de riesgo de DOT

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA

Reglamentación en Seguridad, Salud y medio ambiente para la sustancia.

- DL 1278: Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- D.S. 014-2017-PCM: que aprueba el reglamento de la Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos.
- D.S. 039-2014-EM: Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos.
- D.S. 026-94-EM: Reglamento de seguridad para el transporte de hidrocarburos.
- D.S. 030-98-EM: Reglamento para la comercialización de combustibles líquidos y otros

- productos derivados de los hidrocarburos.
- D.S. 045-2001-EM: Reglamento para la Comercialización de Combustibles Líquidos y otros
- Productos Derivados de los Hidrocarburos.
- D. S. 041-2005-EM: Modificación del D. S. 025-2005-EM que aprueba el cronograma de
- reducción progresiva del contenido de azufre en el combustible Diesel N.º 1 y N.º 2.
- D. S. 025-2005-EM: Aprueban cronograma de reducción progresiva del contenido de azufre
- en el combustible Diesel N.º 1 y N.º 2.
- D.S. 021-2007-EM: Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles.
- D.S. 064-2008-EM: Modifican Artículos del Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles.
- RCD-206-2009-OS-CD - Procedimiento Control Calidad de Biocombustibles y Mezclas.
- RM 515-2009-MEM-DM - Establecen las Especificaciones de Calidad para el Gasohol.
- DS 01-94-EM COMERCIALIZACION DE GLP ENVASADO
- PINTADO Y CANJE
- RCD 080-2018-OS/CD CRITICIDAD DE CILINDROS DE GLP
- NTP 350.011-1 FABRICACION DE CILINDROS
- NTP 350.011-2 INSPECCION MANTANIMIENTO Y REPARACION DE CILINDROS
- NTP 360.009-5 VALVULAS DE CILINDROS
- DS 065-2018-EM SEGURIDAD TRANSPORTE CILINDROS

16. INFORMACIÓN ADICIONAL

El G.L.P. comercial no es un producto puro, sino mezclas de butano y propano con otros hidrocarburos. Las propiedades fisicoquímicas del propano y el butano se dan en la Tabla 1.

	PROPANO		BUTANO		
	Puro	Comercial	Puro	Comercial	
Fórmula química	C_3H_8		C_4H_{10}		—
Temperatura crítica	96,8		152		°C
Presión crítica	42		37,5		kg/cm ²
Temp. ebullición (a 1 kg/cm ²)	-42,1	-40	-0,5	-10	°C
Límites inflamabilidad en aire superior	9,5	10	8,5	8,8	%
inferior	2,2	2,2	1,9	1,8	%
Temperatura inflamación	466	535	405	525	°C
Peso molecular	44	~46	58	~58	
LIQUIDO	Masa volumétrica a 15° C	0,506	0,582	0,580	kg/l (g/cm ³)
	Densidad (peso específico 20° C)				kg/l (g/cm ³)
	Viscosidad dinám. (15° C)	1060	1800		micropoises
	Calor específico (C.N.)	0,58	0,55		kcal/kg °C
	Poder calorífico superior	12040	11842	11800	kcal/kg
	Poder calorífico inferior	11080	10930	10900	kcal/kg
GAS	Calor latente vaporización	101,7	92,2		kcal/kg
	Viscosidad (20° C)	80	74		micropoises
	Densidad rel. (15° C)	1,52	2,06	1,86	—
	(a presión atmosférica) (20° C)		1,85	2,41	—
	Masa volumétrica (15° C)	1,86	2,46		kg/m ³
	Calor específico o pres. cte.	0,390	0,396		kcal/ m ³ °C
	(a 15° C) a vol. cte.	0,346	0,363		kcal/m ³ °C
	Poder calorífico superior (C.N.)	24350	22000 (20°)	28300 (20°)	kcal/m ³
	Poder calorífico inferior (C.N.)	22380	20400 (20°)	26200 (20°)	kcal/m ³
	Tensión vapor a 20° C	11	9,2	2,2	hg/cm ² ab
	Tensión vapor a 50° C	22	18	5	kg/cm ² ab
	Temperatura máxima llama (en aire)		1925	1895	°C
	Temperatura máxima llama (en oxígeno)		2820	2820	°C
	Índice Wobbe		18390	20750	kcal/m ³
	Punto de rocío (aprox.)		-43	-4	

