

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

*Fundada en 1551*

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**E. A. P. INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**Tesis**

**Digitales UNMSM**

**“PROYECTO DE INSTALACIÓN DE UNA PLANTA ENVASADORA DE GAS  
LICUADO DE PETRÓLEO EN LA CIUDAD DE AREQUIPA”**

**TESIS**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR**

**MIGUEL MONGE TALAVERA**

**LIMA – PERÚ**

**2002**

## RESUMEN

En los últimos años en nuestro país se ha incrementado el uso del Gas Licuado de Petróleo (GLP) como combustible, sustituyendo al kerosene, petróleo, carbón y leña; este incremento se debe a que el GLP es un combustible limpio y de fácil manipuleo siempre y cuando se tengan presentes las normas de seguridad.

En la primera parte se describen algunas generalidades del GLP como son sus propiedades químicas y la disponibilidad del producto en el ámbito nacional; también la memoria descriptiva donde se definen algunos detalles de la construcción de la planta. También se desarrolla el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto, en él se describen todos los problemas que se suscitarán en el ambiente a raíz de la construcción y puesta en funcionamiento de la planta, sus consecuencias y las medidas de mitigación propuestas para minimizar estos daños, finalmente se desarrolla el Estudio de Riesgos de la planta envasadora, donde se identifica y analiza los posibles escenarios de emergencia que pudieran presentarse durante el trabajo para proteger las vidas de los trabajadores y los materiales del establecimiento.

En la segunda parte del trabajo se desarrolla la ingeniería del proyecto, en él se detalla todo el proceso para el llenado de los cilindros de gas desde la descarga al tanque estacionario hasta la salida del producto final hacia el mercado local, se describe también algunos accesorios a utilizar en la planta así como sus especificaciones técnicas. Luego se aborda la seguridad industrial que debe existir en la planta, tanto para

salvaguardar la integridad de los trabajadores como para evitar el deterioro de las instalaciones mecánicas de la planta.

Finalmente se hace un análisis económico para la construcción de la planta, la inversión, el periodo de recuperación de capital y las proyecciones de crecimiento de la empresa, en donde se demostrará la rentabilidad del proyecto.

## OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es demostrar la rentabilidad de la instalación de una planta envasadora de Gas Licuado de Petróleo en un distrito del Perú. Otros objetivos del proyecto son:

- Expandir el consumo de GLP así como garantizar un eficiente reparto a nivel industrial y doméstico con ventajas económicas para los usuarios de la zona.
- Demostrar que la industria del Gas Licuado de Petróleo no daña el ambiente, es más, favorece la protección ambiental al ser un producto que sustituye al petróleo, kerosene y principalmente a la leña, evitando así la depredación de los recursos naturales.
- Generar nuevos puestos de trabajo en el área de influencia del proyecto
- Lograr un producto de alta calidad y bajo costo para poder ingresar al mercado local con un alto porcentaje de participación.
- Proporcionar un documento que sirva como base para la elaboración de cualquier proyecto de instalación de una planta envasadora de GLP a nivel nacional.

## INTRODUCCIÓN

El Gas Licuado de Petróleo es la principal fuente de energía de la mayoría de hogares peruanos; aunque es utilizado principalmente en cocinas y hornos también es utilizado pero en menos proporción, para la iluminación, para las termas y últimamente se está utilizando como combustible para los vehículos motorizados por lo cual la industria del GLP esta entrando en proceso de crecimiento ya que la sustitución de la electricidad por el GLP trae como consecuencia directa un ahorro significativo de dinero por el bajo costo que representa este combustible.

La importancia del uso del GLP radica en que al ser combustible cuya combustión es completa no contamina el ambiente, además al ser usado en los hogares como fuente de energía se ayuda a preservar el ambiente ya que se deja de talar árboles para la producción de leña y carbón y a la vez se deja de lado el consumo del petróleo y el kerosene los cuales contaminan el ambiente.

