

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería y Arquitectura  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **ESTUDIO DE MEJORA A UNA FÁBRICA DE ACEITE Y CÁSCARA DESHIDRATADA DE LIMÓN REALIZADA POR CORPORACIÓN PRIMAX PARA EL CAMBIO DE MATRIZ ENERGÉTICA DE PETRÓLEO DIESEL Y RESIDUAL A GAS LICUADO DE PETRÓLEO**

Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Industrial

**Aníbal Guillermo Sánchez Torino**

**Código 19830714**

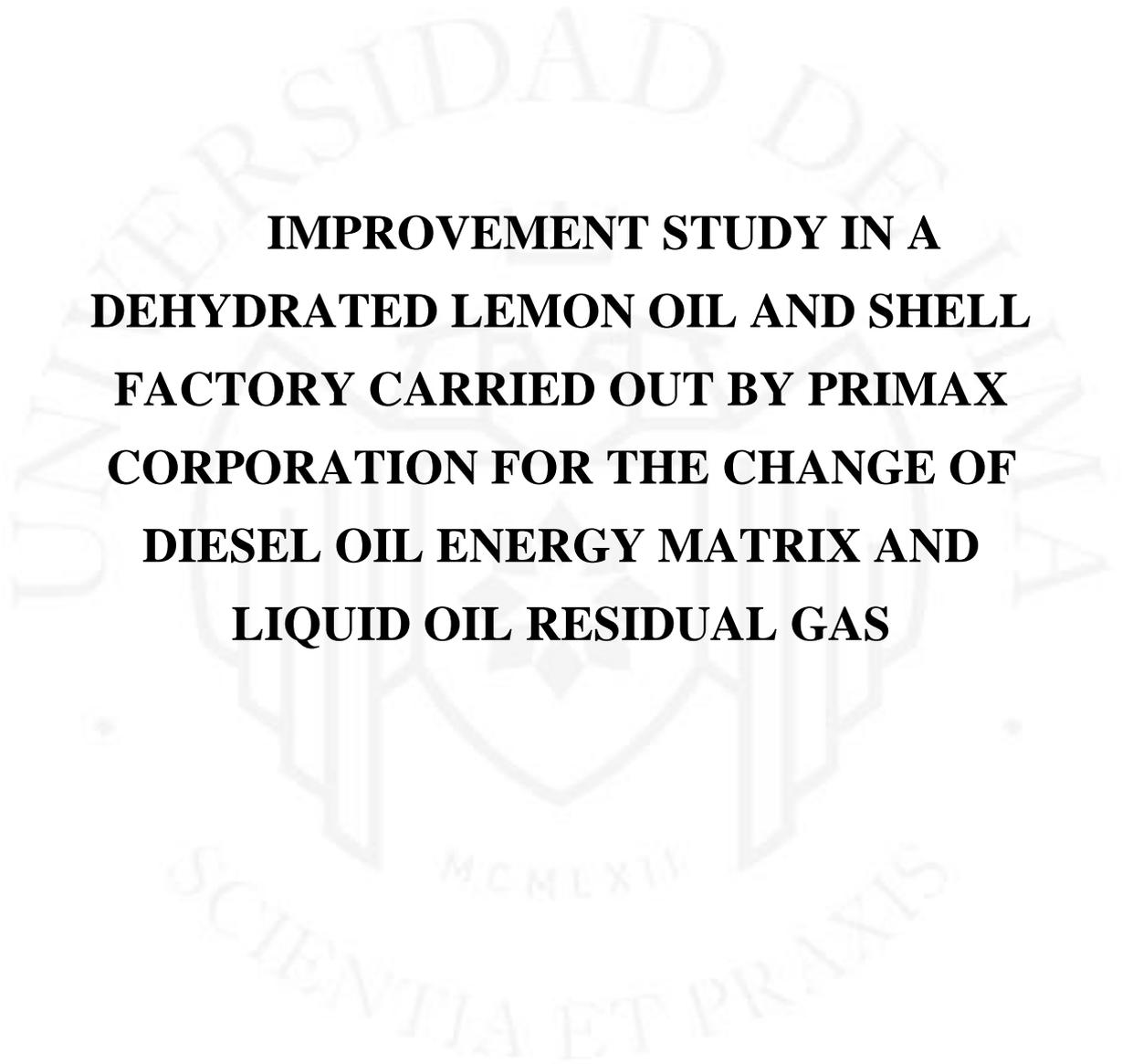
**Asesor**

Fernando Kleeberg Hidalgo

Lima - Perú

Julio de 2020





**IMPROVEMENT STUDY IN A  
DEHYDRATED LEMON OIL AND SHELL  
FACTORY CARRIED OUT BY PRIMAX  
CORPORATION FOR THE CHANGE OF  
DIESEL OIL ENERGY MATRIX AND  
LIQUID OIL RESIDUAL GAS**

# TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción de la empresa .....	1
1.1.1 Empresas/Unidades de negocio que conforman Corporación Primax ..	3
1.1.2 Descripción de la unidad de combustibles industrias.....	4
1.1.3 Descripción del producto ofrecido: gas licuado de petróleo (GLP) .....	4
1.2 Descripción del sector del gas licuado de petróleo (Granel).....	8
1.3 Participación de mercado del GLP (Granel) .....	11
1.4 Mercado objetivo: .....	13
1.5 Principales clientes.....	13
1.6 Descripción del área de ingeniería y desarrollo de proyectos.....	14
1.6.1 Estructura del área de ingeniería y desarrollo de proyecto.....	15
1.6.2 Diagrama de flujo .....	15
1.7 Descripción de la empresa seleccionada .....	17
1.8 Descripción del problema de la empresa seleccionada .....	18
<b>CAPÍTULO II: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>19</b>
2.1 Objetivo general: .....	19
2.2 Objetivos específicos: .....	19
<b>CAPÍTULO III: ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>20</b>
3.1 Alcances: .....	20
3.2 Limitaciones:.....	20
<b>CAPÍTULO IV: JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>CAPÍTULO V: PROPUESTAS Y RESULTADOS .....</b>	<b>22</b>
5.1 Cálculo de consumo de GLP .....	22

5.2	Cálculo de almacenamiento de GLP .....	23
5.3	Distribución de planta propuesta.....	25
5.4	Cálculo del sistema de vaporización forzada .....	27
5.5	Cálculo del sistema de redes de GLP .....	29
5.5.1	Acometida.....	29
5.5.2	Red interna.....	29
5.5.3	Reguladores de presión: .....	30
5.5.4	Normas de ejecución. ....	33
5.6	Selección de quemadores para hornos de secado y calderas de vapor....	33
5.6.1	Hornos de secado:.....	33
5.6.2	Calderas de vapor: .....	37
5.7	Cálculo de inversiones (Capex) y servicios de mantenimiento (Opex) al año .....	45
5.8	Cálculo de la propuesta comercial .....	46
5.9	Evaluación económica y flujo de caja.....	48
5.10	Indicadores económicos .....	49
5.11	Ahorro aproximado propuesto al cliente por el cambio de matriz energética .....	49
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>50</b>
	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>53</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>56</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b> Características y composición del gas licuado de petróleo.....	7
<b>Tabla 1.2</b> Participación de mercado GLP granel por empresa.....	12
<b>Tabla 1.3</b> Participación de la Corporación Primax en el Mercado del GLP .....	13
<b>Tabla 1.4</b> Consumo anual de los combustibles líquidos reemplazados .....	18
<b>Tabla 5.1</b> Cálculo del consumo de los equipos con GLP (teórico).....	22
<b>Tabla 5.2</b> Cálculo del consumo de GLP en base al consumo real de los combustibles líquidos .....	23
<b>Tabla 5.3</b> Cálculo del almacenamiento de GLP.....	24
<b>Tabla 5.4</b> Cálculo de la capacidad de vaporizadores .....	27
<b>Tabla 5.5</b> Tabla de separación mínima entre vaporizadores a fuego directo y exposiciones.....	28
<b>Tabla 5.6</b> Datos técnicos del regulador de primera etapa .....	30
<b>Tabla 5.7</b> Cálculo de los diámetros de tubería (fórmula de Renouard) .....	32
<b>Tabla 5.8</b> Valores recomendados por el fabricante de quemadores.....	43
<b>Tabla 5.9</b> Valores de combustión reportados por el cliente con los quemadores de petróleo residual.....	44
<b>Tabla 5.10</b> Relación de servicios (Opex) e inversiones (Capex) considerados en el proyecto del cliente.....	46
<b>Tabla 5.11</b> Determinación del precio de GLP.....	47
<b>Tabla 5.12</b> Flujo de caja.....	48
<b>Tabla 5.13</b> Indicadores económicos.....	49
<b>Tabla 5.14</b> Evaluación comparativa entre los combustibles líquidos iniciales VS GLP .....	49

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Hitos de la historia del desarrollo de la Corporación Primax .....	2
<b>Figura 1.2</b> Empresas y marcas que conforman la Corporación Primax .....	3
<b>Figura 1.3</b> GLP obtenido de un pozo de gas natural.....	5
<b>Figura 1.4</b> GLP obtenido de una refinería .....	6
<b>Figura 1.5</b> Esquema de la vaporización natural de un tanque estacionario de GLP .....	8
<b>Figura 1.6</b> Cuadro comparativo entre la oferta y demanda del GLP .....	9
<b>Figura 1.7</b> Fuentes de aprovisionamiento GLP - Perú.....	9
<b>Figura 1.8</b> Tendencia del precio del GLPE y del GLPG .....	10
<b>Figura 1.9</b> Cadena de valor formal e informal del GLP .....	11
<b>Figura 1.10</b> Market share Primax .....	11
<b>Figura 1.11</b> Participación de mercado .....	12
<b>Figura 1.12</b> Principales clientes del sector minería, pesquería e industrial .....	14
<b>Figura 1.13</b> Organigrama área de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos.....	15
<b>Figura 1.14</b> Diagrama del Área de Flujo de Unidad de Gas.....	16
<b>Figura 1.15</b> Campos de cultivo de limón.....	17
<b>Figura 1.16</b> Procesos de producción de aceite de limón y cáscara de limón deshidratada. ....	17
<b>Figura 5.1</b> Propuesta de disposición de planta.....	25
<b>Figura 5.2</b> Plano de obras civiles para tanques semi-monticulados de 10 000 galones decapacidad .....	26
<b>Figura 5.3</b> Diagrama del sistema de vaporización forzada propuesto. ....	28
<b>Figura 5.4</b> Isométrico de la instalación del sistema de GLP.....	31
<b>Figura 5.5</b> Diagrama de balance y energía del horno rotativo N° 1 y cálculo de potencia del quemador .....	34
<b>Figura 5.6</b> Diagrama de balance y energía del horno rotativo No. 2 y cálculo de potencia del quemador .....	35
<b>Figura 5.7</b> Quemador de alta velocidad.....	36
<b>Figura 5.8</b> Quemador monotobera.....	37
<b>Figura 5.9</b> <i>Procedimiento para determinar potencia real del quemador modelo TBG 150</i> .....	38

<b>Figura 5.10</b> Procedimiento de selección del tren de GLP del quemador modelo TBG 150 .....	38
<b>Figura 5.11</b> Medidas del quemador TBG 150 .....	39
<b>Figura 5.12</b> Procedimiento para determinar potencia real del quemador modelo TBG 260 .....	40
<b>Figura 5.13</b> Procedimiento de selección del tren de GLP del quemador modelo TBG 260 .....	40
<b>Figura 5.14</b> Medidas quemador TBG 260 .....	41
<b>Figura 5.15</b> Procedimiento para determinar potencia real del quemador modelo TBG 600 .....	41
<b>Figura 5.16</b> Procedimiento de selección del tren de GLP del quemador modelo TBG 600 .....	42
<b>Figura 5.17</b> Medidas quemador TBG 600 .....	42
<b>Figura 5.18</b> Valores del triángulo de Ostwald para GLP.....	43
<b>Figura 5.19</b> Analizador de gases de combustión .....	44
<b>Figura 5.20</b> Resultados obtenidos con la calibración de los quemadores instalados en las calderas de vapor de 150, 250 y 600 BHP respectivamente.....	45

## RESUMEN

El presente trabajo contempla el estudio de mejora para el cambio de matriz energética en una fábrica de aceite de limón y cáscara de limón deshidratada, en el norte del país.

En el diseño del sistema de gas licuado de petróleo (GLP) se consideraron las características técnicas y requerimientos de los equipos de consumo y su distancia hacia la zona de almacenamiento según la NTP 321.123, NTP 321.121 y otras normas internacionales (NFPA 58, CE, ASME,...). En este proceso se pudo verificar que el cliente podía optimizar su disposición de planta en la línea de producción de aceite de limón trasladando las calderas de vapor a otra zona.

El sistema de almacenamiento garantiza un stock de combustible que permite una autonomía para reaccionar ante cualquier desabastecimiento por escasez de GLP o eventos que podrían interrumpir el ingreso de las unidades de GLP.

El sistema de vaporización forzada fue diseñado para garantizar una presión y caudal constantes durante las máximas demandas de consumo.

Las redes de tuberías y accesorios de GLP fueron calculados para evitar pérdidas de carga o caídas de presión durante la operación de producción.

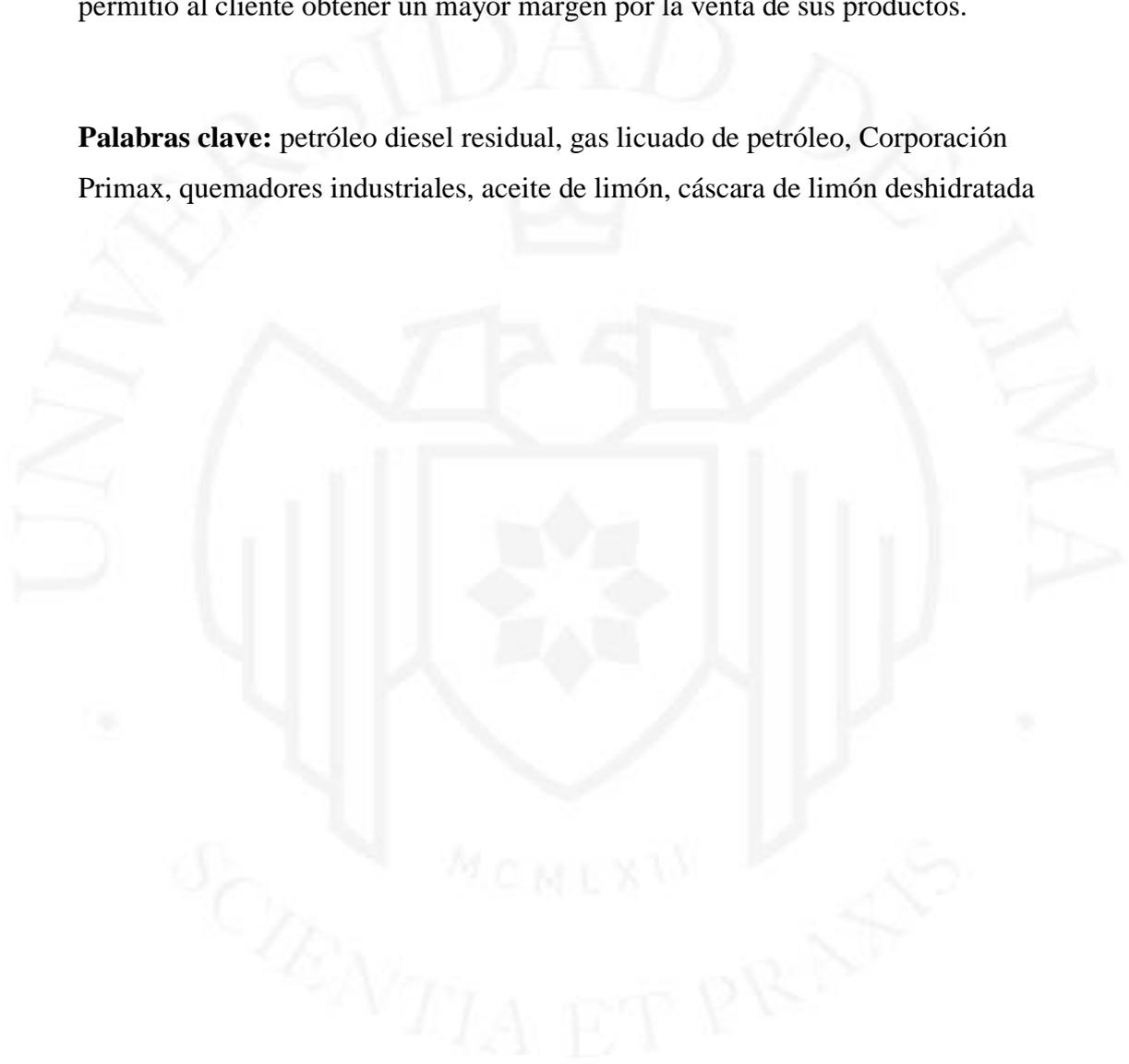
Se recomendaron instalar quemadores de alta velocidad para los hornos de secado y quemadores monotobera para las calderas de vapor. La potencia de los quemadores para los hornos rotativos se calculó realizando balance de materia y energía considerando la cantidad de producto a secar, la humedad de entrada y de salida, el tiempo de secado y las pérdidas de calor de las paredes de los hornos y las del flujo de aire.

Al reemplazar los quemadores de petróleo residual por GLP se redujeron las emisiones y los costos de los servicios de mantenimiento. Adicionalmente se instalaron accesorios de automatización adicionales (control de humedad, control de temperatura con modulación, entre otros), logrando optimizar los procesos de producción.

La duración del proyecto es de 5 años y se determinaron indicadores económicos que hacían rentable el proyecto. El contrato con el cliente especificaba además que si el consumo de combustible en este periodo de tiempo lo realizaban antes, el contrato culminaba, caso contrario se extendía el periodo hasta cumplir el consumo.

El ahorro anual por el cambio de combustible de petróleo a GLP le permitió al cliente obtener un mayor margen por la venta de sus productos.

**Palabras clave:** petróleo diesel residual, gas licuado de petróleo, Corporación Primax, quemadores industriales, aceite de limón, cáscara de limón deshidratada



## ABSTRACT

This work presents the Improvement Study to switch the energy source of a factory producing lime oil and dried lime peel in Northern Peru.

The design of the LPG system considered the technical characteristics and requirements for the consumption equipment and its distance towards the storage area in accordance with Peruvian Technical Standards NTP 321.123 and NTP 321.121 (NTP, for its Spanish acronym), and other international standards including NFPA 58, CE and ASME. This study confirmed that the client's plant layout in the lime oil production line could be optimized by relocating the steam boilers to a different area.

The storage system ensures a fuel stock that allows for autonomy to respond to any shortages due to an undersupply of LPG or strikes that may interrupt access to LPG units.

The forced vaporization system was designed to ensure a constant pressure and flow during periods of high consumption.

The piping networks and LPG accessories were designed to avoid load losses or pressure drops during the production operation.

It was recommended that high speed burners for drying furnaces and Monoblock burners for steam boilers be installed. The power of the burners for rotary furnaces was calculated through a matter and energy balance considering the amount of the product to be dried, the entry and exit humidity, the drying time, the heat losses through furnace walls and the losses in the air flow.