Tabla 1: Características Físico-Químicas del Butano y el Propano Dado que la composición del butano y propano comerciales es variable, los datos que se dan son apropiados. C.N.= en condiciones normales (0° C, 760 mm. Hg)

Llamagas 1975 Modificación		DPTO OPERACIONES				Hoja MSDS	
MSDS		GAS LICUADO DE PETROLEO - GLP				Formula C₃H₈+C₄H₁₀	
	Criterio de Seguridad		Color	Valor	Componentes principales		
	Inflamabilidad			4	Propano, Butano, Tert butil Mercaptano		
	Toxicidad			1	Densidad relativa del vapor (aire=1) a 60°F (15.56°C) 2.01		
	Reactividad			0	Densidad relativa del liquido (agua=1) a 60°F (15.56°C) 0.540		
	Peligro específico		Blanco	-	NINGUNA		
Inflamabilidad		Equipo de protección personal PROTECCION PARA LOS OJOS: Lentes de protección visual con tapa completa PROTECCION PARA LAS MANOS: Guantes de seguridad					
NUMERO DE IDENTIFICACION: UN 1075							
Toxicidad		Consideraciones ante emergencias Peligro por fuego y explosión. Permitir solamente personal correctamente entrenado y protegido, los demás deben ser evacuados. Usar respiradores u otro, si el flujo de gas no puede ser apagado no extinga el fuego, permitiendo que se quemé hacia fuera. Utilice el abastecimiento de agua de alto volumen para refrescar los contenedores expuestos a la presión y del equipo próximo. Ojos: La salpicadura puede provocar daño físico y quemadura fría, aplicar de inmediato y con precaución agua tibia, no use agua caliente. Piel: La salpicadura puede provocar quemaduras frías, rociar o empapar con agua, Quite la ropa y los zapatos impregnados. Inhalación: Solicite ayuda o inicie el Plan de Emergencia					
LIGERAMENTE TOXICO		Documentación Asociada La información proporcionada en esta hoja de seguridad es precisa dentro lo conocido a la fecha de su elaboración. Los daños y perjuicios que se deriven del uso de la información contenida no serán bajo ninguna circunstancia responsabilidad de					
Reactividad		OSHA: Occupational Safety and Health Administration UN: Naciones Unidas NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health NFPA: National Fire Protection Association					

Glosario

- CAS: Servicio de Resúmenes Químicos.
- IARC: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer.
- ACGIH: American Conference of Governmental Industrial Hygienists.
- TLV: Valor Límite Umbral.
- TWA: Media Ponderada en el tiempo.
- STEL: Límite de Exposición de Corta Duración.
- REL: Límite de Exposición Recomendada.
- PEL: Límite de Exposición Permitido.
- INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- VLA-ED: Valor Límite Ambiental – Exposición Diaria.
- VLA-EC: Valor Límite Ambiental – Exposición Corta.
- DNEL/DMEL: Nivel sin efecto derivado / Nivel derivado con efecto mínimo.
- PNEC: Concentración prevista sin efecto.
- DL50: Dosis Letal Media.
- CL50: Concentración Letal Media.
- CE50: Concentración Efectiva Media.
- CI50: Concentración Inhibitoria Media.
- BOD: Demanda Biológica de Oxígeno.
- NOAEL: nivel sin efectos adversos observados
- NOEL: nivel de efecto nulo
- NOAEC: Concentración sin efecto adverso observado
- NOEC: Concentración sin efecto observado