En la actualidad el GLP obtenido de las refinerías y en algunos casos importado por la asociación de envasadoras de GLP del país es transportado a través de camiones tanque a las plantas envasadoras donde se realiza el envasado de los cilindros de GLP en sus diferentes presentaciones, para ser distribuidos en todos los hogares del país, sin embargo no todas las envasadoras cumplen con las normas de seguridad requeridas por el Ministerio de Energía y Minas y el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía (OSINERG) generando un peligro tanto para los trabajadores como para los vecinos

principalmente porque el GLP es un producto altamente inflamable.

Es por este motivo que la presente tesis describe los diferentes aspectos a ser tomados en cuenta en la instalación de una planta envasadora de GLP motivo por el cual puede ser tomada como un manual para la elaboración de cualquier proyecto de instalación de envasadoras a nivel nacional ya que toma en consideración todas las normas establecidas por el MEM en cuanto a diseño, seguridad y estudio de impacto ambiental

## **I. GENERALIDADES**

En este capítulo se tratará algunas generalidades del Gas Licuado de Petróleo, por ejemplo sus características, las diferentes maneras que se le puede almacenar, la cantidad de GLP disponible a nivel nacional en las diferentes refinerías y también algunas propiedades de sus principales componentes que son el Propano y el Butano.

### **1.1 GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP)**

Se denomina GLP a la mezcla de hidrocarburos ligeros derivados del petróleo que normalmente son gaseosos a temperatura ambiente y presión atmosférica y que para su comercialización, son llevados al estado líquido por aplicación de una presión moderada a temperatura ambiente.

El término GLP es usado para referirnos a la mezcla de hidrocarburos compuesto fundamentalmente por 56% de propano y propileno y 44% de butano y butileno.

Las características principales de este producto a comercializar son:

- Mas pesado que el aire
- No es tóxico ni venenoso
- Es inodoro e incoloro, por lo que para facilitar su detección se le agrega un odorizante que puede ser Mercaptano o Tetrahidrotiofeno.
- Es altamente inflamable en mezclas con aire de 2-10%

- Es gaseoso en condiciones ambientales, pero se licua con facilidad al incrementarse la presión.
- Su combustión es completa y no deja residuos.

## 1.2 PROPIEDADES APROXIMADAS DEL GLP A 15,56 °C

	PROPANO	BUTANO	MEZCLA
Fórmula	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	
Punto inicial de ebullición (°C)	-42	-1	-42
Gravedad específica del líquido (kg/litro)	0,504	0,582	0,519
Peso por metro cúbico de líquido (Kg.)	504	582	519
Calor específico del líquido (kj/kg)	1,464	1,276	1,426
Metros cúbicos de vapor por litro	0,271	0,235	0,264
Metros cúbicos de vapor por kilogramo	0,539	0,410	0,513
Gravedad específica de vapor (aire = 1,0)	1,50	2,01	1,60
Temperatura de ignición en aire	439-549	482-538	482-519
Temperatura máxima de llama en aire °C	1980	2008	2000
Límites de flamabilidad en aire, % de vapor en mezcla de gas -aire			
a) Bajo	2,15	1,55	1,55
b) Alto	9,60	8,60	9,60
Calor latente de vaporización en el punto de ebullición (kj/kg)	428	388	426

### 1.3 DISPONIBILIDAD A NIVEL NACIONAL

Repsol YPF Comercial del Perú	Lima, Callao, Km. 16 Autopista Ventanilla 149000 barriles de GLP en 2 esferas semirefrigeradas
Zeta Gas Andino S.A.	Lima, Callao - Mz. MI, Urb. Oquendo 149000 barriles en 6 esferas semirefrigeradas
Refinería La Pampilla	Lima, Callao - Carretera Ventanilla km 25 20300 barriles
Vopak Serlipa S.A.	Lima, Callao – Av. Nestor Gambeta 1265 55000 barriles
Empresa Eléctrica de Piura S.A.	Piura, Talara - Carretera Talara Miramar 4327 barriles en 3 tanques horizontales
Aguaytía Energy del Perú S.R.L.	Ucayali, – Zona Industrial de Pucallpa 20000 barriles