Emissions and maintenance service costs were reduced by replacing residual oil burners with LPG burners. Furthermore, additional automation accessories were installed (humidity controls, modulating temperature controls, among others), thus optimizing the production processes.

The duration of the project is five years, and its economic profitability indicators were determined in the study. Moreover, the contract with the client stated that if the fuel consumption in this period of time was reached earlier, the

contract would then expire. Otherwise, the contract would be extended until consumption was reached.

The annual savings resulting from switching from oil to LPG allowed the client to achieve a higher profit margin for the sale of its products.

**Keywords:** residual diesel oil, liquefied petroleum gas, Corporación Primax, industrial burners, lemon oil, dried lemon peel



# CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

## 1.1 Descripción de la empresa

Corporación Primax S. A. es una empresa que se inicia el año 2004 con la fusión de las empresas Romero Trading y Shell Perú. En esa fecha, el Grupo Romero (Perú) y ENAP (Chile) adquieren la empresa Shell en Perú con la siguiente proporción de acciones: 51% Grupo Romero y 49% ENAP. En el 2005 se produce el lanzamiento de la marca Primax y en los años siguientes se produjeron varios hitos importantes que han permitido el crecimiento de la empresa (Figura 1).

Según el Departamento de Marketing de la unidad de Industrias (2019), en la actualidad Primax se ha convertido en la principal empresa de hidrocarburos en el Perú, la experiencia y conocimiento del mercado de combustibles, la ha convertido en la mejor opción en la venta de combustibles. Este crecimiento se ha conseguido por la permanente preocupación por la mejora continua y servicio destinado a satisfacer a sus clientes.

Primax es una compañía de servicios con unidades de negocio en Perú, Ecuador y Colombia, con una facturación de más de US\$ 5,000 MM, En el año 2019 cuenta con más de 2,000 estaciones de servicio, 184 tiendas de conveniencia y alrededor de 1,000 Instalaciones Industriales en todo el Perú.

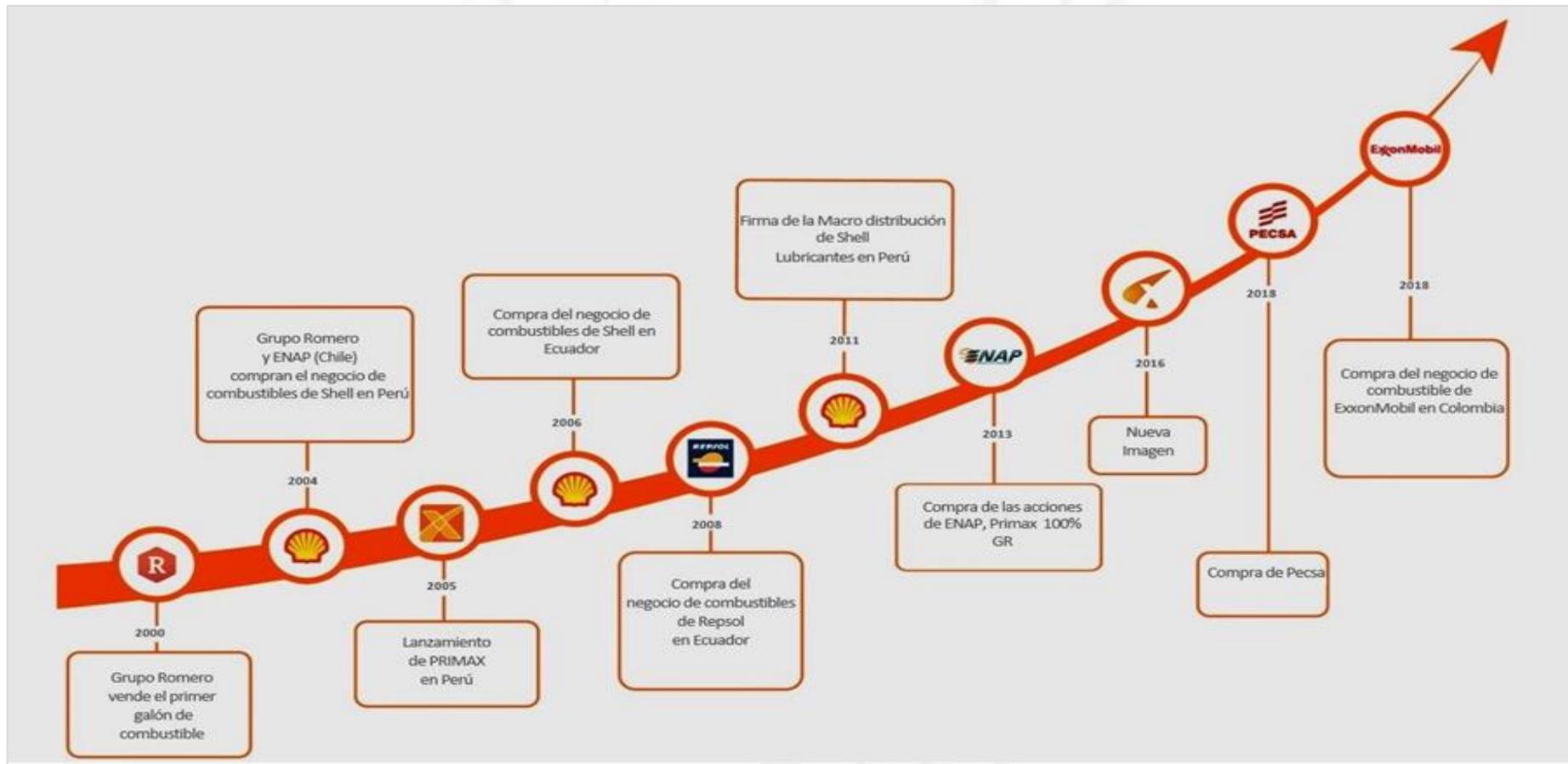
En Primax se trabaja teniendo en cuenta tres lineamientos fundamentales:

### Experiencia

- Primax pertenece al Grupo Romero con más de 100 años en el Perú
- Los productos que comercializa tienen los más altos estándares de calidad certificados por laboratorios nacionales e internacionales
- El suministro y la operación se realiza con los más altos estándares de calidad y seguridad
- La capacidad de respuesta ante emergencias es inmediata.
- Cuenta con un soporte técnico y administrativo constante.
- Tiene el respaldo financiero del Grupo Romero.

### Figura 1.1

Hitos de la historia del desarrollo de la Corporación Primax



Fuente: Corporación Primax, Departamento de Marketing (2019).

## Innovación

- Siempre se busca la mejora continua en los procesos, productos y servicios.
- Existe el compromiso en todas las áreas en buscar ahorros potenciales.

## Creación de valor

- Se ofrece la garantía de suministro y control de calidad en la cantidad exacta en el tiempo y precios adecuados

### **1.1.1 Empresas/Unidades de negocio que conforman Corporación Primax**

Corporación Primax está conformada por 05 unidades de negocio cada una de las cuales ha logrado conseguir una excelente participación, las más conocidas son las estaciones de servicio.

#### **Figura 1.2**

*Empresas y marcas que conforman la Corporación Primax*



Fuente: Corporación Primax, Departamento de Marketing (2019).

### **1.1.2 Descripción de la unidad de combustibles industrias**

Según el Departamento de Marketing de la unidad de Industrias (2019) La unidad combustibles industrias es la unidad del grupo cuyo negocio es la venta de combustibles B2B con mayor participación y venta a nivel nacional.

La experiencia obtenida en el transcurso de los años y conocimiento en el mercado de combustibles hace que Primax sea la empresa con mejores alternativas para manejar operaciones en los diferentes sectores económicos. En la actualidad administra más de 6'000,000 galones/mes de combustibles en aproximadamente 35 operaciones mineras y más de 15'000,000 galones/mes de venta de combustibles en diversos sectores económicos.

Los productos ofrecidos por la Unidad de Combustibles Industrias son: petróleo residual 500, petróleo residual 6, petróleo diésel B5 y gas licuado de petróleo (GLP). Se espera que en los siguientes años comercialice gas natural comprimido (GNC/GNV) y gas natural licuado (GNL) a los sectores industrias y mineras ya que desde el 2009 se encuentra comercializando GLP y GNC en estaciones de servicio (B2C).

En el presente trabajo de suficiencia profesional se ha considerado el GLP en la conversión de matriz energética.

### **1.1.3 Descripción del producto ofrecido: gas licuado de petróleo (GLP)**

El GLP es una mezcla de gases que se condensan y que se encuentran presentes tanto en el gas natural como disueltos en el petróleo. Los componentes del GLP a temperatura y presión ambiente se encuentran en estado gaseoso y su condensación se produce muy fácilmente. En base a lo antes mencionado se podría indicar que el GLP es una mezcla de propano y butano.

Las principales características del GLP son:

- Es más pesado que el aire, por lo cual cuando se produce una fuga, busca alojarse en las zonas más bajas, por esa razón su nivel de peligro.
- Cuando se encuentra bien regulado y se produce una buena combustión no es tóxico.
- Es inodoro e incoloro, por lo que se le agrega mercaptano o tetrahidrotiofeno para poder detectarlo.

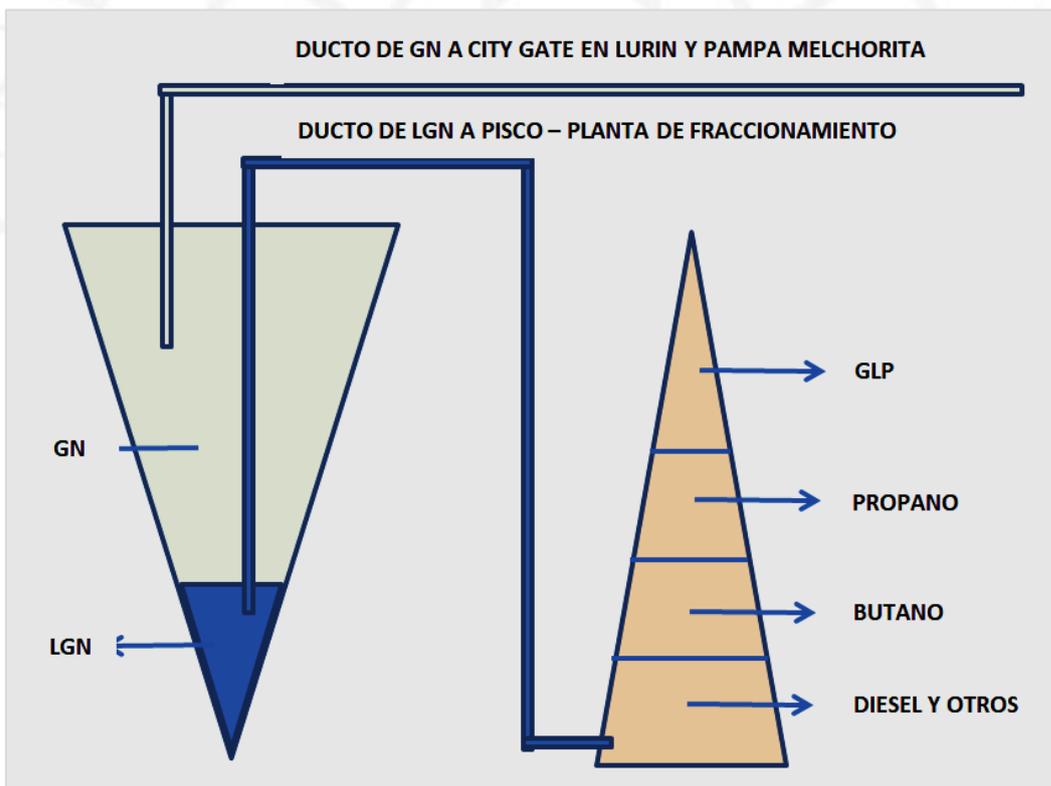
- Su rango de inflamabilidad en mezclas de aire se encuentra entre 2,1-9,5 %.
- Asimismo, en
- En condiciones ambientales se encuentra en estado gaseoso y puede licuarse fácilmente al incrementar la presión.

El GLP se obtiene de 2 maneras:

- Quando se encuentra contenido en un pozo de gas natural como parte de los líquidos de gas natural (LGN) en la parte inferior del pozo. Una vez retirados los LGN son transportados a través de un ducto hacia una planta de fraccionamiento. En nuestro país la planta de fraccionamiento se encuentra en Pisco y pertenece a la empresa Pluspetrol quienes tienen el 83% aproximadamente de la producción del GLP en el Perú.

**Figura 1.3**

*GLP obtenido de un pozo de gas natural*

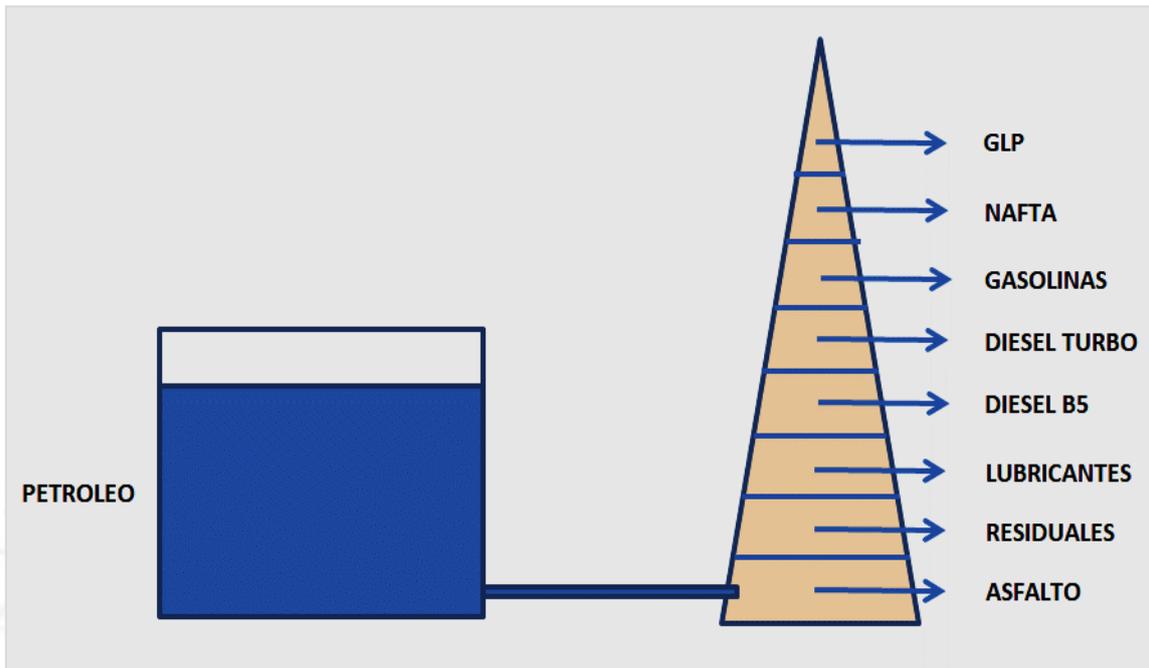


Elaboración propia.

- El GLP obtenido del fraccionamiento catalítico en una refinería de petróleo. En nuestro País hay 2 refinerías que producen GLP: Talara (Petroperú) y La Pampilla (Repsol). El GLP es el combustible más puro que se obtiene en este proceso, sin embargo es importante indicar que el

GLP obtenido en refinerías tiene mayor cantidad de hidrocarburos pesados (olefinas).

**Figura 1.4**  
*GLP obtenido de una refinería*



Elaboración propia.

En referencia al impacto sobre el medio ambiente, el GLP es uno de los combustibles que conjuntamente con el GN generan menos emisiones y residuos durante su combustión.

Toda esta ventaja hace que estos combustibles generan menores incidencias ambientales, por esa razón las políticas energéticas de todo el mundo fomentan que los países incrementen el consumo del GLP y GN en su estructura energética.

**Tabla 1.1***Características y composición del gas licuado de petróleo*

DESCRIPCION	UNIDADES	PROPANO	GLP	BUTANO
<b>COMPOSICIÓN (% VOL)</b>				
Propano	%	100	60	0
Butano	%	0	40	100
<b>PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS</b>				
Presión de vapor 37,6 °C	psig	208	160	70
Presión de vapor 0,0 °C	psig	70	48	15
Punto de ebullición a 1 atm.	°C	-42	-26	-0,5
<b>Líquido</b>				
Gravedad específica a 60 °F (Agua = 1)	-			
Densidad a 15°C	Kg/Gal	0,5083	0,5389	0,5847
<b>Vapor</b>				
Densidad relativa (Aire = 1)	-	1,922	2,038	2,211
<b>INFLAMABILIDAD</b>				
Límite inferior (LEL) % volumen de aire	%	2,0	1,8	1,5
Límite superior (UEL) % volumen de aire	%	9,5	9,3	9,0
<b>COMBUSTIÓN</b>				
Poder Calorífico	BTU/Gal	88 353	95 657	114 544

Elaboración propia.

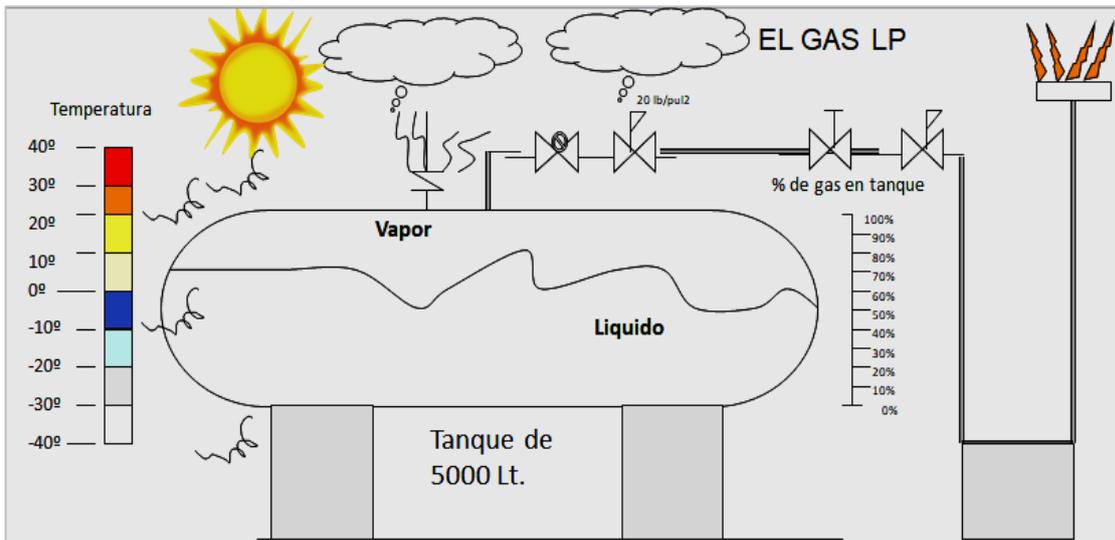
Es muy importante indicar nuevamente que el transporte del GLP se realiza en estado líquido y su consumo es en estado vapor.

La capacidad de vaporización se produce de acuerdo a la temperatura y capacidad de almacenamiento.

En cuanto al almacenamiento el GLP puede estar durante mucho tiempo contenido en los tanques sin que se incremente la presión interna de manera brusca lo que podría permitir la apertura de las válvulas de alivio o seguridad. Esta referencia hace que en los clientes cuyo consumo es estacional, puede estar almacenado sin problemas.

**Figura 1.5**

Esquema de la vaporización natural de un tanque estacionario de GLP



$$C \text{ vap} = D \times L \times k \times \text{°}f$$

D = Diámetro exterior del tanque de almacenamiento (pulg)

L = Longitud total del tanque de almacenamiento (pulg)

K = Constante de cálculo (depende del % de llenado (60 para una constante de 20%) del volumen de gas líquido contenido en el recipiente).

°f = Factor por temperatura mínima. (3,50 para una temperatura de 12,77 °C)

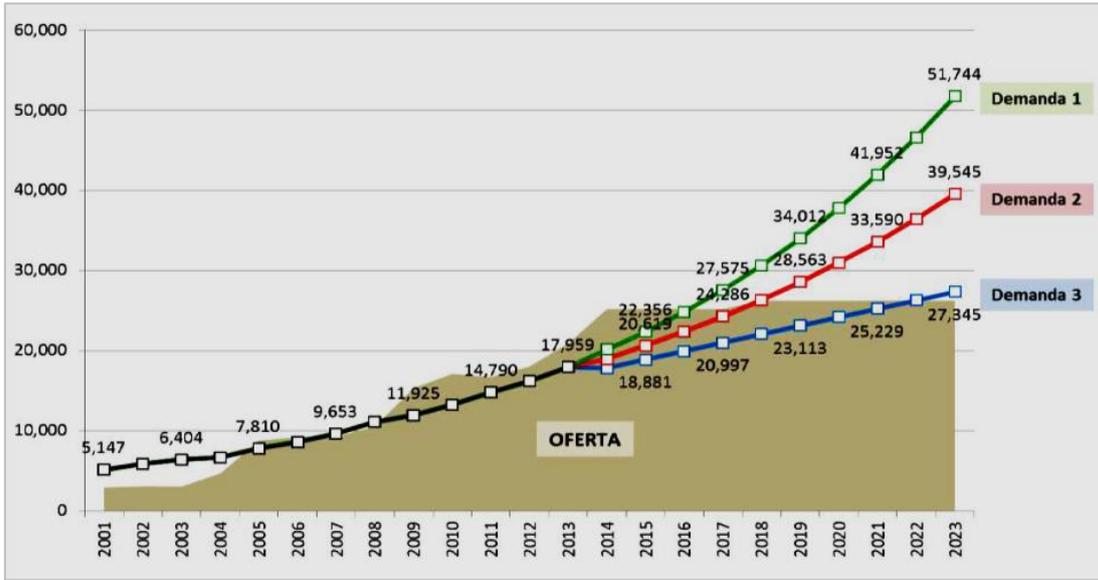
Fuente: M. Díaz. (2019).

## 1.2 Descripción del sector del gas licuado de petróleo (Granel)

El GLP se comercializa hace muchos años en nuestro país, actualmente la demanda ha superado la oferta, por lo que se está importando GLP para abastecer el consumo nacional.

**Figura 1.6**

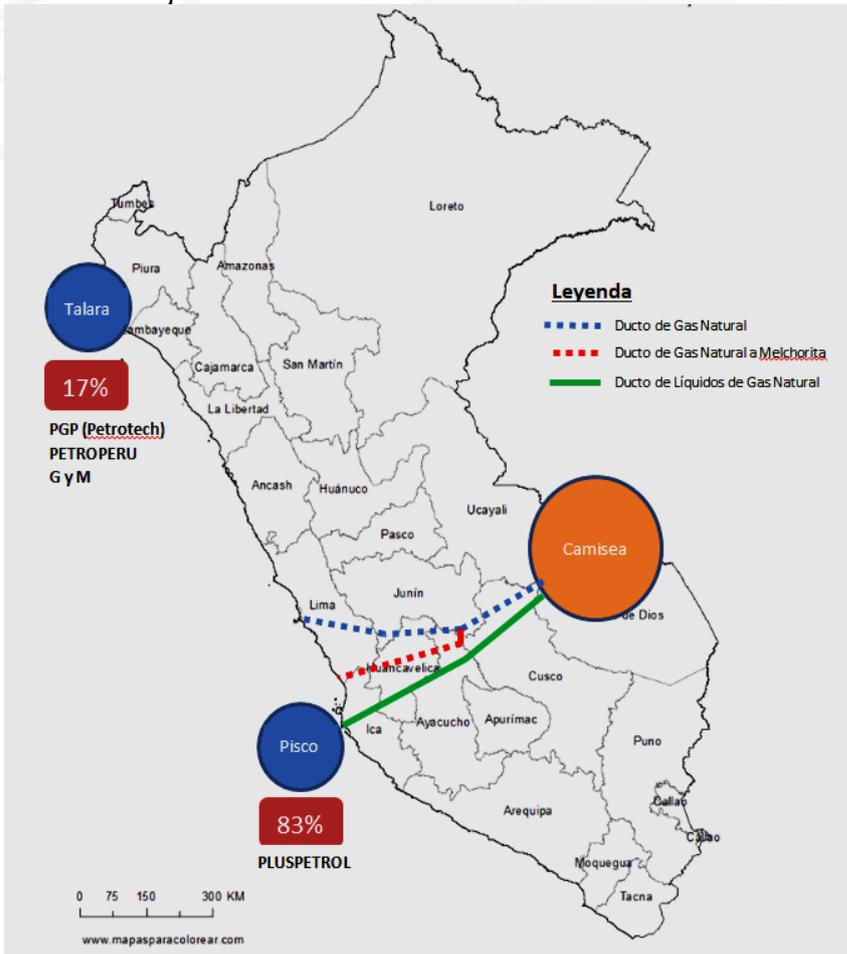
*Cuadro comparativo entre la oferta y demanda del GLP*



Fuente: A. Ledesma. (2015).

**Figura 1.7**

*Fuentes de aprovisionamiento GLP - Perú*



Elaboración propia

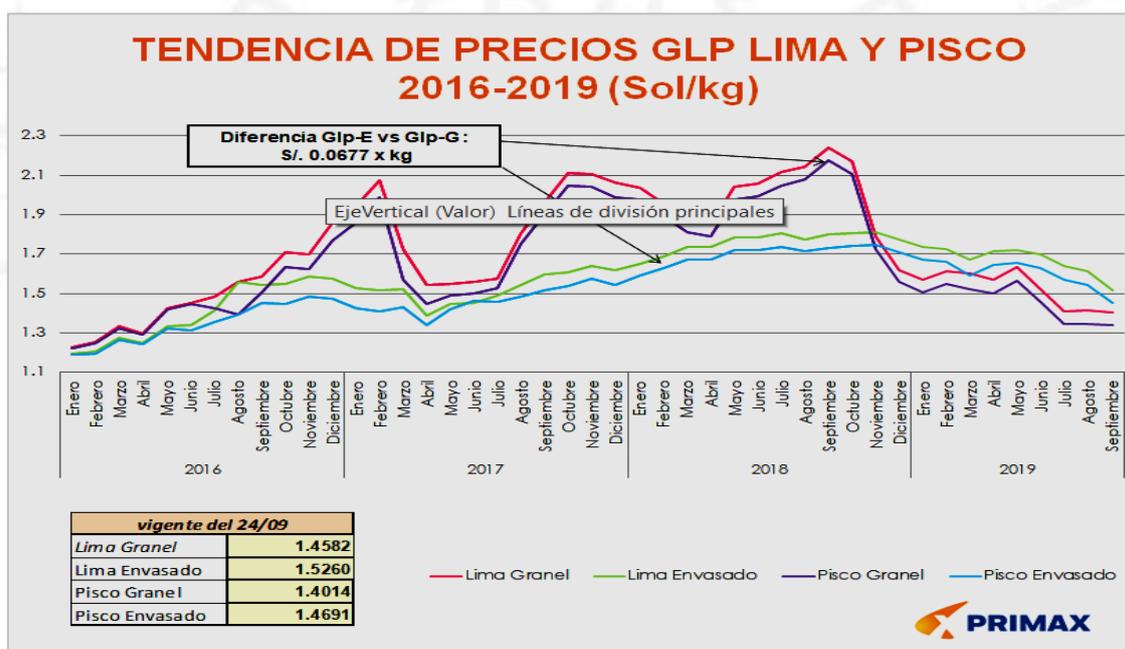
Es necesario indicar que en la actualidad existen registradas en Osinergmin:

- 117 plantas envasadoras: 78 empresas y 142 marcas, eso quiere decir que hay empresas que comercializan más de 01 marca.
- 488 distribuidores a Granel, de las cuales 250 tienen un local, el resto solo poseen unidades de transporte.

El mercado del GLP es un mercado informal porque a pesar de que se trata de un solo producto el Gobierno lo ha dividido en 2 sub-productos: gas licuado de petróleo envasado (GLPE) y gas licuado de petróleo granel (GLPG). La diferencia de precio entre ambos hace que las empresas informales compren el sub-producto más barato y lo vendan como el sub-producto más caro.

**Figura 1.8**

*Tendencia del precio del GLPE y del GLPG*

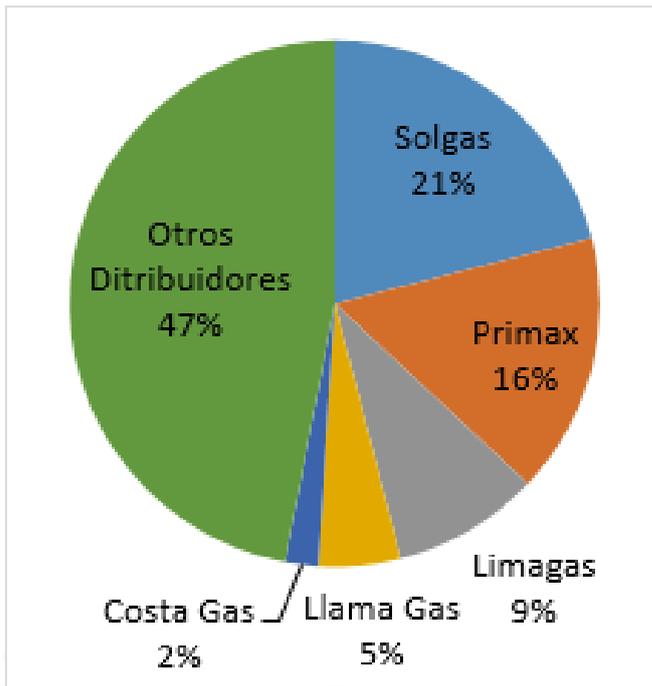


Fuente: Corporación Primax, Área de Abastecimiento (2019).

En el cuadro anterior se visualiza que las diferencias de precios del GLPG y GLPE ha variado su tendencia desde el mes de noviembre del 2018 en la que el mercado informal está comprando GLPG para venderlo como GLPE.



**Figura 1.11**  
Participación de mercado



Elaboración Propia

En el cuadro anterior, la participación de mercado de Primax es del 16% en promedio en los últimos meses ocupando el segundo lugar en comparación con las empresas formales de la competencia.

**Tabla 1.2**  
Participación de mercado GLP granel por empresa

Empresa Distribuidora	Participación
Solgas	21%
Primax	16%
Limagas	9%
Llama Gas	5%
Costa Gas	2%
Otros Distribuidores	47%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Elaboración propia.

**Tabla 1.3**

*Participación de la Corporación Primax en el Mercado del GLP*

		Ago-18	Mar-19	Abr-19	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Acum. 19 vs 18		
									18	19	%
<b>Volumen Mercado (MMGlns)</b>	<b>Total GLP</b>	<b>81.5</b>	<b>79.1</b>	<b>77.7</b>	<b>82.2</b>	<b>80.0</b>	<b>85.6</b>	<b>85.9</b>	<b>616.8</b>	<b>636.0</b>	<b>3.1%</b>
	Vehicular	22.0	26.6	28.2	28.4	26.8	30.3	29.5	171.9	215.6	25.4%
	Granel	8.7	17.1	17.9	19.0	20.4	20.7	21.3	75.1	154.2	105.4%
	Envasado	50.9	35.4	31.5	34.9	32.7	34.6	35.2	369.8	266.1	-28.0%
<b>Volumen Primax Perú (MMGlns)</b>	<b>Total GLP</b>	<b>10.5</b>	<b>12.5</b>	<b>12.7</b>	<b>12.6</b>	<b>13.2</b>	<b>13.7</b>	<b>14.8</b>	<b>78.2</b>	<b>102.7</b>	<b>31.3%</b>
	Vehicular	5.7	8.4	8.3	7.8	7.9	8.3	8.7	43.2	64.4	49.1%
	Granel	2.9	1.9	2.0	2.4	2.9	2.8	3.6	21.4	20.1	-6.4%
	Envasado	1.9	2.2	2.3	2.4	2.4	2.6	2.5	13.6	18.3	34.3%
<b>Participación de Mercado Primax Perú (%)</b>	<b>Vehicular</b>	<b>26.1%</b>	<b>31.4%</b>	<b>29.6%</b>	<b>27.4%</b>	<b>29.4%</b>	<b>27.4%</b>	<b>29.6%</b>	<b>25.1%</b>	<b>29.9%</b>	
	<b>Granel</b>	<b>32.9%</b>	<b>11.3%</b>	<b>11.3%</b>	<b>12.7%</b>	<b>14.3%</b>	<b>13.7%</b>	<b>16.9%</b>	<b>28.5%</b>	<b>13.0%</b>	
	<b>Envasado</b>	<b>3.7%</b>	<b>6.3%</b>	<b>7.2%</b>	<b>6.8%</b>	<b>7.2%</b>	<b>7.4%</b>	<b>7.1%</b>	<b>3.7%</b>	<b>6.9%</b>	

Fuente: Corporación Primax, Departamento de Control de Gestión (2019).

#### 1.4 Mercado objetivo:

Los principales sectores económicos a los que pertenecen nuestra cartera de clientes son: Minería, Pesca, Industria, Construcción y Transporte, sectores a los que se les vende los otros combustibles detallados en el inciso 1.1.2.

#### 1.5 Principales clientes

Los principales clientes de la Unidad de Industria que tienen un mayor consumo se encuentran en el sector Minería, Pesca e Industria (Figura 1.12).

**Figura 1.12**

*Principales clientes del sector minería, pesquería e industrial*



Fuente: Corporación Primax, Departamento de Marketing (2019).

Los clientes de la empresa confían en la calidad del servicio y en los productos que comercializa Primax debido a que cuenta con un equipo de ejecutivos de reconocida experiencia en el manejo de estas operaciones, además de contar con el soporte estratégico del Grupo Romero que brindan los recursos y la calidad de los productos comercializados

En la Unidad de Combustibles Industria y el Área de Transporte y Abastecimiento, existen más de 150 personas especializadas trabajando en operaciones a nivel nacional las 24 horas al día garantizando la atención oportuna y altos estándares de calidad.

### **1.6 Descripción del área de ingeniería y desarrollo de proyectos**

El Área de Ingeniería y Desarrollo de proyectos, por la amplia experiencia en la conversión energética de combustibles líquidos a GLP o GN, brinda los siguientes servicios de apoyo interno:

1. Soporte técnico para el área comercial desde que se inicia el contacto con el cliente.

2. Apoyo constante al área comercial en el asesoramiento a sus clientes en el control y ahorro de combustible.

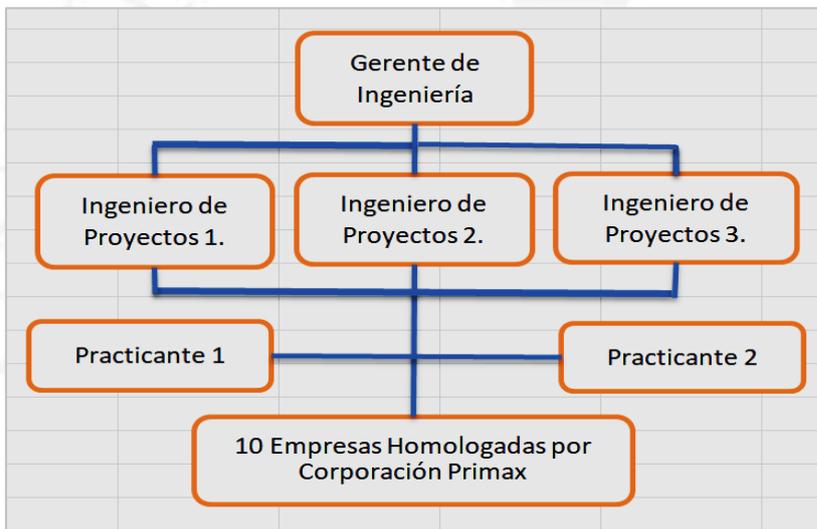
3. Desarrollo, diseño, montaje y servicios posventa de los diferentes proyectos en los sectores donde intervenimos.

### 1.6.1 Estructura del área de ingeniería y desarrollo de proyecto

El Área de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos es parte de la Unidad de Combustibles Industria cuya función es la de ser un área de soporte.

**Figura 1.13**

*Organigrama área de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos.*



Elaboración propia

### 1.6.2 Diagrama de flujo

El siguiente diagrama de flujo muestra la importancia de las funciones del Área de Ingeniería a partir del contacto con el cliente, durante el desarrollo y ejecución del proyecto y posteriores servicios post venta.



clientes pertenecen a Pecsca (se incluyen clientes que pertenecen al sector avícola en el que no teníamos presencia como Primax hace dos años).

### 1.7 Descripción de la empresa seleccionada

Para la sustentación del presente trabajo de suficiencia profesional se ha seleccionado a una fábrica ubicada en el norte del país perteneciente al sector agroindustrial.

El cliente es una empresa peruana que se dedica a la producción y exportación de limón fresco, aceite destilado de limón, cáscara deshidratada de limón y jugo concentrado de limón.

#### Figura 1.15

*Campos de cultivo de limón*



Fuente: Limones Piuranos (2019).

El cliente cuenta con aproximadamente 1200 hectáreas propias sembradas de limón y una planta de producción de aceite, jugo, cáscara deshidratada y empaque de fruta fresca.

#### Figura 1.16

*Procesos de producción de aceite de limón y cáscara de limón deshidratada.*



Fuente: Limones Piuranos (2019).

Como los productos son destinados a otros países (Europa, Estados Unidos y Asia principalmente) el cliente realiza un control bastante riguroso y un manejo agronómico en sus campos de cultivo que se basan en normas internacionales. Existe

además el Área de Control de Calidad que constantemente realiza un seguimiento de sus procesos que les permite continuar con sus certificaciones, así como utilizan en sus procesos equipos de última tecnología con lo cual aseguran un abastecimiento continuo y productos de calidad.

### 1.8 Descripción del problema de la empresa seleccionada

Los diferentes equipos de generación de vapor y secado de cáscara de limón utilizaban Petróleo Diésel y Petróleo Residual lo que les generaba un costo de combustible anual de S/. 6'832,799 que corresponde al consumo indicado en el siguiente cuadro:

**Tabla 1.4**

*Consumo anual de los combustibles líquidos reemplazados*

Combustible	Consumo Anual (Gal)
Bio Diesel DB5 550	748 709
Residual 500	239 624

Elaboración propia.

La empresa requería disminuir el costo de combustible para incrementar el margen de sus productos ya que el costo de los mismos era competitivo en el mercado internacional.

Es importante indicar que el producto cáscara de limón deshidratada se obtiene utilizando un equipo que utiliza como fuente de energía el proceso de combustión directa en hornos rotativos de petróleo diésel.