### 1.4 ESTUDIO DE MERCADO

El mercado objetivo del presente proyecto esta dado por las ciudades de Cerro Colorado, Arequipa, Alto Selva Alegre, Miraflores, Cayma, Melgar, Paucarpata, Socabaya, Jacobo, Sachaca, Uchumayo y Yura constituido por aproximadamente 166000 viviendas, de las cuales se estima que aproximadamente el 55% utilizan GLP (90000 viviendas) cuya principal aplicación del combustible es de uso doméstico en cocinas, hornos y termas. Si consideramos un consumo por familia compuesta por 5 o 6 miembros de 15 kg/mes de GLP, entonces la demanda de la zona sería de 1350000 kg/mes (669642 gal/mes).

La ciudad de Arequipa cuenta con 5 envasadoras de GLP cuyas características se describen a continuación:

Envasadora	Capacidad de Almacenamiento (gl)	Ubicación	Mercado atendido (%)
Zeta Gas Andino S.A	8500	Cerro Colorado	11
Llama Gas S.A.	25500	Yura	16
Petro Gas S.A	8500	Socabaya	10
Arequipa Gas E.I.R.L	17000	Cerro Colorado	14
Repsol YPF	76500	Sachaca	49
	Total		100

Fuente: Elaboración Propia

Las plantas envasadoras existentes en la ciudad cubren el 100% de la demanda generada por los actuales usuarios de GLP. Sin embargo, el presente proyecto ofrece a dichos usuarios un producto con un costo inferior al promedio del mercado, con lo cual se estima que en el primer año, se estará atendiendo a un 10% de la población que utiliza GLP. Por otro lado, es necesario considerar a los usuarios potenciales de GLP, representados por aquellas viviendas que en la actualidad consumen kerosene.

Como se puede apreciar en el cuadro 1, la venta de GLP a nivel nacional en los últimos 10 años se ha ido incrementando alcanzando su crecimiento mas alto en los años 98 y 99. Del mismo modo, de acuerdo a la proyección del consumo de GLP y Kerosene mostrado en el cuadro 2, la demanda del GLP continuará en ascenso, inclusive considerando la introducción del gas natural como combustible alternativo. Otro factor que influye en el descenso del consumo de kerosene es el

incremento del impuesto selectivo al consumo aplicado a este combustible, el cual, en el lapso del último año se ha incrementado en 216% (siendo el incremento más fuerte el aplicado el 30 de agosto de 2002 en 80%), en comparación al ISC aplicado al GLP que se elevó en el mismo lapso de tiempo en 17%, con lo cual se estima que las ventas de kerosene seguirán disminuyendo.

### CUADRO N° 1 INFORMACIÓN HISTÓRICA DE LA VENTA DE COMBUSTIBLE DOMÉSTICO A NIVEL NACIONAL (MBPD)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
<b>GLP</b>	5,45	5,93	6,26	6,58	7,45	8,51	8,72	9,35	11,06	12,87	13,55
<b>KEROSENE</b>	16,09	14,93	14,85	14,30	14,04	13,95	13,94	13,81	13,43	13,33	13,78

Fuente: Plan referencial de hidrocarburos 2001 MEM.

### CUADRO N° 2 DEMANDA ESTIMADA CONSIDERANDO EL EFECTO SUSTITUCIÓN DEL GAS NATURAL (MBPD)

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
<b>GLP</b>	14,49	15,44	16,26	16,62	16,69	17,03	17,45	17,39	17,58	17,74
<b>KEROSENE</b>	13,31	13,26	12,99	12,61	12,09	12,00	11,90	11,19	10,85	10,54

Fuente: Plan referencial de hidrocarburos 2001 MEM.

## **II. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO**

### **2.1 UBICACIÓN**

El terreno con proyecto de instalación de una planta envasadora de GLP se encuentra ubicado en la Av. Aptasa, Mz E, Lote 2 de la Urbanización Santa Maria del distrito de Cerro Colorado de la provincia y departamento de Arequipa<sup>1</sup>.