Por otro lado, al ser una empresa del rubro de alimentos las empresas certificadoras internacionales les estaban exigiendo que su producción se realice con combustibles amigables con el medio ambiente, sobretodo que no genere emisiones.

## **CAPÍTULO II: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1 Objetivo general:**

Realizar un estudio de mejora con propuestas que permitan incrementar el margen y calidad del aceite de limón y cáscara de limón deshidratada por el cambio de matriz energética de petróleo (diésel y residual) a gas licuado de petróleo (GLP), estableciendo una relación comercial estable durante el tiempo de contrato.

### **2.2 Objetivos específicos:**

1. Verificar la distribución de planta actual y proponer mejoras para optimizar sistema de GLP
2. Calcular del sistema de almacenamiento para lograr una autonomía eficiente que permita reaccionar ante riesgos de paradas de planta por falta de combustible.
3. Diseñar un sistema de vaporización forzada que soporte el abastecimiento de los equipos de consumo en una máxima demanda.
4. Diseñar de manera correcta y óptima un sistema de tuberías que permita abastecer la máxima demanda de consumo
5. Seleccionar adecuadamente el tipo y potencia de quemadores para las calderas de vapor y hornos rotativos de deshidratado de cáscara.
6. Calibrar los quemadores para obtener a mayor eficiencia de combustión y además para contribuir con el medio ambiente al generar menores emisiones de elementos contaminantes
7. Disminuir los costos de mantenimiento en las calderas de vapor y hornos de secado
8. Evaluación económica con el objetivo de obtener la mayor rentabilidad del proyecto (se debería obtener una TIR >20%)
9. Garantizar al cliente el máximo ahorro por el cambio de combustible.
10. Lograr una mejor calidad del producto cáscara deshidratada en el proceso de quemado directo con GLP

## **CAPÍTULO III: ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **3.1 Alcances:**

- La evaluación crediticia de las empresas evaluadoras de riesgos indicaron que la empresa seleccionada se encontraba sin problemas en el sistema financiero
- El respaldo Económico/Financiero de la empresa a evaluar garantizaba a Corporación Primax el pago del combustible en el periodo del contrato.
- La producción de limón en los años de contrato va a tener un crecimiento anual en el periodo estacional.
- Las negociaciones para la compra de combustible en las fuentes de aprovisionamiento de Talara garantizan el abastecimiento oportuno en el periodo de tiempo especificado en el contrato.
- La fórmula polinómica del precio de GLP establecida en el contrato va a garantizar al cliente una transparencia en el precio y un margen estable y constante para Corporación Primax

### **3.2 Limitaciones:**

- A pesar de que la producción de limón se va a incrementar en los siguientes años, la misma es estacional y depende de las situaciones climáticas que requieren de un mayor análisis en cada año.
- Riesgo por fenómenos naturales (fenómeno del niño) que disminuiría el consumo comprometido por el cliente.
- Riesgo por el incremento de la oferta del Gas Natural Comprimido (GNC).
- Las concesiones de Gas Natural Licuado (GNL) en el norte y Sur van a permitir desarrollar este mercado en los siguientes 10 años.
- La informalidad del mercado del GLP genera una competencia desleal por parte de las empresas que lo comercializan de esta manera (GLPG por GLPE o viceversa).

## **CAPÍTULO IV: JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Corporación Primax forma parte de las empresas que desarrolla el mercado del gas desde el año 2010 en Industrias y Estaciones de Servicio con crecimientos entre el 7–10% en los últimos 3 años

Desde el año 2013 el área de Ingeniería y Proyectos realiza la conversión de matrices energéticas como parte del desarrollo comercial de la Unidad de Combustibles Industrias. Cuando los indicadores por la venta de combustible en el periodo del contrato son los adecuados la alta dirección del Grupo Romero asume la inversión convirtiéndose en socio estratégico de sus clientes.

El respaldo de la firma de un contrato con el cliente se establece un compromiso de consumo en un determinado tiempo garantizando el retorno de la inversión y el margen final. Es importante indicar que:

1. Si este consumo se realiza en menor tiempo al del contrato éste finaliza inmediatamente pudiendo el cliente negociar un mejor precio.
2. Si el consumo se realiza en un tiempo mayor al del contrato, el mismo se extiende hasta que el cliente cumpla con el volumen de consumo comprometido.

## CAPÍTULO V: PROPUESTAS Y RESULTADOS

### 5.1 Cálculo de consumo de GLP

El cliente cuenta con 2 líneas específicas de producción:

1. Elaboración de aceite de limón, cuya parte del proceso requieren de del vapor generado por calderas.
2. Obtención de cáscara deshidratada mediante hornos rotativos de secado de cáscara.

En el siguiente cuadro se especifican los equipos y el requerimiento de calor sobre el cual se podría calcular un consumo teórico:

**Tabla 5.1**

*Cálculo del consumo de los equipos con GLP (teórico)*

EQUIPO DE CONSUMO	Teórico	% eficiencia	Efectivo	Efectivo	Horas efectivas	Efectivo	Efectivo
	Btu/h		Btu/h	gal/h		gal/día	gal/mes
Caldero de 150 BHP	5 025 000	80%	4 020 000	46,1	14	645	16 763
Caldero de 250 BHP	8 375 000	80%	6 700 000	76,8	14	1 074	27 939
Caldero de 600 BHP	20 100 000	80%	16 080 000	184,2	14	2 579	67 053
Horno rotativo 1	10 000 000	80%	8 000 000	91,6	14	1 283	33 360
Horno rotativo 2	15 000 000	80%	12 000 000	137,5	14	1 925	50 040
Horno rotativo 3	15 000 000	80%	12 000 000	137,5	14	1 925	50 040
	73 500 000		58 800 000			9 431	245 194

Elaboración propia.

En el caso de las calderas de vapor de 150 y 250 BHP utilizaban petróleo diésel y la caldera de vapor de 600 BHP utilizaba petróleo residual 500.

Los hornos de secado utilizaban petróleo diésel y lo más importante es que el proceso de deshidratado de cáscara se hace directamente con el combustible, proceso que tenía que reemplazarse de todas maneras con un combustible más limpio y amigable.

Ese consumo teórico se ha calculado en base a:

- a) 14 horas efectivas de trabajo ya que los quemadores se prenden y apagan una vez hayan llegado a las condiciones establecidas en los elementos de automatización (pirómetros, presostatos, etc.).
- b) Se ha considerado una eficiencia del 80% de su potencia teórica por la razón de que siempre hay una pérdida cuando los quemadores se

encuentran operando (contrapresiones internas, flujo de aire, medidas de la cámara de combustión, cantidad de pasos, etc.).

c) 26 días de operación al mes.

Es indispensable solicitar al cliente los consumos reales mes x mes si es posible de los 2 años anteriores para determinar picos de consumo y estacionalidades.

El consumo real de ambos combustibles utilizados y sobre el cual se ha considerado una proyección para los siguientes 5 años, es el siguiente:

**Tabla 5.2**  
*Cálculo del consumo de GLP en base al consumo real de los combustibles líquidos*

CONSUMO COMBUSTIBLE													
TIPO DE COMBUSTIBLE	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
GLP GRANEL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GLP ENVASADO 45 KG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GLP ENVASADO 10 KG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bio Diesel DB5 S50	89 413	98 196	85 645	90 555	105 253	105 449	60 188	22 366	12 365	21 093	32 367	25 820	748 709
RESIDUAL R6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RESIDUAL R500	32 736	32 736	32 736	32 736	32 736	32 736	19 641	5 892	2 946	5 892	2 946	5 892	239 624
<b>TOTAL EQUIVALENTE GLS.</b>	<b>158 740</b>	<b>169 946</b>	<b>153 933</b>	<b>160 197</b>	<b>178 951</b>	<b>179 201</b>	<b>103 589</b>	<b>36 575</b>	<b>19 796</b>	<b>34 951</b>	<b>45 317</b>	<b>40 983</b>	<b>1 282 180</b>
Consumo Real Vs Teórico	65%	69%	63%	65%	73%	73%	42%	15%	8%	14%	18%	17%	
Aut. TQ 3x10MGlns (Días)	3,19	2,98	3,29	3,16	2,83	2,83	4,89	13,86	25,61	14,51	11,19	12,37	

Elaboración Propia

## 5.2 Cálculo de almacenamiento de GLP

El diseño del sistema de GLP se realizó considerando la demanda de consumo energético teórico indicada en la tabla 5.1 y se realizó una comparación con el consumo actual real indicado en la tabla 5.2 para evaluar hasta donde es factible el incremento de consumo.

El cálculo se realizó determinando la demanda de los quemadores en simultáneo, debido que existen momentos pico donde todos los equipos funcionan al mismo tiempo. Por lo tanto, consideramos un coeficiente de simultaneidad de uno (1).

En la siguiente tabla se muestra el cálculo para determinar la capacidad de almacenamiento de los tanques de GLP. Se recomendó instalar 3 tanques semi-monticulados de 10000 galones cada uno, lo que nos va a permitir una autonomía de 4 días.

**Tabla 5.3**  
Cálculo del almacenamiento de GLP

<b>1).-PROYECTO CLIENTE :</b>		<b>MC - PROYECTO LIMONES PIURANOS</b>										
-------------------------------	--	---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

<b>2).-DATOS TECNICOS:</b>		POT. UNIT.	POTENCIA	POTENCIA	consumo		horas por turno			total				
ITEM	CANT.	EQUIPO	bhp	Btu/h	Btu/h	gal/hr	m <sup>3</sup> /hr	1er	2do	3ro	hr/día	gal/di	días/mes	gal/mes
1	1	Caldera	600.0	20,100,000	16,080,000	167.50	167.50	6	6	6	18	3015	26	78390
2	1	Caldera	250.0	8,375,000	6,700,000	69.79	69.79	6	6	6	18	1256	26	32663
3	1	Caldera	150.0	5,025,000	4,020,000	41.88	41.88	6	6	6	18	754	26	19598
4	1	Hornos rotativos		10,000,000	8,000,000	83.33	83.33	6	6	6	18	1500	26	39000
5	1	Hornos rotativos		15,000,000	12,000,000	125.00	125.00	6	6	6	18	2250	26	58500
6	1	Hornos rotativos		15,000,000	12,000,000	125.00	125.00	6	6	6	18	2250	26	58500
TOTAL			1000.0	<b>73,500,000</b>	<b>58,800,000</b>	362.50	362.50	24	24	24	72	<b>6525</b>	0	169650
MAS 20%			1200	88,200,000	70,560,000	435	435					0		
<b>TONELADAS AÑO</b>													<b>4133</b>	

<b>3).-DETERMINACIÓN DEL ALMACENAMIENTO:</b>	
<b>3.1).-NUMERO Y CAPACIDAD DE TANQUES POR VAPORIZACION NATURAL:</b>	
Selección del N°=	<b>3</b> X <b>10000</b> Gal. con capac. de vaporiz. natural al 20% de vol. De <b>17,191,077</b> Btu/hr
Por lo tanto por razón de vaporización que demanda el proyecto necesito <b>3.4</b> del volumen total	
<b># TQs. al 85% (%max. Util)</b>	
<b>3</b>	<b>10000</b> gal.

<b>3.2).-NUMERO Y CAPACIDAD DE TANQUES POR CONSUMO:</b>	
# de Tanqued / Mes =	<b>6.65</b> tanqued al 85%
<b>3</b> X <b>10000</b> galones	

<b>3.3).-INDICAR # Y CAPAC. DE TANQUES SELECCIONADO, CON CUANTOS DIAS DE AUTONOMIA:</b>	
# de días / Tanques =	<b>4 dias</b> <b>NOTA: Seleccionamos 3.0 TQS de 10000 gal.</b>
<b>3</b> X <b>10000</b> galones	

<b>BREVE EXPLICACION DEL CRITERIO DE SELECCIÓN DEL TANQUE:</b>	
TIENEN QUE INSTALAR <input checked="" type="checkbox"/> 3 TQS. De <input checked="" type="checkbox"/> 10000 de capacida cu. <input type="checkbox"/> el equivalente en tanques de otra capacidad de acuerdo a lo indicado por las normas de seguridad y el espacio fisico para el tanque o tanques.	
1.- <input checked="" type="checkbox"/> No	CUMPLE CON LA CAPACIDAD DE VAPORIZACION NATURAL
2.- <input checked="" type="checkbox"/> No	CUMPLE CON EL INDICE DE ROTACION DE TANQUES CON UNA FRECUENCIA APROXIMADA DE <input checked="" type="checkbox"/> 3.9 DIAS ENTRE LLENADOS
3.- <input type="checkbox"/> SI	EL SISTEMA REQUIERE EL USO DE VAPORIZADORES CON CAPACIDAD DE ENTREGA 735 gal/h

<b>FECHA:</b> 9-Set-11	
Proyectista	Ing.: D.D.M
Version M.C.	1

Aereo (0)	<b>1</b>
Soterrado (1)	
Mina (0)	
Cuidad (1)	<b>1</b>
<b>CANALIZADOS</b>	
CALCULO VAPORIZACION	
Simultaneidad	1
BTU/hr total	58,800,000
TOTAL	58,800,000

<b>USAR VAPORIZADOR</b>	
Total Gal/hr	588
Horas al día	18
Total Gal / día	10584
Frecuencia	2.4
Prop/But: BTU/H	70,560,000.00
Galones	735.00

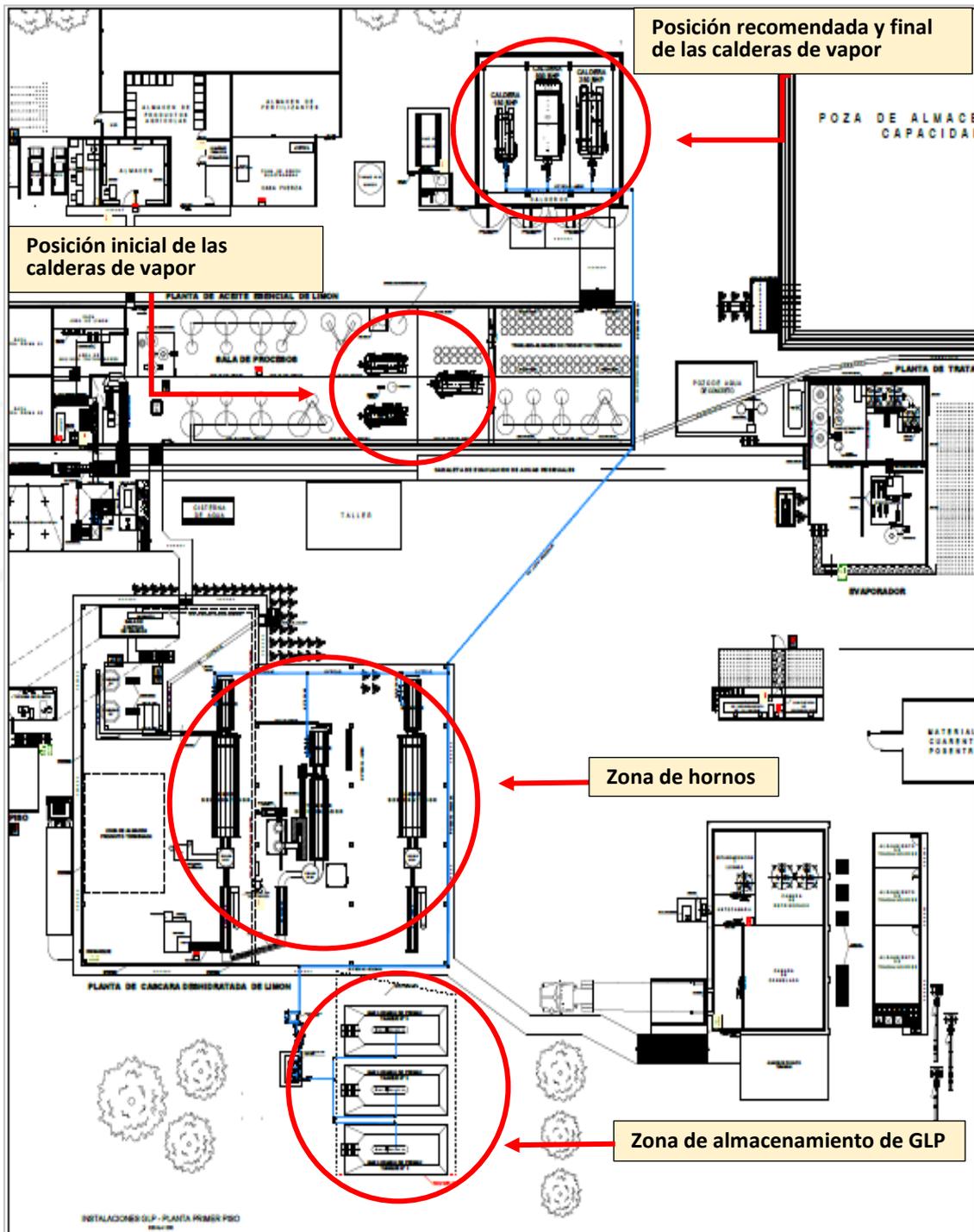
Elaboración propia.

### 5.3 Distribución de planta propuesta

Cuando se estableció contacto con el cliente, la caldera de vapor de 600 BHP estaba ubicada en otra zona que las calderas de vapor de 150 y 250 BHP, ubicadas dentro del galpón de la línea de aceite).

**Figura 5.1**

*Propuesta de disposición de planta*

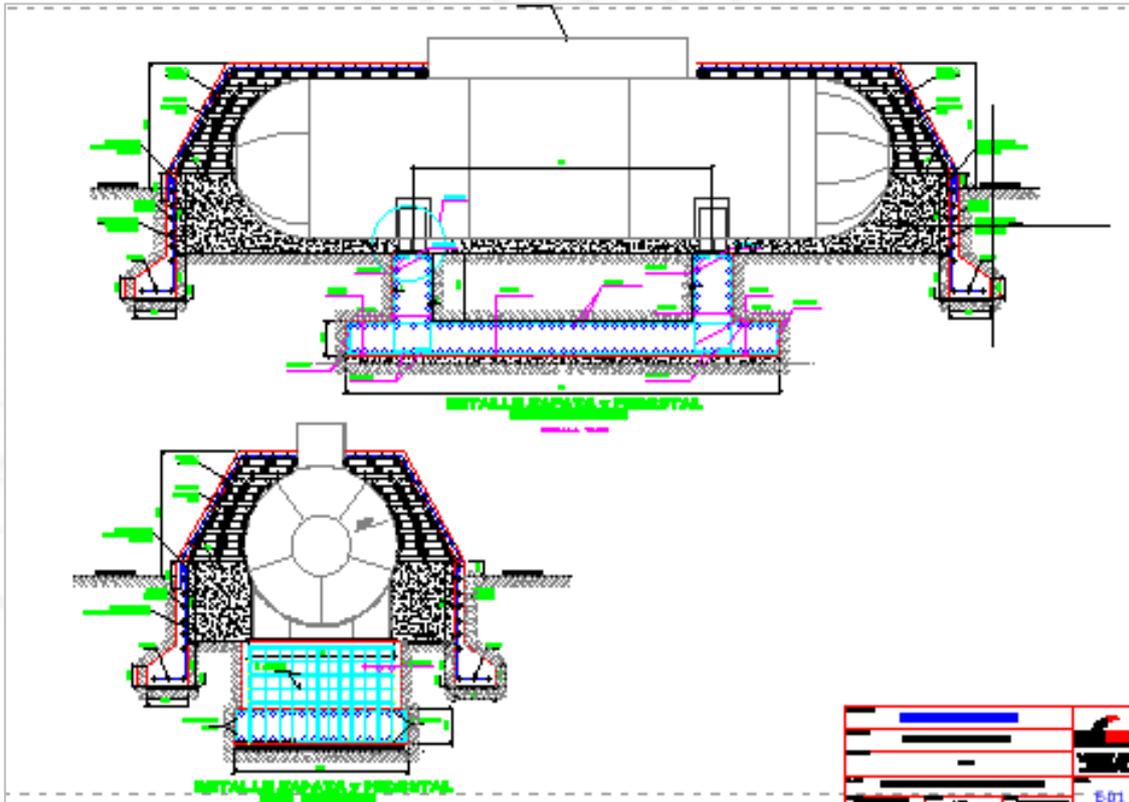


.Fuente: Acrosac (2016).

En el plano anterior se aprecia que las calderas de 150 y 250 BHP se ubicaron al costado de la caldera de 600 BHP despejando la zona del galpón de la línea de producción de aceite donde se encontraban instaladas y por el lado del diseño de las redes de gas se pudo optimizar su diseño disminuyendo las pérdidas de presión y caudal al reducir la cantidad de codos, tes o bifurcaciones.

**Figura 5.2**

*Plano de obras civiles para tanques semi-monticulados de 10 000 galones de capacidad*



Fuente: Acrosac (2016).

La ubicación de los 3 tanques semi-monticulados de 10,000 galones de capacidad cada uno considerados se realizó en el nivel NTN - 1m (nivel de terreno natural), los tanques quedaron perfectamente nivelados dentro de nichos de concreto construido según el plano anterior cumpliendo todas las reglas de la ingeniería civil.

Los tanques se posicionaron de forma tal que las válvulas de seguridad estén en comunicación directa con el cielo despejado para que en el caso se activen tengan libertad de evacuación de gases.

El sistema de almacenamiento, de vaporización forzada y decantación están protegidos del daño provocado por vehículos a través de muros contra impacto los

cuales bordean todo el perímetro expuesto a los vehículos. Los accesorios del tanque están instalados en el domo superior, accediendo a ellos a través de una escalera de concreto.

En el frontis del cerco perimétrico del tanque se han instalado avisos de seguridad según la NTP 321.123 con las leyendas “GAS COMBUSTIBLE NO FUMAR” en letras imprenta perfectamente visible, sobre fondo vivamente contrastante, cuyo tamaño guarda relación con la dimensión de los tanques según NTP 399.010-1, ROMBO NFPA y numeración de Naciones Unidas UN, el número de emergencia de Primax y el logotipo del proveedor de gas.

Los tanques se encuentran debidamente anclados a sus bases con la finalidad de evitar flotación y cuentan con un revestimiento (pintura) de Coaltar C200 para minimizar la corrosión; asimismo, cuentan con válvulas internas en servicio para líquidos y vapor.

#### 5.4 Cálculo del sistema de vaporización forzada

El diseño del sistema de Vaporización forzada de GLP se ha realizado con la finalidad de tener un sistema que respalde la demanda de consumo al 100% y nos garantice una presión y una capacidad de calor de entrega constantes en todo el proceso de producción inclusive cuando los tanques se encuentren en un % mínimo de GLP (20%) en estado líquido.

La capacidad del sistema de vaporización forzada útil se considera con el 85% de eficiencia del equipo es así que tenemos:

**Tabla 5.4**

*Cálculo de la capacidad de vaporizadores*

Vaporizador (GPH)	Capac. Teórica (BTU/h)	Cantidad	Capac. Teórica (BTU/h)	Eficiencia	Capac. Efectiva (BTU/h)
320	30 880 000	3	92 640 000	80%	74 112 000

Elaboración Propia

El sistema contempla 03 vaporizadores de 320 GPH de capacidad de la marca Algas y 01 decantador de 60 GPH.

Los 3 vaporizadores de fuego directo serán ubicados respetando las distancias de seguridad de la NTP 321.123 (Tabla 5.5).

**Tabla 5.5**

*Tabla de separación mínima entre vaporizadores a fuego directo y exposiciones*

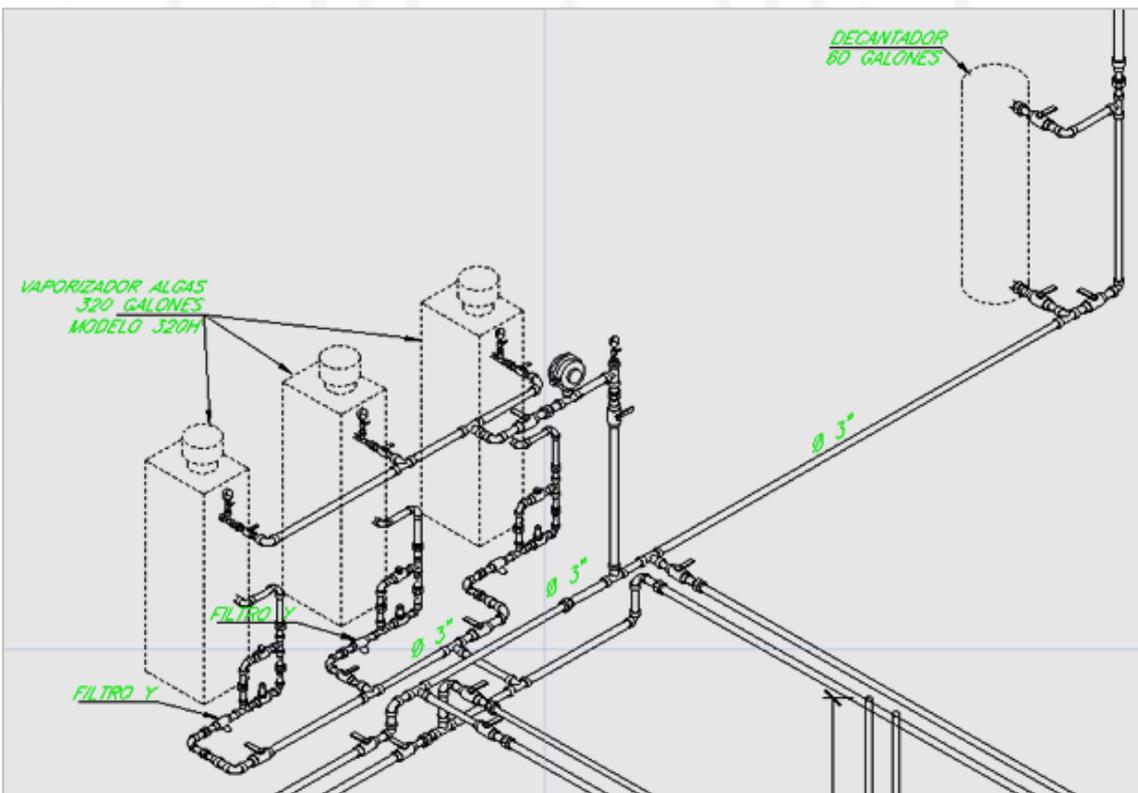
Exposición	Distancia mínima requerida	
	m	pies
Tanque	3,0	10
Válvulas de cierre del tanque	4,6	15
Punto de transferencia	4,6	15
Edificio importante o grupo de edificios mas cercano o línea de propiedad adyacente sobre la que puede construirse	7,6	25
Edificio o habitación que albergue un mezclador aire-gas	3,0	10
Gabinete exterior que albergue un mezclador aire-gas	0	0

Nota: No se aplicará las distancias a la caseta en el cual el vaporizador de fuego directo se encuentra instalado (la medida es al mismo vaporizador).

Fuente: Norma Técnica Peruana 321.123. Gas licuado de petróleo Instalaciones para consumidores directos y redes de distribución. (2012).

**Figura 5.3**

*Diagrama del sistema de vaporización forzada propuesto.*



Fuente: Acrosac (2016).

## 5.5 Cálculo del sistema de redes de GLP

El sistema propuesto de acuerdo a las normas de la compañía, cumplirá con las especificaciones del Reglamento de Construcción y normas específicas (NTP 321.123, NFPA 58, CE) y otras normas internacionales.

### 5.5.1 Acometida

Es parte del sistema que comprende la conexión de los tanques de 10 000 galones, reguladores de presión de primera etapa y tren de regulación primaria, la red general (líquido de GLP) será mediante tuberías acero SCH80 de 2", hasta los vaporizadores y posteriormente conectarán a un pack de regulación de alta presión marca FISHER modelo 99, todos estos equipos estarán ubicados, anclados y adosadas al muro y soportadas según plano. La instalación es responsabilidad de Corporación Primax.

### 5.5.2 Red interna

Comprende las tuberías de acero sch40, HDPE y válvulas que conectan desde el tren de regulación de alta presión hasta los equipos que utilizaran gas (hornos rotativos y calderas). La tubería matriz será de 4" de acero sch40 según norma ASTM A53, Todas las tuberías metálicas están instaladas de acuerdo con ASME B 31.3, las soldaduras en tuberías metálicas, están en concordancia con el Código ASME Sección IX, (ASME BPVC-IX, Boiler and Pressure Vessel Code).

- Accesorios de 4", 3", 2", 1", ¾" y ½" de diámetro. Estos accesorios serán de soldables con uniones tipo brida ANSI 150
- Válvula de cierre de 3", 2", 1", ¾" y ½"
- Codos, tees y otros accesorios
- Tubería de cobre tipo L, de ¾"

El ensamblaje de esta red será soldada con método de arco eléctrico material de aporte.

Las redes irán adosadas a las columnas con soportes metálicos tipo escuadra al sujetadas por abrazaderas tipo Ubolt.

Las fórmulas utilizadas en al cálculo del sistema de GLP son:

Pérdidas por fricción en tuberías y accesorios (Reward Rimel)

$$Le = L + (0.2) L$$

### Caída de presión

$$DP= 23,200 \times dr \times le \times Q^{1.82} \times D^{-4.82}$$

### Velocidad del gas en la tubería

$$V= \frac{354 Q}{D^2 \times p_{ab}}$$

Donde:

- Le: Longitud equivalente
- L= Longitud real del tubo
- DP: Pérdida de presión
- dr: Densidad relativa del gas (1.5)
- Q: Flujo m<sup>3</sup>/hora
- D: Diámetro del tubo
- Pab: Presión absoluta 10.33mb

### **5.5.3 Reguladores de presión:**

La Capacidad seleccionada de regulador de alta presión, debe superar la capacidad de la carga de consumo de todo el sistema, es así que se selecciona un regulador de media presión según la siguiente tabla.

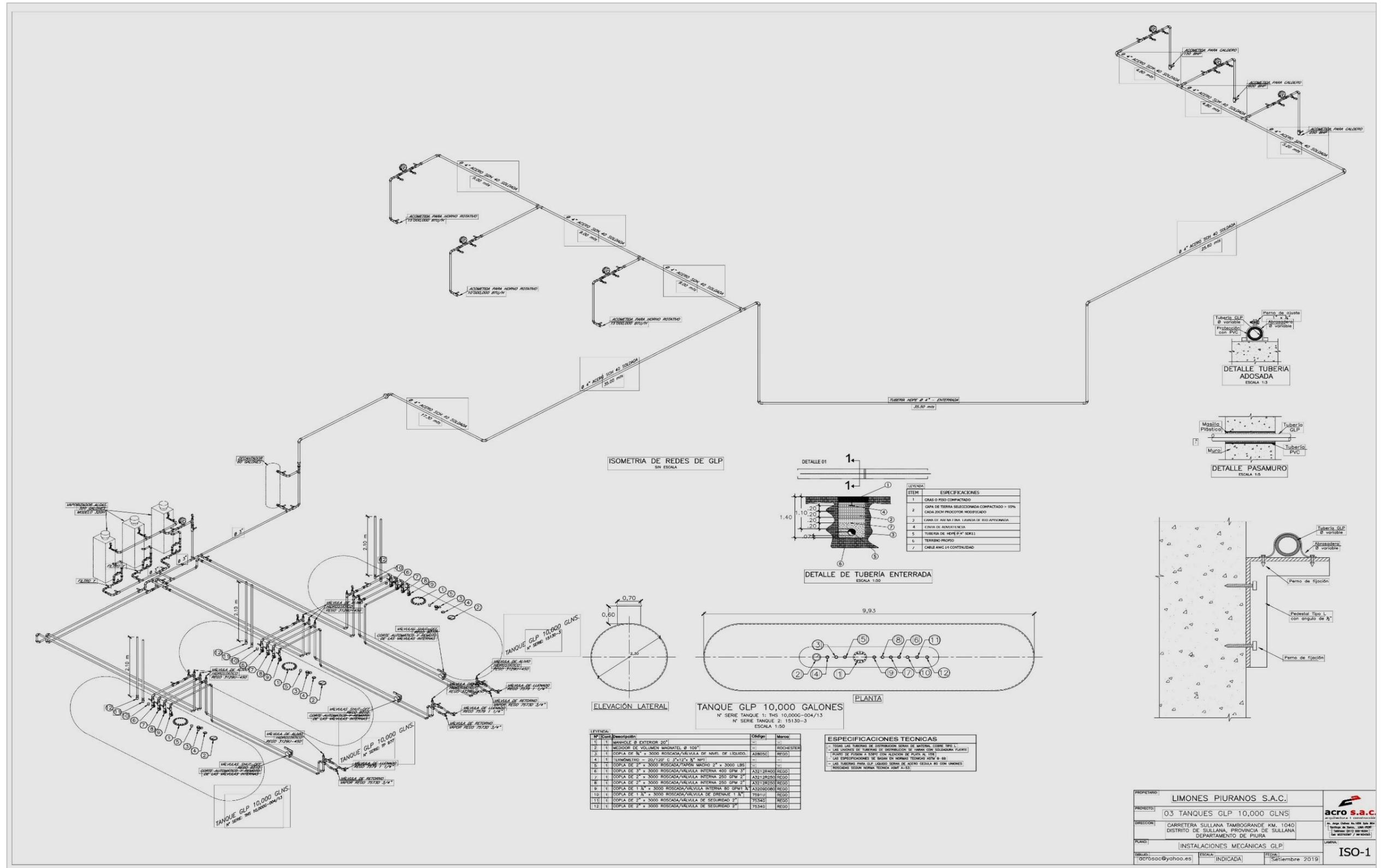
**Tabla 5.6**

*Datos técnicos del regulador de primera etapa*

Regulador	Marca	Modelo	Conexión	Orificio	Presión de entrada	Capac. Efectiva (BTU/h)
PRIMERA ETAPA	FISHER	99	2 X 2 NPT	2"	10 - 20 psig	74 318 000

Elaboración Propia

**Figura 5.4**  
Isométrico de la instalación del sistema de GLP



Fuente: Acrosac, 2016.

Tabla 5.7

Cálculo de los diámetros de tubería (fórmula de Renouard)

**MEMORIA DE CALCULO**
**PROYECTO: LIMONES PIURANOS**
**09 SET. 2019**

**MATERIAL SUGERIDO:** **TUBERIA DE COBRE TIPO L - CALIDAD ASTM B22 TEMPLE DURO**

**ds** = D<sub>c</sub> C<sub>g</sub>/C<sub>l</sub> = 1.5 Densidad Ficticia (alqu inferior a la relativa)

**Media Presión.** 1.26 GLP  
0.55 Gas Natural

<b>P<sub>media</sub></b>	<b>15 psi</b>	<b>1.054 K/cm<sup>2</sup></b>					
--------------------------	---------------	-------------------------------	--	--	--	--	--

**D<sup>4.82</sup> = [ 48,6 x ds x Le / P<sup>2</sup><sub>rel</sub> - P<sup>2</sup><sub>rel</sub> ]** **Fórmulas de Renouard**

Primera Condición a cumplir : Q/D <= 150

Segunda Condición a cumplir : R = T x Q/D <= 2 x 10<sup>5</sup> donde T = 72,000

**R = < 2 x 10<sup>5</sup> OK**

Q <sub>real</sub> x P <sub>real</sub>	Q <sub>c.a.</sub> x P <sub>c.a.</sub>
2014.00	1.03
1977.00	
37.00	
160,000.00	*****
900,000.00	

	COBRE	ACERO	ACERO
	Diametra nominal (pulq)	Diametra interior (mm)	Diametra interior Sch 40 / Sch 80
1/4	8	9.22	
1/2	13.8	15.76	13.868
3/4	20	20.96	19.24
1	26	26.64	24.307
1 1/4	32.1	35.08	32.5
1 1/2	38.2	40.94	38.14
1 3/4	44.3	46.5	
2	50.4	52.48	49.22
2 1/2	62.62	62.68	58.98
3	74.9	77.92	73.66
4	99.2	102.26	97.18
5	128.2	128.2	97.18
6	154.08	161.19	

POLIETILEN 0 (Diam. Ext.)	<b>COBRE (0)</b>	0
	<b>ACERO S&amp;H (1)</b>	
20 mm	<b>ACERO rarc(2)</b>	
25 mm		
	<b>GLP (0)</b>	0
	<b>GN (1)</b>	

**P.C. GLP = 2.6**  
**P.C. GN**

calcula de red matriz

Tramo	Lunq tud Real (m)	Lunq tud de Calculo	Q <sub>real</sub> (BTU / hora)	Q <sub>c.a.</sub> (BTU / hora)	Q <sub>c.a.</sub> (m <sup>3</sup> /hora)	Diametra nominal (pulq)	Diametra interior (mm)	P: absoluta (K/cm <sup>2</sup> )	Q <sup>4.82</sup> /D <sup>4.82</sup>	ds x Le x 48,6	P <sup>2</sup> <sub>rel</sub> - P <sup>2</sup> <sub>rel</sub>	Pf abs	P <sub>rel</sub>	P <sub>relativa</sub> (k/cm <sup>2</sup> )	Acumulado = (P <sub>rel1</sub> - P <sub>rel2</sub> ) / P <sub>rel1</sub>	Q / D <150	R = T x Q / D <= 2 x 10 <sup>5</sup>	Seccion de tub (mt 2)	Veloc m/s	MAX: 15%	MAX: 20 m/s
AB	50.00	60.00	70,560,000.00	70560000.00	735.00	4	99.2	2.09	3.92154E-05	4374.00	0.17152818	2.05	1.01	1.01	3.94%	7.409	533467.7	0.030915355	6.98		
BC	106.20	127.44	32,160,000.00	32160000.00	335.00	4	99.2	2.05	9.38416E-06	9290.38	0.08718235	2.02	0.99	0.99	5.97%	3.377	243145.2	0.030915355	3.18		

Elaboración propia

#### **5.5.4 Normas de ejecución.**

Todos los materiales e insumos deberán ser nuevos, sin uso y contar con las certificaciones exigidas por las normas y reglamentos

La empresa encargada de la ejecución de la obra deberá contar con las herramientas y otros elementos indicados por la compañía, así como disponer del personal técnico especializado y con experiencia comprobada dando cumplimiento a las condiciones expresas sobre el particular.