### **2.2 ARQUITECTURA**

Las edificaciones a construirse en la planta envasadora de GLP comprenderán oficinas de gerencia, administración, sala de máquinas, zona de limpieza y pintado, área de prueba hidrostática de cilindros y guardianía. Se construirá una plataforma de cemento de 14,30 m, de largo y 5,00 m, de ancho con una altura de nivel de piso de 1,00 m, con columnas de concreto para soportar la cobertura metálica apoyado en tijerales angulares debidamente arriostrados. Asimismo se tendrá una puerta de ingreso vehicular de 6,00 m, de ancho y 4,00 m, de altura tipo canalón metálico y otra puerta de salida vehicular de similares características; para el ingreso peatonal se cuenta con una puerta metálica independiente de 0,90 m, de ancho<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> El plano de ubicación se encuentra en el anexo N° 11,8

<sup>2</sup> La distribución de la planta se muestra en el plano A01 del anexo N° 11.1

La distribución de la planta será de la siguiente manera:

Área total del terreno		<b>1575,00 m<sup>2</sup></b>
Área del proyecto		<b>1575,00 m<sup>2</sup></b>
Área ocupada		<b>381,78 m<sup>2</sup></b>
➤ Área techada	158,69 m <sup>2</sup>	
➤ Plataforma	100,48 m <sup>2</sup>	
Total área techada	<b>259,17 m<sup>2</sup></b>	
Área usada sin techar		
➤ Zona de influencia de tanque	67,21 m <sup>2</sup>	
➤ Zona de cisterna	55,40 m <sup>2</sup>	
Total área usada sin techar	<b>122,61 m<sup>2</sup></b>	
Área libre (patio de maniobras)		<b>1193,22 m<sup>2</sup></b>
Porcentaje de área libre		75,76 %

La limpieza y pintado de los cilindros se realizará en un ambiente diseñado para este fin con amplia ventilación, el equipo de pintura será con soplete alimentado por la compresora de 10 HP que estará ubicada en el cuarto de máquinas.

### 2.3 INSTALACIONES MECÁNICAS

El tanque de almacenamiento de GLP será del tipo horizontal de cabezales semiesféricos y manhole hermético en el domo, fabricado en concordancia con las normas técnicas del código ASME sección VIII división 1 y 2 para recipientes a presión, con planchas de acero de SA 36 de 1 pulgada (25,4 mm)<sup>3</sup>. Considerando que la presión de diseño es de 250 psi, el tanque será sometido a una presión de prueba hidrostática de 375 a 400 psi, los cordones de soldadura del tanque serán probados al 100% empleando placas radiográficas.

<sup>3</sup> El cálculo del espesor de la plancha de acero se detalla en el punto 5.3.3

El tanque será instalado a 1,00 m sobre la superficie, se colocará dentro de una zona de protección delimitadas por columnas de concreto empotradas y con un murete de aislamiento a su alrededor, que protegerá también a los accesorios, bombas, mangueras y tuberías contra daños mecánicos que pudiera causar algún vehículo.

Ninguna tubería será soterrada, todas serán adosadas a las paredes de los muretes de aislamiento y a la pared lateral colindante de la plataforma. Las tuberías para la red de llenado de GLP serán de acero sin costura y de *schedule* 80, las cuales satisfacen a la norma ANSI B31.3 o del ANSI B31.4<sup>4</sup>.

Las empaquetaduras a emplear serán de material resistente al fuego y al GLP, en su fase líquida, la misma que garantizará su hermeticidad; serán de metal u otro material adecuado confinado en metal con un punto de fusión sobre los 800 °C.

La planta contará con tres bombas para el trasiego de GLP de marca Corken o Blackmer de 50 gpm de capacidad y motor a prueba de explosión de 5 Hp. Asimismo se contará con 4 balanzas estacionarias acondicionadas especialmente para el llenado de GLP, 1 balanza de control de peso y un distribuidor de llenado (manifold) equipado con válvulas de seguridad. Adicionalmente la planta contará con mangueras antivibración, visores de flujo, válvula interna, válvulas de exceso de flujo, etc.