Las pruebas de fugas y funcionamiento deberán ceñirse a los protocolos aprobados y vigentes tal como lo señalan las normas y reglamentos vigentes.

Toda la instalación se ejecutará en estricto cumplimiento de las normas técnicas peruanas NTP 321.121, NTP 321.123 y el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE EM 040.

### **5.6 Selección de quemadores para hornos de secado y calderas de vapor**

#### **5.6.1 Hornos de secado:**

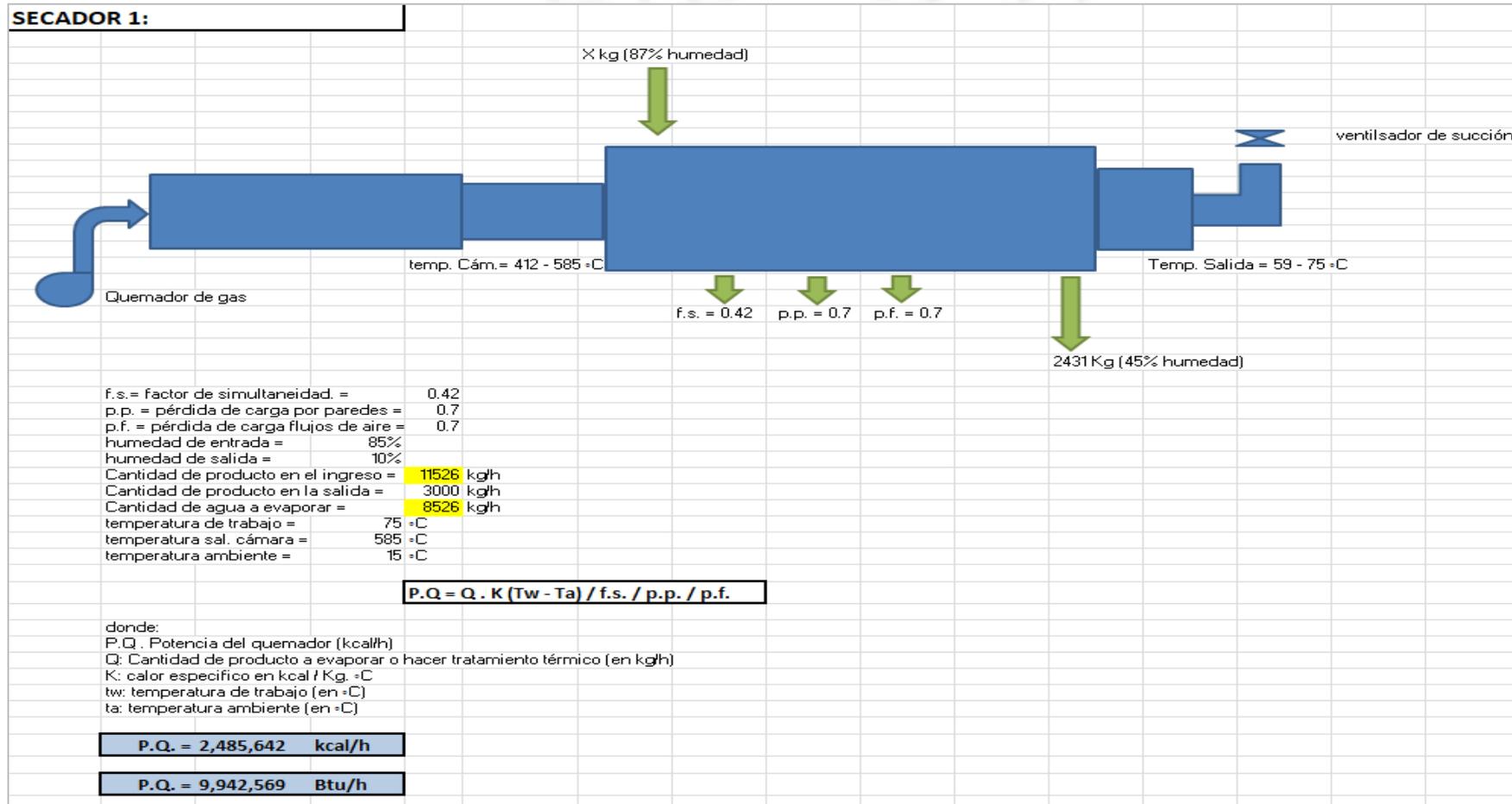
En los hornos de secado se tuvo que realizar un balance de materia y energía en el cual estaban considerados los parámetros indicados en los siguientes diagramas.

En base a ese cálculo se solicitó un quemador (para el caso del primer horno, de menor producción) un quemador de 10'000,000 Btu/h.

Para el caso de los hornos de mayor producción se solicitaron quemadores de 15'000,000 Btu/h.

**Figura 5.5**

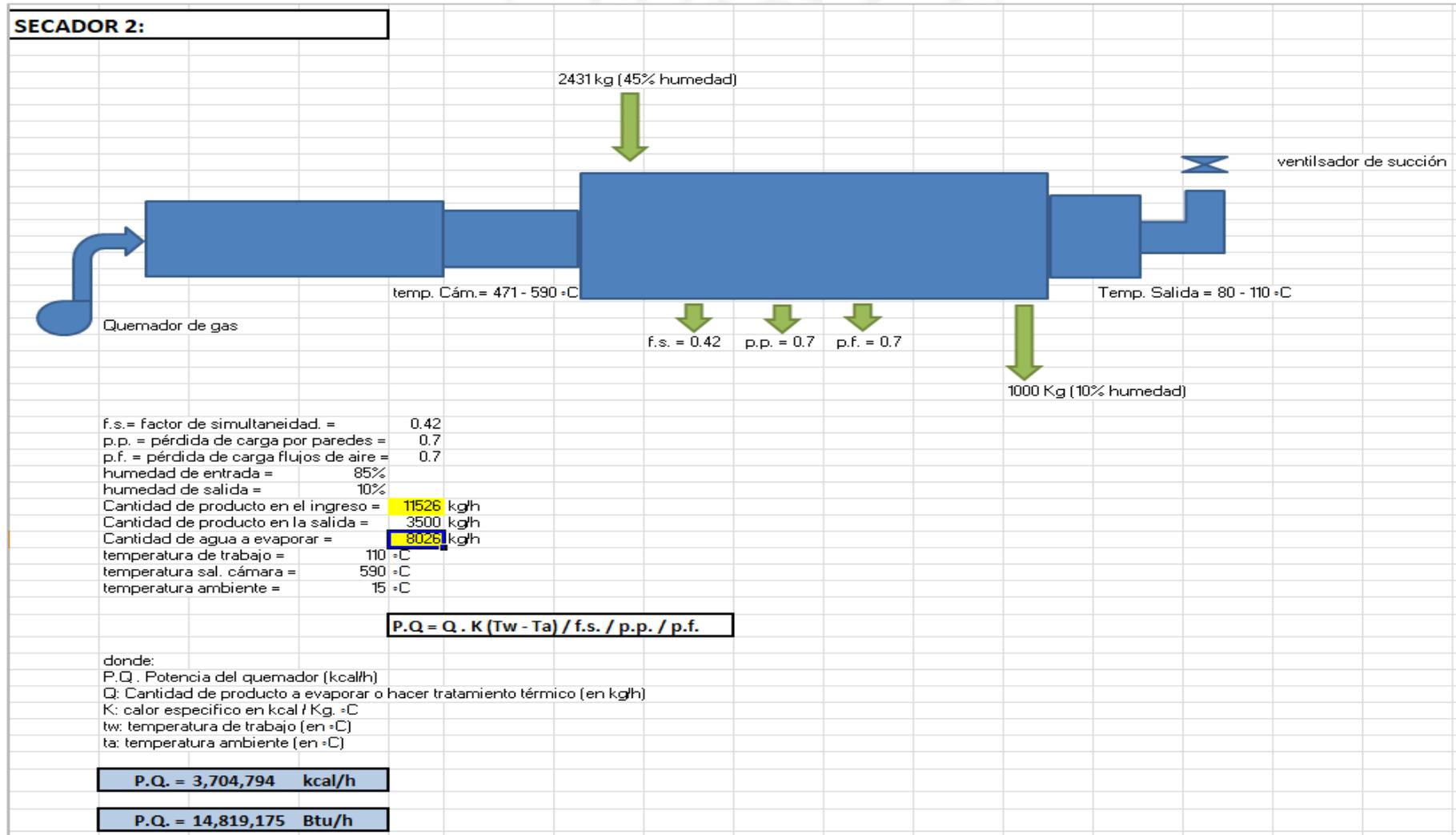
*Diagrama de balance y energía del horno rotativo N° 1 y cálculo de potencia del quemador*



Elaboración propia.

**Figura 5.6**

*Diagrama de balance y energía del horno rotativo No. 2 y cálculo de potencia del quemador*

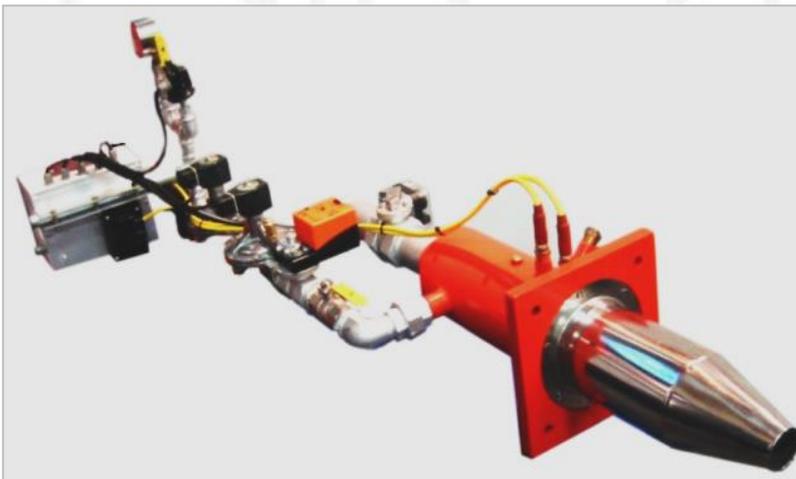


El cálculo realizado es con el objeto de evaporar el agua en el proceso de secado. Del mismo modo, en este tipo de hornos, se deben de considerar las siguientes variables:

- Cantidad de producto que ingresa (Kg)
- Producción requerida (Kg)
- Humedad de entrada (%)
- Humedad de salida (%)
- Temperatura de proceso.
- Tiempo de secado.
- Se tiene que considerar, además:
  - Factor de simultaneidad.
  - Pérdida de carga por las paredes.
  - Pérdida de carga por el flujo de aire (proceso abierto)

El tipo de quemadores que se tiene que instalar son los de alta velocidad, que son quemadores de pre-mezcla aire gas cuya llama es originada en una parte de la boca del quemador. La ventaja es que produce una llama de gran poder calorífico sin que esta se desprenda de la boca del mismo. Este quemador se utiliza en procesos donde existen grandes flujos de aire (ventiladores internos) y presiones negativas.

**Figura 5.7**  
*Quemador de alta velocidad*



Fuente: Termotec Ingeniería. (s. f.).

### 5.6.2 Calderas de vapor:

Las calderas de vapor del cliente son tipo Pirotubular, es decir el fuego recorre por los tubos internos calentando el agua que se encuentra fuera de los mismos produciendo vapor a grades temperaturas.

El quemador que se utiliza en este tipo de equipos es un quemador monotobera que puede ser On/Off, Alto/bajo Fuego o modulante. En este caso se instalaron quemadores modulantes para optimizar la combustión interna generada.

**Figura 5.8**

*Quemador monotobera*



Fuente: Baltur (2018).

Para seleccionar los quemadores para las calderas de vapor se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- $Q_i$ : combustible quemado
- $P_a$ : Presión de gas en la red
- $P_c$ : presión en la cámara de la caldera
- $P_g = P_a - P_c$

#### 5.6.2.1 Cálculo de quemador para la caldera de vapor de 150 BHP:

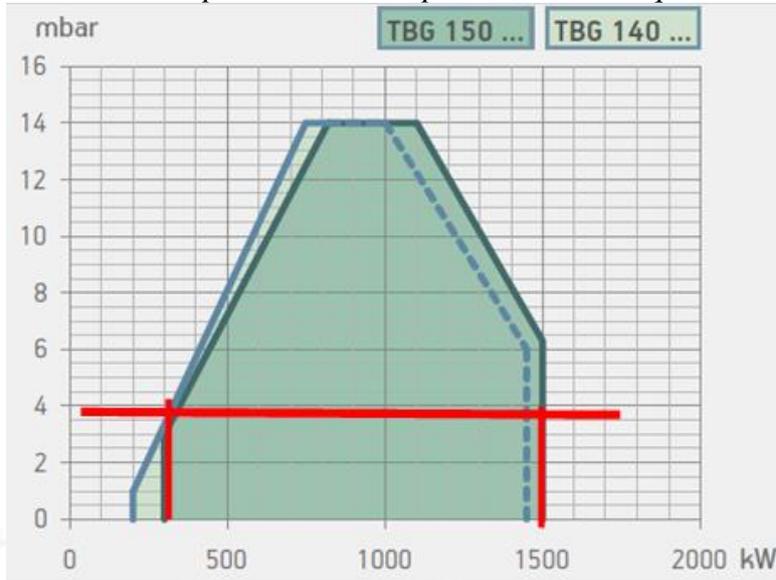
El quemador seleccionado para esta caldera dependió de las siguientes variables, de las cuales se dimensionó el tren de gas:

- $Q_i$ : 1300 kW

- Pa: 30 mbar
- Pc: 4 mbar.
- Pg = Pa – Pc = 26 mbar.

**Figura 5.9**

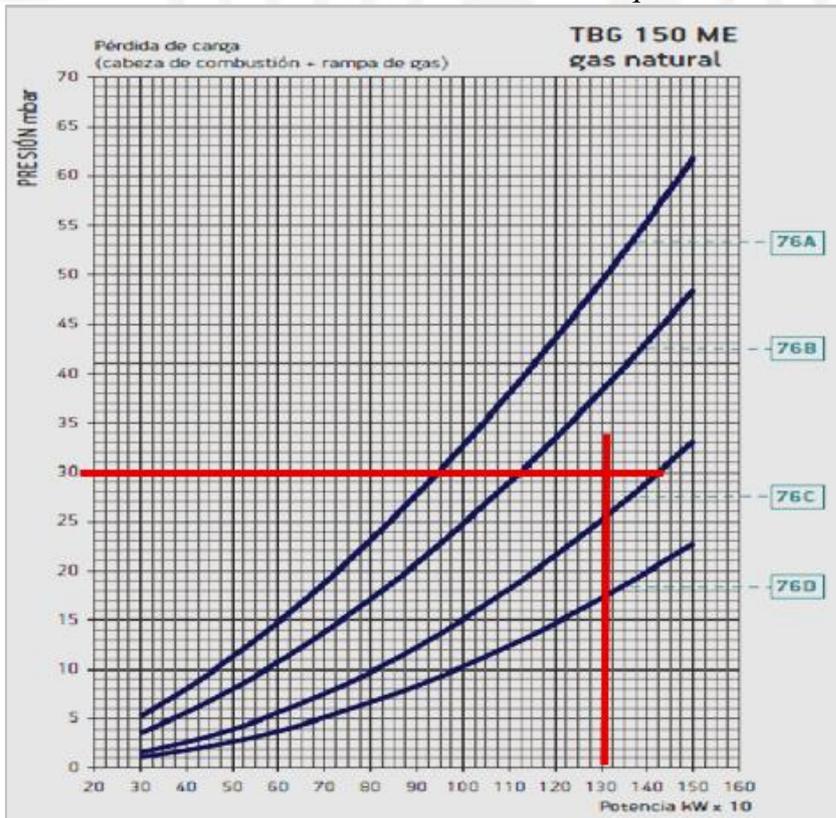
*Procedimiento para determinar potencia real del quemador modelo TBG 150*



Fuente: Baltur (2018).

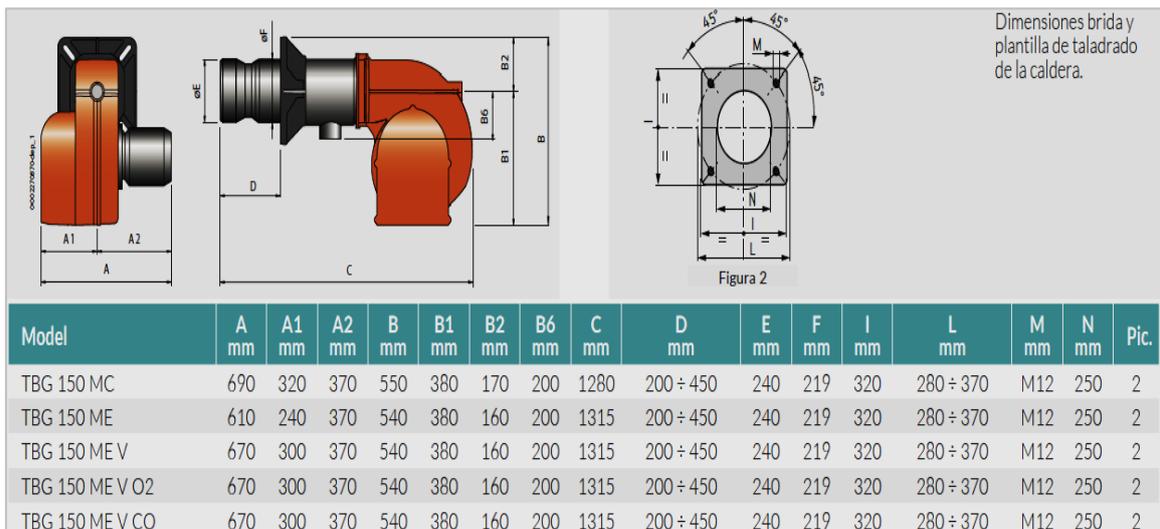
**Figura 5.10**

*Procedimiento de selección del tren de GLP del quemador modelo TBG 150*



Fuente: Baltur (2018).

**Figura 5.11**  
Medidas del quemador TBG 150



Fuente: Baltur (2018).

Las dimensiones indicadas del quemador seleccionado sirven para acoplarlo en la caldera de vapor y adaptar la brida en el refractario.

Una vez colocado y adaptado el quemador en la caldera de vapor se realiza la puesta en marcha y pruebas tomando en cuenta que el largo y ancho de la llama no afecten la cámara de combustión y se produzcan vibraciones que podría traer problemas en los elementos electrónicos, desprendimiento del refractario, ocasione problemas serios en el flue, sobrecalentamiento de la tapa posterior de la caldera.