---

<sup>4</sup> La distribución de las tuberías y las características de las instalaciones mecánicas se describen en los planos IM01 y IM02 de los anexos 11,5 y 11,6 respectivamente

Se contará con una compresora para la prueba hidrostática de cilindros y otra para el accionamiento de los automáticos de llenado y el equipo para el pintado de cilindros, ambas compresoras serán con motor eléctrico a prueba de explosión de 10 HP trifásico de 220 v y 60hz.

## **2.4 INSTALACIONES SANITARIAS**

Las tuberías y accesorios para instalaciones sanitarias de abastecimiento de agua serán de PVC; para el almacenamiento de agua para consumo humano se dispondrá de un tanque de 7,20 m<sup>3</sup> el cual se ubicará en la zona de bombas de agua, se empleará una bomba de 1 HP que permitirá llenar el tanque elevado que se ubicará sobre la zona de limpieza y pintado de cilindros<sup>5</sup>.

La tubería a emplearse en las redes interiores de desagüe y ventilación serán de plástico PVC del tipo liviano (SAL) con accesorios del mismo material. Antes de la instalación de las tuberías, éstas deben ser revisadas interiormente, así como también los accesorios a fin de eliminar cualquier materia extraña adherida a sus paredes.

## **2.5 INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

Todas las instalaciones eléctricas en el interior de la planta serán herméticas y prueba de explosión, en las zonas de ambiente altamente peligrosos. Asimismo los

motores eléctricos serán blindados y a prueba de explosión y tendrán interruptor automático de sobrecarga.

Como medida de seguridad la planta dispondrá de un grupo electrógeno diesel de 20 kw de potencia para satisfacer las condiciones de accionamiento de la bomba para suministro de agua para los rociadores de enfriamiento del tanque y los gabinetes contra incendio; este grupo electrógeno será activado automáticamente en caso de desconexiones de las líneas externas.

La planta envasadora contará con dos tableros eléctricos (general y de distribución), desde los cuales se controlarán el suministro parcial o total de fluido eléctrico, estos tableros se encuentran equipados con equipos blindados para instalaciones exteriores<sup>6</sup>.

## **2.6 DESPLAZAMIENTO DE VEHÍCULOS AL INTERIOR DE LA PLANTA ENVASADORA**

Las camionetas de venta de los cilindros de GLP que circulen al interior de la planta podrán hacerlo con un radio de giro de 6,00 m, medido desde el punto central de la puerta de acceso con eje de circulación alrededor de la zona de tanques y plataforma, disponiéndose de espacios con amplitud suficiente para asegurar su fácil desplazamiento al interior del patio de maniobras tanto de

---

<sup>5</sup> El plano de instalaciones sanitarias se encuentra en el anexo N° 11.7

vehículos como de personas; adicionalmente se ha considerado un radio de giro de 11,00 m para el desplazamiento del camión tanque al interior de la planta<sup>7</sup>.

<sup>6</sup> La distribución de los circuitos en los tableros eléctricos y la carga instalada de la planta se encuentran en los planos eléctricos en el anexo 11.4

<sup>7</sup> Se ha considerado 6 m de radio de giro ya que las camionetas de venta tienen un radio mínimo de giro de 5,4 m como se muestra en el anexo N° 1. El plano de circulación se muestra en el anexo N° 11.2

**ANEXO N° 1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL CAMIÓN**  
**REPARTIDOR DE CILINDROS DE LA PLANTA ENVASADORA DE GLP**

<b>CLASE</b>	<b>CAMIÓN</b>	<b>CAMIÓN</b>
<b>MODELO</b>	HD 65 4000 corto	HD 65 4000 largo
<b>CARROCERÍA DE FABRICA</b>	CHASIS/CABINA	CHASIS/CABINA
<b>PROCEDENCIA</b>	Corea	Corea
<b>DIMENSIONES Y PESOS</b>		
Longitud total de chasis (mm)	4915	5925
Altura (mm)	2265	2285
Ancho máximo de cabina (mm)	1900	1900
Distancia entre ejes (mm)	2550	3375
Voladizo posterior (mm)	1290	1475
Voladizo delantero (mm)	1075	1075
Longitud Carrozable (mm)	3600	4500
Peso bruto vehicular (kg)	6100	6200
Peso seco (kg)	2100	2200
Peso bruto sobre el eje delantero (kg)	2000	2000
Peso bruto sobre el eje posterior (kg)	4100	4100
Máxima capacidad de carga bruta (kg)	4000	4000
Radio mínimo de giro (m)	5,40	6,00
<b>MOTOR</b>	D4AF	D4AF
Tipo	Diesel, inyección directa, aspiración natural con compensador de altura	
Nº de cilindros	4 en línea	4 en línea
Potencia máxima (PS/rpm)	100/3400	100/3400
Torque máximo (kg.m/rpm)	24/2000	24/2000
Cilindrada (c.c)	3568	3568
Capacidad de combustible (lts)	100	100
Bomba de inyección	Lineal, licencia BOSCH	
<b>TRANSMISIÓN</b>		
Manual	Sincronizada 5 + 1	Sincronizada 5 + 1
Eje posterior – Reducción	6666	6666
<b>EQUIPAMIENTO</b>		
Interruptor de arranque auxiliar	X	X
Radio AM-FM – 2 parlantes	X	
Enchape de Madera en consola	X	X
Timón regulable	X	X
Tomacorriente auxiliar para lámpara	X	X
Calefacción / ventilación	X	X
Cinturones de seguridad	X	X
Color	Blanco Humo	Blanco Humo

Fuente: Hyundai Motor del Perú

**CUADRO N° 3 PLAN DE EJECUCIÓN DEL PROYECTO**

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
<b>Tramite Documentario</b>	■ ■ ■ ■ ■			
<b>Obras Civiles</b> Cimiento, Veredas, Oficinas, Plataforma, techo, muros, cisterna, etc.		■ ■ ■ ■ ■		
<b>Obras Metal Mecánica</b> Tuberías, válvulas, accesorios, bombas, compresora, etc.			■ ■ ■ ■ ■	
<b>Instalaciones Eléctricas</b> Cableado e instalación				■ ■ ■
<b>Pruebas</b> Hidrostática de tanque, líneas, sistema contra incendio				■
<b>Puesta en Operación</b>				■ ■

### **III. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

La Estudio de Impacto Ambiental constituye un documento que tiene como fin anticiparse a las consecuencias ambientales de la pre-construcción, construcción, operación y funcionamiento de la planta envasadora de GLP, a fin de proteger el ambiente y la salud de la población. Es por esta razón que se debe considerar a esta etapa como la parte inicial en el planeamiento y desarrollo del proyecto.

En general no existe una definición universalmente aceptada sobre el término de EIA. El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), propone (1978):

*“...Para identificar, predecir y describir en términos apropiados las ventajas y desventajas de un proyecto de desarrollo propuesto. Para ser útil, la evaluación necesita ser comunicada en términos comprensibles para las comunidades y los encargados de tomar las decisiones, y los pros y contras deben ser identificados sobre la base de criterios relevantes para los países afectados”.*

Según el Ministerio de Energía y Minas en el "Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos" (D.S. N° 046-93-E.M) define "Estudios de Impacto Ambiental" como:

*“los estudios (requeridos para los proyectos de hidrocarburos) sobre los elementos físicos naturales, biológicos, socioeconómicos y culturales dentro del área de influencia del proyecto”*

En la EIA de la Envasadora Kerogas AQP Asociados se describen las características del ambiente donde se desarrollará el proyecto, tanto el medio físico como el medio biológico así como las características de la población de Cerro Colorado. Luego se hace una identificación y evaluación de los impactos que podrían ocurrir en el ambiente y en la población para finalmente proponer un plan de manejo ambiental donde se proponen las medidas de mitigación y el plan de monitoreo para los impactos que podrían ocurrir en las etapas de pre-construcción, construcción, operación y abandono de la planta envasadora. Finalmente se propone un plan de abandono del proyecto.