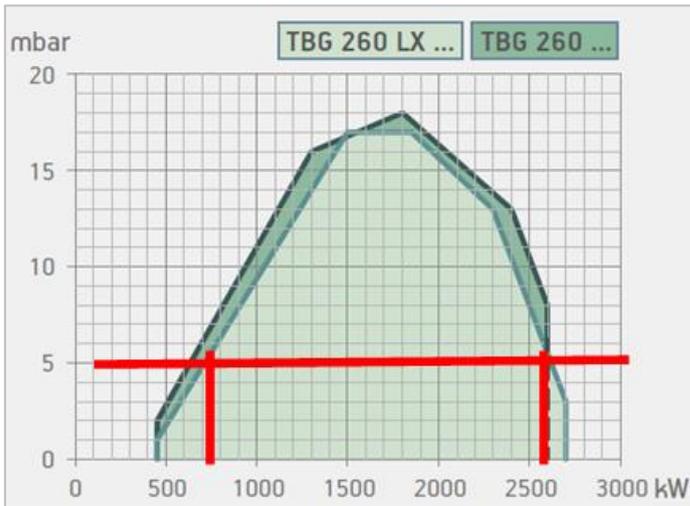
### 5.6.2.2 Cálculo de quemador para la caldera de vapor de 250 BHP

El quemador seleccionado para esta caldera dependió de las variables siguientes, de las cuales se dimensionó el tren de gas:

- Qi: 2200 kW
- Pa: 45 mbar
- Pc: 5 mbar.
- $P_g = P_a - P_c = 40 \text{ mbar.}$

**Figura 5.12**

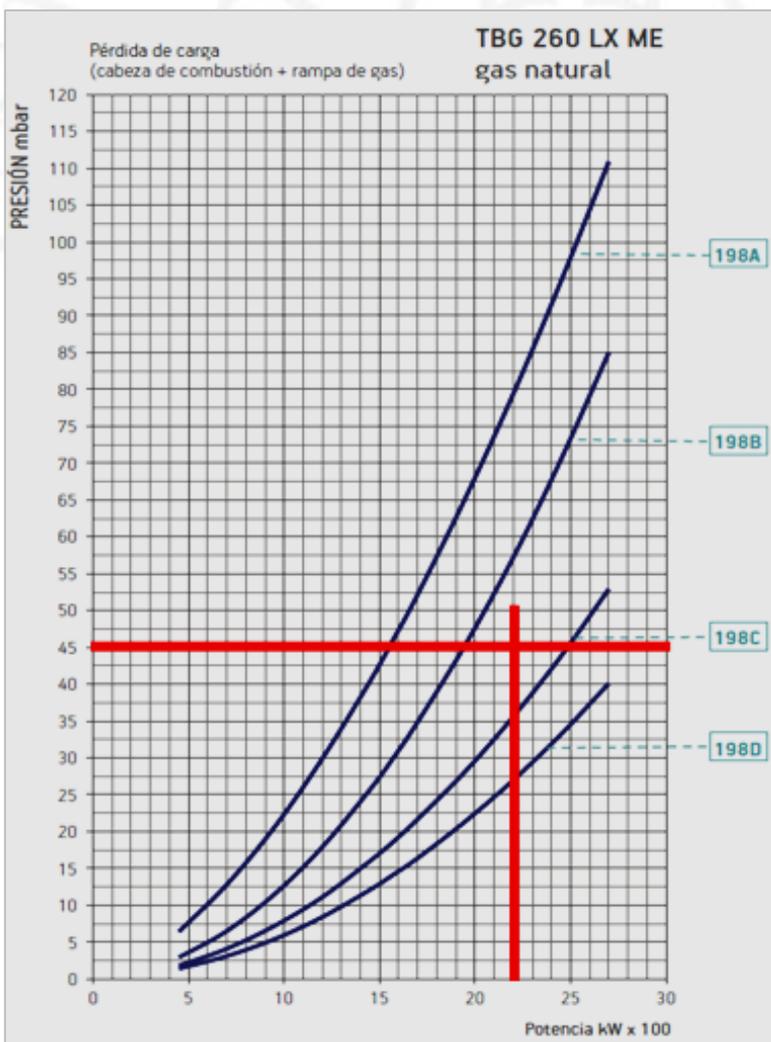
*Procedimiento para determinar potencia real del quemador modelo TBG 260*



Fuente: Baltur (2018).

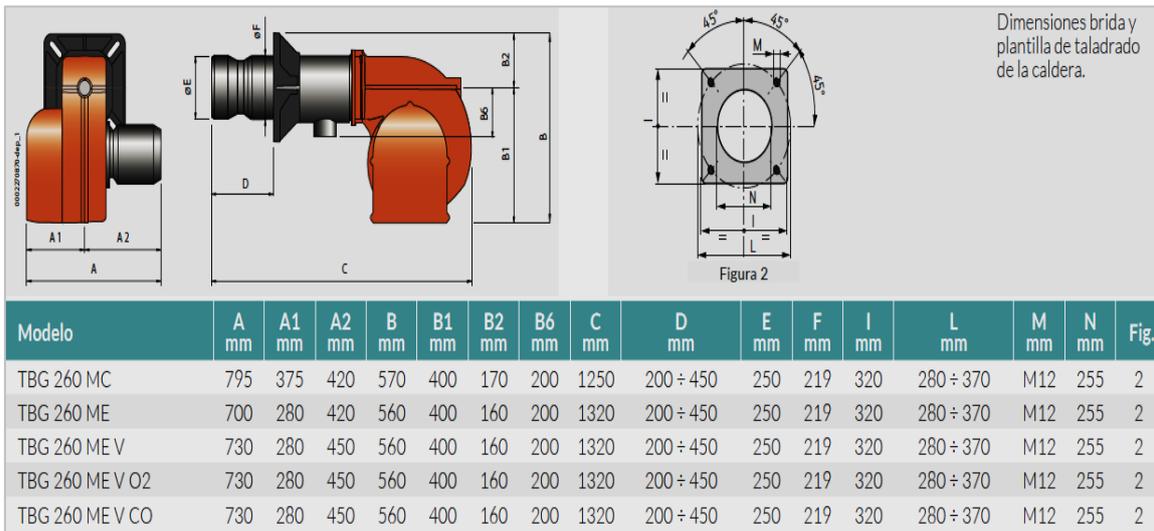
**Figura 5.13**

*Procedimiento de selección del tren de GLP del quemador modelo TBG 260*



Fuente: Baltur (2018).

**Figura 5.14**  
Medidas quemador TBG 260



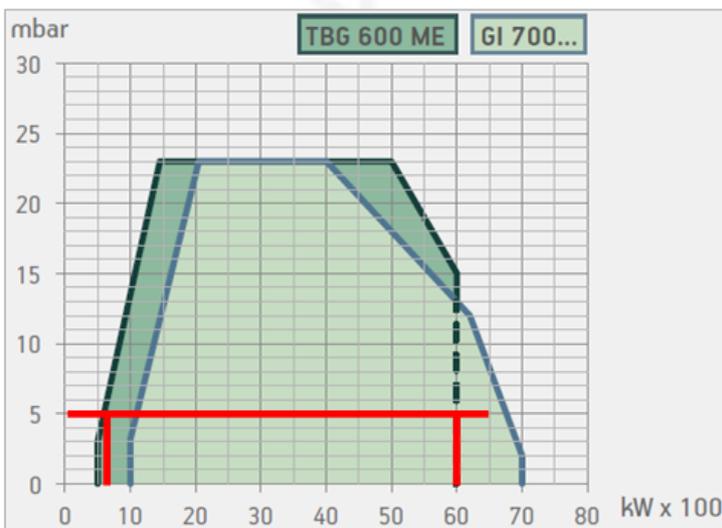
Fuente: Baltur (2018).

### 5.6.2.3 Cálculo de quemador para la caldera de vapor de 600 BHP

El quemador seleccionado para esta caldera dependió de las variables siguientes, de las cuales se dimensionó el tren de gas:

- Qi: 5200 kW
- Pa: 85 mbar
- Pc: 5 mbar.
- Pg = Pa – Pc = 80 mbar

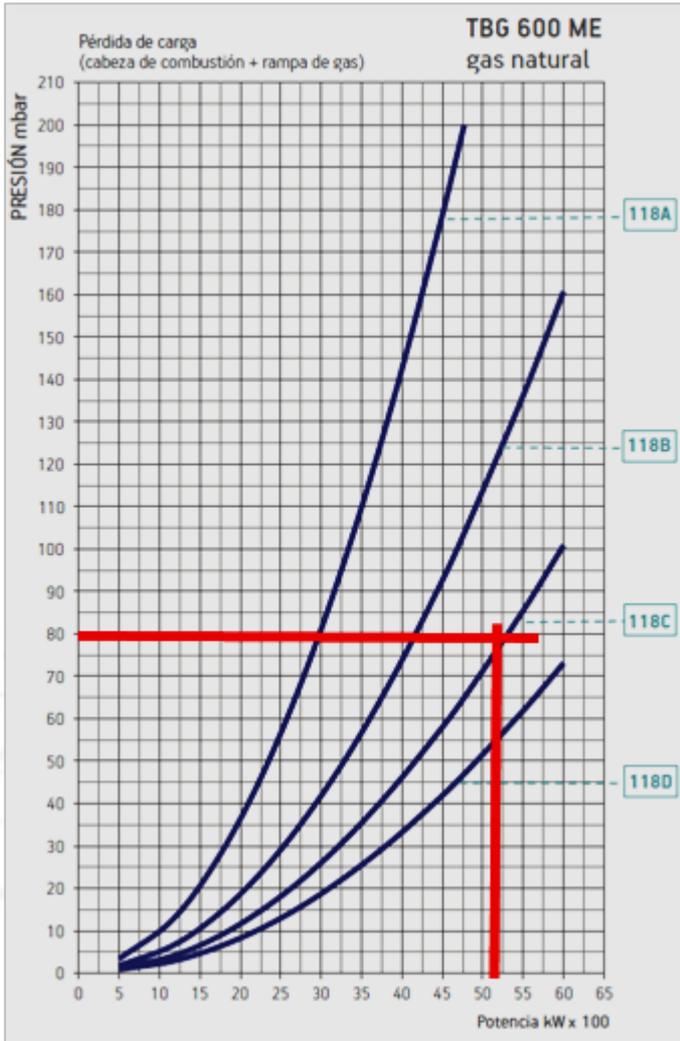
**Figura 5.15**  
Procedimiento para determinar potencia real del quemador modelo TBG 600



Fuente: Baltur (2018).

**Figura 5.16**

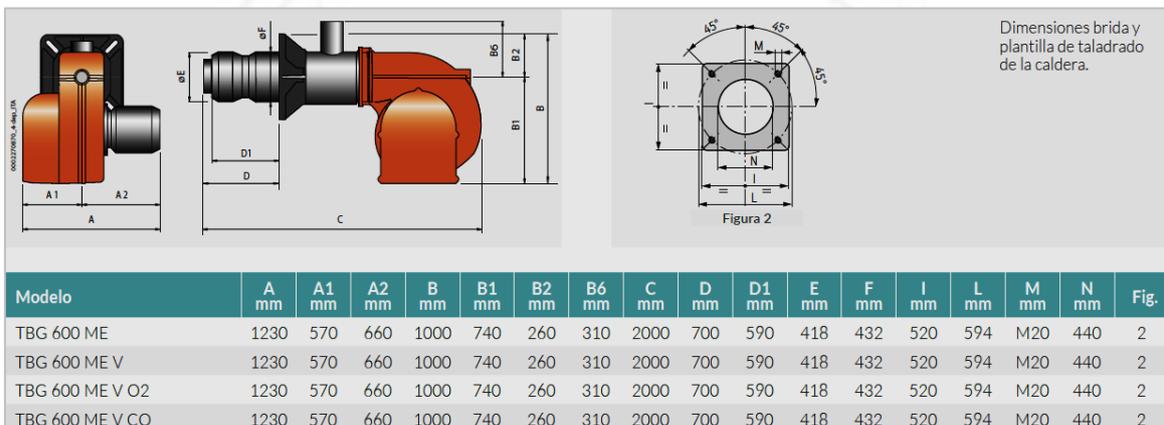
*Procedimiento de selección del tren de GLP del quemador modelo TBG 600*



Fuente: Baltur (2018).

**Figura 5.17**

Medidas quemador TBG 600



Fuente: Baltur (2018).

#### 5.6.2.4 Puesta en marcha y calibración de los quemadores en las calderas de vapor

Una vez los quemadores son instalados en las calderas de vapor, la siguiente operación y muy importante es la puesta en marcha y calibración de los quemadores en las calderas de vapor para que:

El análisis de combustión realizado debe tener los parámetros recomendados por la fábrica de quemadores y los establecidos en el triángulo de Ostwald para GLP:

**Tabla 5.8**

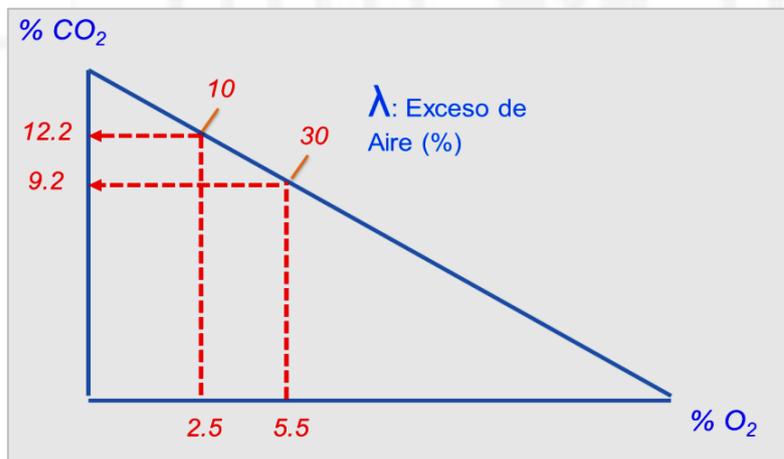
*Valores recomendados por el fabricante de quemadores*

Parámetros	Valores
% O <sub>2</sub>	2,5 - 6
% CO <sub>2</sub>	9,2 - 11,2
% CO	< 250 ppm
Temperatura (°C)	180 - 220
Eficiencia de Combustión - $\eta_c$ (%)	> 89%

Elaboración Propia

**Figura 5.18**

*Valores del triángulo de Ostwald para GLP*



Elaboración propia

El reporte de calibración inicial con Petróleo residual enviado por el cliente indicó los siguientes resultados:

**Tabla 5.9**

*Valores de combustión reportados por el cliente con los quemadores de petróleo residual*

Descripción	Calderas de vapor		
	150 BHP	250 BHP	600 BHP
<b>Reporte de eficiencia con Petróleo Residual</b>	<b>83.0%</b>	<b>81.0%</b>	<b>84.0%</b>
<b>CO (ppm)</b>	<b>1 236</b>	<b>947</b>	<b>853</b>

Elaboración Propia

Como se puede observar en el cuadro anterior los valores indicados demuestran gran cantidad de emisiones y una eficiencia de combustión muy baja.

La calibración del quemador se realiza con un analizador de combustión y en base a los resultados obtenidos se va regulando el aire y GLP para que los valores se ajusten a los recomendados líneas arriba,

**Figura 5.19**

*Analizador de gases de combustión*



Fuente: Baltur (2018).

### Figura 5.20

Resultados obtenidos con la calibración de los quemadores instalados en las calderas de vapor de 150, 250 y 600 BHP respectivamente

Análisis 1: 22/11/2010 10:10		Análisis 2: 22/11/2010 10:15		Análisis 3: 22/11/2010 10:22	
Comb.	LPG	Comb.	LPG	Comb.	LPG
O <sub>2</sub>	% 4.2	O <sub>2</sub>	% 4.4	O <sub>2</sub>	% 4.2
CO <sub>2</sub>	% 9.3	CO <sub>2</sub>	% 9.2	CO <sub>2</sub>	% 9.3
$\lambda_n$	1.25	$\lambda_n$	1.26	$\lambda_n$	1.25
T humos	190.2 °C	T humos	195.4 °C	T humos	190.1 °C
T aire	15.4 °C	T aire	15.4 °C	T aire	15.4 °C
$\Delta T$	174.8 °C	$\Delta T$	170.0 °C	$\Delta T$	174.7 °C
$\eta_c$	% 91.4	$\eta_c$	% 91.4	$\eta_c$	% 91.4
CO	148 ppm	CO	145 ppm	CO	146 ppm
NO	40 ppm	NO	40 ppm	NO	40 ppm
NOX/NO:	1.03	NOX/NO:	1.03	NOX/NO:	1.03
NOX	41 ppm	NOX	41 ppm	NOX	41 ppm

Elaboración Propia

Los resultados fueron satisfactorios si los comparamos con los datos obtenidos con los quemadores de petróleo residual bajando la generación de CO (monóxidos de carbono) a menos de 150 ppm y obteniendo una eficiencia de combustión mayor al 91% en las 03 calderas de vapor.

La calibración de los quemadores se realiza también tomando en consideración de que el ancho y largo de llama no sobrepasen las medidas de la cámara de combustión y no afecte las partes internas de la caldera de vapor (Flue y parte posterior de la caldera) y para que los accesorios electrónicos de automatización y control no se vean afectados por las vibraciones que podrían ocurrir por una mala calibración.

### 5.7 Cálculo de inversiones (Capex) y servicios de mantenimiento (Opex) al año

Las inversiones (Capex) y gastos de mantenimiento y otros servicios (Opex) son los siguientes:

**Tabla 5.10**

*Relación de servicios (Opex) e inversiones (Capex) considerados en el proyecto del cliente.*

<b>OPEX S/.</b>	
Gastos de mantenimiento preventivo anual	S/. 66 092
Mantenimiento de telemetría	S/. 650
<b>Total</b>	<b>S/. 66 742</b>
<b>CAPEX S/.</b>	
03 tanque estacionario de 10000 galones	S/. 343 350
Red de suministro / Materiales	S/. 332 945
Quemadores y adecuación de calderas	S/. 657 270
vaporizadores de GLP	S/. 294 300
Obras civiles	S/. 372 780
Izaje y traslado de tanque	S/. 59 455
Cerco Perimétrico	S/. 83 236
tramites y otros	S/. 8 175
<b>Total</b>	<b>S/. 2 151 511</b>

Elaboración Propia.

Los datos obtenidos se realizaron en base a las cotizaciones de las diferentes empresas colaboradoras y homologadas que trabajan para PRIMAX respecto a proyectos de gas y de las empresas proveedoras de quipos a GLP (vaporizadores y quemadores) para cuya selección se tomaron en cuenta por parte del Área de Ingeniería: calidad de los equipos, tiempo de entrega, respaldo técnico para la puesta en marcha y servicios posventa. El Área de Compras evalúa los precios de los mismos.

### **5.8 Cálculo de la propuesta comercial**

La estructura de precios interna que se ha considerado en la evaluación económica considera la siguiente fórmula polinómica

$$P(\text{GLP}) = C(\text{GLP}) + M(\text{total})$$

Donde:

P(GLP) = Precio del GLP por galón ofrecido al cliente.

$C(\text{GLP})$ = Costo del GLP por galón el cual varía de acuerdo a las comunicaciones semanales establecidas en la página web de Petroperú.

$$\text{Mg}(\text{total})= C(\text{GLP}) + \text{Flete} + \text{Fee}(\text{inv}) + C(\text{Op}) + \text{Mg}(\text{neto})$$

Flete= Costo del flete por galón que varía de acuerdo a la distancia.

$\text{Fee}(\text{inv})$  = factor de recuperación de la inversión.

$C(\text{Op})$ = Costos operativos (Abastecimiento y compra de combustible, CSC, distribución, Administrativos,

$\text{Mg}(\text{neto})$ = Margen neto.