### **3.1 OBJETIVOS DEL EIA**

Identificar y evaluar el impacto ambiental de la instalación de la planta envasadora de Gas Licuado de Petróleo y proponer las medidas de mitigación, control y seguimiento en sus etapas de pre-construcción, construcción y operación y abandono.

Otros objetivos son:

- Identificar los componentes físicos, bióticos, abióticos, sociales, económicos y culturales de la zona de influencia.
- Determinar la capacidad de receptividad de la zona en estudio ante el proyecto.
- Cumplir con la legislación ambiental vigente contenida en el Reglamento

- para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos, que establece normas y disposiciones para el desarrollo de las actividades de almacenamiento envasado y comercialización del gas licuado de petróleo.

### **3.2 BASE LEGAL**

Las obligaciones ambientales para la industria en el sector de los hidrocarburos están reguladas en un conjunto de leyes, normas y reglamentos, entre los que se encuentran los siguientes:

- Ley orgánica de Hidrocarburos, Ley N° 26221 del 20/08/93, que norma las actividades de hidrocarburos en el territorio nacional.
- Decreto Supremo N° 046-93-EM del 12/11/93: establece que, previo al inicio de cualquier actividad de hidrocarburos, el responsable del proyecto presentará a la autoridad competente el Estudio de Impacto Ambiental correspondiente.
- Reglamento para la comercialización de Gas Licuado de Petróleo, Decreto Supremo N° 027-94-EM del 17/05/94.
- Texto Único de Procedimientos Administrativos TUPA del Ministerio de Energía y Minas.

### **3.3 METODOLOGÍA**

La metodología consiste en la caracterización del ambiente físico, biótico, abiótico, social y económico. Luego se identificaron los principales impactos tanto

positivos y negativos y se evaluaron estos impactos para determinar si son benéficos, planeados, reversibles, irreversibles, etc.

Con la caracterización del ambiente se han elaborado las matrices cromáticas de cada una de las etapas del proyecto.

### **3.4 CARACTERIZACIÓN DEL AMBIENTE**

#### **3.4.1 MEDIO FÍSICO**

La zona en estudio que se encuentra en el distrito de Cerro Colorado, presenta las siguientes características:

- El pre paleozoico o precámbrico, representado por los afloramientos en la formación tarucani, donde predomina la roca más antigua de la región: el gneiss.
- El batolito de los cerros de la calera es roca intrusiva.
- El paleozoico esta representado por la formación cocachacra
- El mesozoico esta representado por derrames andesíticos, basalto y dacita.

En el aspecto lito estratigráfico, se presenta la formación arcurquina, constituidas por estratos delgados de caliza y margas de color amarillento; la secuencia esta afectada por fallas y pliegues de dirección NE-SO y fracturas tectónicas menores.

Acerca de las características sísmicas, se sabe que la zona del proyecto es altamente sísmica ya que la plataforma oceánica de Nazca se introduce por debajo de la placa continental sudamericana. Sobre esta base es recomendable que al momento de la construcción se tenga en consideración el Reglamento Nacional de Construcciones y se tomará en cuenta las pautas que da el Instituto Geofísico del Perú sobre el particular.

En la zona del proyecto, el promedio anual de precipitación pluvial es de 120 mm. La temperatura media anual fluctúa entre 16 y 19 °C, y la mínima puede descender por debajo del punto de congelamiento. Se registra una marcada diferencia de la humedad del aire en el transcurso del año, alcanzando valores máximos (80%) en verano y valores mínimos (20%) en invierno. La velocidad media mensual del viento fluctúa entre 4 y 7 m/seg, en dirección Oeste a Este<sup>8</sup>.