**Tabla 5.11**  
*Determinación del precio de GLP*

<b>ANÁLISIS DE PRECIO</b>	
Costo Referencial GLP	3,08
(+) FISE	0,00
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>3,08</b>
(+) Flete Primario	0,28
<b>TOTAL COSTO + FLETE</b>	<b>3,38</b>
(+) Gastos Servicio	0.05
<b>TOTAL COSTO + GASTO</b>	<b>3,41</b>
Margen en gls	0,94
<b>Precio Final</b>	<b>4,35</b>

Elaboración Propia.

## 5.9 Evaluación económica y flujo de caja

**Tabla 5.12**  
*Flujo de caja*

Evaluación del Proyecto	Año 0	Año 1												Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
		Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12					
Volumen (Gls.)		158,740	169,946	153,933	160,197	178,951	179,201	103,589	36,575	19,796	34,951	45,317	40,983	1,282,180	1,282,180	1,282,180	1,282,180	1,282,180
Ingresos		690,521	739,267	669,609	696,859	778,437	779,524	450,613	159,103	86,111	152,038	197,127	178,274	5,577,483	5,577,483	5,577,483	5,577,483	5,577,483
Costos		-489,151	-523,682	-474,337	-493,641	-551,429	-552,199	-319,205	-112,705	-61,000	-107,701	-139,641	-126,286	-3,950,976	-3,950,976	-3,950,976	-3,950,976	-3,950,976
Expansión (3%)		14,675	15,710	14,230	14,809	16,543	16,566	9,576	3,381	1,830	3,231	4,189	3,789	118,529	118,529	118,529	118,529	118,529
<b>Margen Bruto</b>	<b>0</b>	<b>216,044</b>	<b>231,296</b>	<b>209,502</b>	<b>218,027</b>	<b>243,551</b>	<b>243,891</b>	<b>140,984</b>	<b>49,779</b>	<b>26,942</b>	<b>47,568</b>	<b>61,675</b>	<b>55,777</b>	<b>1,745,036</b>	<b>1,745,036</b>	<b>1,745,036</b>	<b>1,745,036</b>	<b>1,745,036</b>
Flete		-44,447	-47,585	-43,101	-44,855	-50,106	-50,176	-29,005	-10,241	-5,543	-9,786	-12,689	-11,475	-359,010	-359,010	-359,010	-359,010	-359,010
Gasto Servicio		-5,562	-5,562	-5,562	-5,562	-5,562	-5,562	-5,562	-5,562	-5,562	-5,562	-5,562	-5,562	-66,742	-68,744	-70,807	-72,931	-75,119
Depreciación		-17,929	-17,929	-17,929	-17,929	-17,929	-17,929	-17,929	-17,929	-17,929	-17,929	-17,929	-17,929	-215,151	-215,151	-215,151	-215,151	-1,290,907
<b>Margen antes de Participación</b>	<b>0</b>	<b>148,106</b>	<b>160,220</b>	<b>142,909</b>	<b>149,681</b>	<b>169,954</b>	<b>170,224</b>	<b>88,488</b>	<b>16,047</b>	<b>-2,092</b>	<b>14,291</b>	<b>25,496</b>	<b>20,811</b>	<b>1,104,133</b>	<b>1,102,131</b>	<b>1,100,068</b>	<b>1,097,944</b>	<b>20,000</b>
Repartición de Utilidades (8%)		-11,848	-12,818	-11,433	-11,974	-13,596	-13,618	-7,079	-1,284	0	-1,143	-2,040	-1,665	-88,331	-88,170	-88,005	-87,836	-1,600
Impuesto a la Renta		-41,559	-44,958	-40,100	-42,000	-47,689	-47,765	-24,830	-4,503	0	-4,010	-7,154	-5,839	-309,820	-309,258	-308,679	-308,083	-5,612
<b>Margen Neto</b>	<b>0</b>	<b>94,699</b>	<b>102,444</b>	<b>91,376</b>	<b>95,706</b>	<b>108,668</b>	<b>108,841</b>	<b>56,579</b>	<b>10,260</b>	<b>-2,092</b>	<b>9,138</b>	<b>16,302</b>	<b>13,306</b>	<b>705,983</b>	<b>704,702</b>	<b>703,384</b>	<b>702,025</b>	<b>12,788</b>
CAPEX	-2,151,511																	
Depreciación		17,929	17,929	17,929	17,929	17,929	17,929	17,929	17,929	17,929	17,929	17,929	17,929	215,151	215,151	215,151	215,151	1,290,907
Δ Capital de Trabajo		-231,125	-16,316	23,315	-9,121	-27,305	-364	110,090	97,572	24,431	-22,066	-15,092	6,310	-59,670	0	0	0	59,670
<b>Flujo de Caja con KW</b>	<b>-2,151,511</b>	<b>-118,497</b>	<b>104,058</b>	<b>132,621</b>	<b>104,514</b>	<b>99,292</b>	<b>126,406</b>	<b>184,599</b>	<b>125,761</b>	<b>40,268</b>	<b>5,000</b>	<b>19,139</b>	<b>37,546</b>	<b>861,463</b>	<b>919,853</b>	<b>918,535</b>	<b>917,177</b>	<b>1,363,365</b>
C x Cobrar	15	días	345,260	369,633	334,804	348,429	389,219	389,762	225,306	79,551	43,056	76,019	98,564	89,137	229,212	229,212	229,212	229,212
Inventario	0	días	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C x Pagar	7	días	-114,135	-122,192	-110,679	-115,183	-128,667	-128,846	-74,481	-26,298	-14,233	-25,130	-32,583	-29,467	-75,772	-75,772	-75,772	-75,772
<b>Capital de Trabajo Total</b>		<b>231,125</b>	<b>247,441</b>	<b>224,126</b>	<b>233,247</b>	<b>260,552</b>	<b>260,916</b>	<b>150,825</b>	<b>53,253</b>	<b>28,822</b>	<b>50,889</b>	<b>65,981</b>	<b>59,670</b>	<b>153,439</b>	<b>153,439</b>	<b>153,439</b>	<b>153,439</b>	
<b>Variación Anual Adicional</b>		<b>231,125</b>	<b>16,316</b>	<b>-23,315</b>	<b>9,121</b>	<b>27,305</b>	<b>364</b>	<b>-110,090</b>	<b>-97,572</b>	<b>-24,431</b>	<b>22,066</b>	<b>15,092</b>	<b>-6,310</b>	<b>59,670</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>59,670</b>

Con KW		Con KW						
		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
VAN	S/. 1,099,312	-2,151,511	861,463	919,853	918,535	917,177	1,363,365	
TIR	34%							
PAY BACK	2.47							
VIR (VAN/INV)	51%							
			-1,290,048	-428,585	491,269	1,409,803	2,326,980	
			1.00	1.00	0.47	-0.54	-0.71	

Sin KW		Sin KW						
		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
VAN	S/. 1,121,533	-2,151,511	921,134	919,853	918,535	917,177	1,303,695	
TIR	34%							
PAY BACK	2.34							
VIR (VAN/INV)	52%							
			-1,230,378	-309,244	610,609	1,529,144	2,446,321	
			1.00	1.00	0.34	-0.67	-0.88	

Elaboración propia

## 5.10 Indicadores económicos

Los indicadores económicos para Corporación Primax, considerando las inversiones realizadas es la siguiente:

**Tabla 5.13**

*Indicadores económicos*

ANÁLISIS ECONÓMICO - REALISTA		
VAN MS/.	1 099	PAYBACK
TIR	34%	2,47
VIR	51%	

ANÁLISIS ECONÓMICO - PESIMISTA		
VAN MS/.	783	PAYBACK
TIR	29%	2,71
VIR	36%	

Elaboración Propia.

## 5.11 Ahorro aproximado propuesto al cliente por el cambio de matriz energética

El ahorro anual que va a obtener el cliente por el cambio de matriz energética es el siguiente:

**Tabla 5.14**

*Evaluación comparativa entre los combustibles líquidos iniciales VS GLP*

EVALUACION COMPARATIVO GLP VS OTROS COMBUSTIBLES					
COMBUSTIBLE	R-500	DB5	GLP**	TC	3,27
CAPACIDAD CALORICA (BTU/GAL)	143 266	131 030	96 990		
EFICIENCIA DE COMBUSTION	83%	85%	90%	FC R500/GLP	1,36
CONSUMO MENSUAL (Gal)	62 392	19 969	106 848	FC PI6/GLP	1,36
CONSUMO ANUAL (Gal)	748 709	239 624	1 282 180	FC DB5/GLP	1,28
BTU/MES	7 419 134 523	2 224 023 723	9 326 897 667	FC GN/GLP	0,39
BTU/ANUAL	89 029 614 279	26 688 284 671	111 922 772 008		
COSTO S/. Sin Igv	S/. 5,9	S/. 10,08	S/. 4,35		
COSTO MMBTU	US \$ 15,17	US \$ 27,68	US \$ 15,24	<b>TOTAL AHORRO</b>	
<b>Gasto Anual En Soles</b>	4 417 385	2 415 414	5 577 483	<b>S/. 1 255 316</b>	
<b>(solo combustible) En Dolares</b>	1 350 882	738 659	1 705 652	<b>US \$ 383 889</b>	

Elaboración Propia

Como se puede apreciar el ahorro anual para el cliente por el cambio de matriz energética es **S/. 1 255 316** que le pagaría la inversión al cliente en **1,71** años aproximadamente.

## CONCLUSIONES

1. Se realizó una distribución de planta adecuada para optimizar pérdidas de carga en la red de GLP, y adicionalmente contribuyó a optimizar el espacio de la línea de producción de aceite de limón al reubicar las calderas de vapor
2. Se efectuó el cálculo del almacenamiento de GLP colocando 03 tanques de almacenamiento de 10000 galones de capacidad para tener una autonomía de 04 días lo que permitirá reaccionar ante cualquier desabastecimiento por escases de GLP o huelgas que podrían interrumpir los accesos de nuestras unidades de reparto.
3. El sistema de vaporización forzada fue diseñada con 03 vaporizadores de 320 GPH para mantener una entrega de calor y presión constantes (sin considerar la vaporización natural de los tanques) que garantiza el abastecimiento de combustible a los equipos en la máxima demanda de consumo.
4. El sistema de las tuberías y accesorios de GLP han sido diseñados y calculados de manera que se eviten pérdidas de carga o caídas de presión. Dentro de este diseño, los reguladores de presión han sido calculados garantizando una curva de entrega de caudal y presión para que los equipos de consumo trabajen de manera óptima y constantes en máxima carga.
5. Para el caso de los hornos de secado, los quemadores de GLP seleccionados son del tipo de alta velocidad, diseñados para trabajar con flujos de aire y la llama que generan es corta y de alto poder calorífico. Para las calderas de vapor los quemadores seleccionados son del tipo monotobera. En ambos casos se ha optimizado la eficiencia de combustión.
6. Se mejoró la calidad del producto cáscara deshidratada de limón al reducir las emisiones
  - Caldera de vapor de 150 BHP: De 1236 ppm a 148 ppm.
  - Caldera de vapor de 250 BHP: De 947 ppm a 145 ppm.
  - Caldera de vapor de 600 BHP: De 853 ppm a 146 ppm.
7. Se consiguió ahorro al incrementar la eficiencia de combustión por el cambio de combustible de:
  - Caldera de vapor de 150 BHP: De 83% a 91,4%
  - Caldera de vapor de 250 BHP: De 81% a 91,4%

- Caldera de vapor de 600 BHP: De 84% a 91,4%
8. La disminución de emisiones de los quemadores de GLP en los equipos de consumo ha logrado que los servicios de mantenimiento se realicen 01 vez por año en comparación de los servicios de mantenimiento que se realizaban cuando consumían petróleo que se realizaban semestralmente. El ahorro obtenido por el cambio de combustible fue de US \$ 14 660 por año.
  9. Se ejecutó la evaluación económica y los resultados obtenidos para el volumen de consumo de este proyecto (6'410,900 galones en un periodo de 05 años) fueron los siguientes:  
VAN: S/. 1099,312, TIR: 32%. y PB: 2.47 años
  10. El ahorro anual por el cambio de combustible de petróleo a GLP fue de S/. 1,255,316 aproximadamente. lo que le permitió al cliente obtener un mayor margen por la venta de sus productos.

## RECOMENDACIONES

1. Debido a que la producción del aceite de limón y cáscara de limón deshidratada es estacional y varía de año a año, es importante de informar antes de cada campaña la posible fecha de inicio y la cantidad de productos a producir para planificar el abastecimiento.
2. Realizar el servicio de mantenimiento de redes y accesorios 1 vez por año considerando el cronograma de mantenimiento enviado por Corporación Primax.
3. Realizar un comparativo por cada año del consumo considerado en el proyecto versus lo realmente consumido.
4. A pesar de tener un sistema de telemetría en los tanques estacionarios, el cual permite visualizar a distancia el nivel de los mismos, es necesario realizar una inspección visual de los medidores de porcentaje una vez por semana, ya que la información se emite por señal telefónica. .
5. Llevar un registro de los servicios de mantenimiento en el libro de registro de inspecciones y estar prevenido ante cualquier visita por parte de los fiscalizadores de Osinergmin e Indeci.

## REFERENCIAS

- Acrosac. (2016). Propuesta de disposición de planta [Propuesta elaborada por la empresa colaboradora Acrosac para Corporación Primax].
- Acrosac. (2016). Plano de obras civiles para tanques semi-monticulados de 10 000 galones de capacidad [Plano elaborado por la empresa colaboradora Acrosac para la Corporación Primax].
- Acrosac. (2016). Diagrama del sistema de vaporización forzada propuesto [Plano elaborado por la empresa colaboradora Acrosac para la Corporación Primax].
- Acrosac. (2016). Isométrico de la instalación del sistema de GLP [Plano elaborado por la empresa Acrosac para la Corporación Primax].
- Baltur. (2018). Analizador de gases de combustión. En *Catálogo de quemadores*. Recuperado de: <https://www.testo.com/es-ES/testo-330-1-1l/p/0632-3306-70>
- Baltur. (2018). Medidas del quemador TBG 150. Recuperado de <http://www.baltur.com/ww/es>
- Baltur. (2018). Medidas del quemador TBG 260. Recuperado de <http://www.baltur.com/ww/es>
- Baltur. (2018). Medidas del quemador TBG 600. Recuperado de <http://www.baltur.com/ww/es>
- Baltur. (2018). Procedimiento de selección del tren de GLP del quemador modelo TBG 150. Recuperado de <http://www.baltur.com/ww/es>
- Baltur. (2018). Procedimiento de selección del tren de GLP del quemador modelo TBG 260. Recuperado de: <http://www.baltur.com/ww/es>
- Baltur. (2018). Procedimiento de selección del tren de GLP del quemador modelo TBG 600. Recuperado de: <http://www.baltur.com/ww/es>
- Baltur. (2018). Procedimiento para determinar potencia real del quemador modelo TBG 150. Recuperado de <http://www.baltur.com/ww/es>
- Baltur. (2018). Procedimiento para determinar potencia real del quemador modelo TBG 260. Recuperado de <http://www.baltur.com/ww/es>

- Baltur. (2018). Procedimiento para determinar potencia real del quemador modelo TBG 600. Recuperado de: <http://www.baltur.com/ww/es>
- Baltur. (2018). Quemador monotobera. Recuperado de <http://www.baltur.com/ww/es>
- Cantuarias, F. (2018). Cadena de Valor formal e informal del GLP [Diapositiva n° 10]. En *IX Conferencia del Gas Natural 2018: Problemática y Agenda Pendiente*. Sociedad Peruana de Hidrocarburos.
- Corporación Primax, Área de Abastecimiento. (2019). Market share Primax.
- Corporación Primax, Departamento de Abastecimiento. (2019). Tendencia del precio del GLPE y del GLPG.
- Corporación Primax, Departamento de Control y Gestión. (2019). Participación de la Corporación Primax en el Mercado del GLP
- Corporación Primax, Departamento de Marketing. (2019). Empresas y marcas que conforman la Corporación Primax.
- Corporación Primax, Departamento de Marketing. (2019). Hitos de la historia del desarrollo de la Corporación Primax.
- Corporación Primax, Departamento de Marketing. (2019). Principales clientes del sector minería, pesquería e industrial
- Díaz, M. (2019). Esquema de la Vaporización Natural de un tanque estacionario de GLP [Diapositiva n.º 25]. Curso de Vaporizadores de GLP. México.
- Ledesma, A. (2015). Cuadro comparativo entre la oferta y demanda del GLP [Diapositiva n.º 10]. Gestión de Inventarios del GLP.
- Limonas Piuranos SAC (2019). Campos de cultivo de limón. [Fotografía]. Recuperado de <http://www.limonspiuranos.com/indexe.html>
- Limonas Piuranos SAC. (2019). Procesos de producción del aceite de limón y cáscara de limón deshidratada[Fotografía]. Recuperado de <http://www.limonspiuranos.com/indexe.html>
- Norma Técnica Peruana 321.121: Instalaciones internas de GLP para consumidores directos y redes de distribución. (2012). Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias, Indecopi. Recuperado de [https://kupdf.net/download/ntp-321121pdf\\_599b1bccdc0d60275453a1f7\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-321121pdf_599b1bccdc0d60275453a1f7_pdf)

Norma Técnica Peruana 321.123: Gas Licuado de petróleo. Instalaciones para consumidores directos y redes de distribución. (2012). Comisión de Normalización y de Fiscalización de Barreras Comerciales no Arancelarias, Indecopi.

Termotec Ingeniería. (s. f.). Quemador de alta velocidad [Fotografía]. En *Catálogo de quemadores*.



## BIBLIOGRAFÍA

- Decreto Supremo N° 0027-1994-MEM, Reglamento de seguridad para instalaciones y transporte de gas licuado de petróleo. (1994). Ministerio de Energía y Minas. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/minem/normas-legales/178128-%200027-1994-mem>
- Decreto Supremo N° 085-2003-PCM. Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido. (2003). Recuperado <https://sinia.minam.gob.pe/>
- Decreto Supremo N° 065-2008-EM. Decreto Supremo que modifica el Reglamento de Seguridad para Instalaciones y Transporte de GLP. (2008). Recuperado de [http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/GFH/DS\\_065\\_2008.pdf](http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/GFH/DS_065_2008.pdf)
- Decreto Supremo N° 015-2006-EM, Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos. (2014). Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/>
- Descalzi, G. (2008). *Planta GLP-Camuzzi Gas* [Tesis de grado en Ingeniería Industrial, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, Argentina]. Repositorio ITBA. Recuperado de <https://ri.itba.edu.ar/handle/123456789/729>
- Elías Ramírez, F. F. (2015). *El clima laboral y su influencia en el desempeño de los colaboradores de la empresa Limones Piuranos SAC-2015* [Tesis para optar el Título de Licenciada en Ciencias Administrativas, Universidad Nacional de Piura]. Recuperado de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/235>
- Ley N° 26221, Ley Orgánica que Norma las Actividades de Hidrocarburos en el Territorio Nacional. (1993). Recuperado de <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/pdf/LEYOH-%2026221.pdf>
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. (2012). *El gas natural y sus diferencias con el GLP*. Recuperado de <http://biblioteca.olade.org/opac-tmpl/Documentos/hm000661.pdf>
- Resolución Ministerial N° 041-2018-Vivienda, Modificación de la Norma Técnica EM. 040 Instalaciones de Gas del Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE.

(2018). Recuperado de <http://www.cip.org.pe/publicaciones/2019/normas-aprobadas/rm-341-2018-vivienda.pdf>