### 3.4.2 MEDIO BIÓTICO

En los alrededores donde se ubicará la planta envasadora, la vegetación es escasa, pero en las laderas de los cerros se puede apreciar a la “tola” (*parastrephia lepidophylla*), que es la planta típica del sur. Algunos pobladores de la zona tienen sus chacras alejadas de la zona del proyecto, donde cultivan maíz, cebolla, papa, zapallo, calabaza y caiguas.

No se ha encontrado fauna típica en la zona, limitándose a algunas especies mamíferas, aves y reptiles de pequeños tamaños además de

---

<sup>8</sup> Todos estos datos meteorológicos han sido proporcionados por el SENAMHI.

animales domésticos como vacas, carneros, caballos, etc, cuya crianza no se encuentra enmarcado dentro de las prohibiciones legales.

### 3.4.3 ASPECTOS SOCIALES, ECONÓMICOS Y CULTURALES

El distrito de Cerro Colorado cuenta con comisaría, mercado, templos religiosos y posta medica. Se han registrado un aproximado de 8,000 viviendas particulares, en la gran mayoría (75%) de material noble, con un amplio potencial de crecimiento urbanístico.

El 90% de las viviendas disponen de alumbrado eléctrico y el 10% de las viviendas no disponen de dicho servicio. Así mismo el distrito cuenta con servicio de agua potable con su respectivo sistema de colector de desagüe público.

Población Censada	61865
Población por Área	
Urbana	61578
Rural	287
Población por Sexo	
Hombres	30263
Mujeres	31602
Porcentaje de la Población de 15 y mas años	66,96
Tasa de Analfabetismo de la Población de 15 y mas años	5,80
Porcentaje de la Población de 15 y mas años con Primaria completa a mas	84,70

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

### **3.5 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

La identificación de impactos ambientales es una de las principales actividades a realizar en un EIA y representa una actividad crítica ya que es necesario conocer las actividades que causan impactos con el fin de describirlas adecuadamente. Se basa en el conocimiento de las actividades que causan impacto y en la descripción de los factores, componentes y atributos afectados y en la predicción de los cambios. En el caso de la ENVASADORA KEROGAS AQP ASOCIADOS S.R.L. Ltda., la identificación de los impactos ambientales, se determinó sobre la base del análisis de la interacción que resulta de las diversas actividades que tienen lugar, durante y después de las operaciones y su influencia en el entorno.

#### **3.5.1 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS**

Los recursos energéticos que se utilizan en el país son el carbón, petróleo y gas. Se considera a este último como el más compatible con el ambiente; pertenece al grupo llamado de las “Industrias Limpias”, al igual que el sector hidroeléctrico.

Los impactos ambientales que podrían generarse con la instalación y desarrollo de la planta envasadora de gas, son mínimos.

La identificación de impactos considera los efectos que puede generarse en el ambiente desde la etapa de pre construcción del hasta la etapa de

abandono<sup>9</sup>.

### 3.5.1.1 ETAPA DE PRE CONSTRUCCIÓN

Durante la etapa de pre construcción las actividades a desarrollar consisten en la remoción de suelos de uso industrial y la adecuación del terreno para las obras de construcción (lozas, servicios higiénicos para los obreros, techos, etc.). Estas actividades podrían ocasionar la generación de polvo y ruido, debido al uso de maquinaria pesada (cargadores frontales, camiones, tractores, etc.) en el acondicionamiento del área para las instalaciones de la planta.

Esta fase estará demarcada por la remoción de tierras, el recojo de desmonte, la limpieza y el aplanamiento del lugar, además de posibles derrames de aceite a pequeña escala durante la intervención del parque automotor en las labores.

Por lo tanto, los impactos ambientales serían los siguientes:

- Generación de polvo y ruido en la excavación y eliminación del desmonte.
- Generación de polvo y ruido en los rellenos del terreno, en las obras de aplanamiento y limpieza, en la concentración de los materiales de construcción y en el aumento de la carga vehicular.
- Mayor oferta de empleos en la zona, aumentando las expectativas en cuanto al mejoramiento de la calidad de

---

<sup>9</sup> La identificación y clasificación de impactos se resume en el cuadro N° 4

vida.

### 3.5.1.2 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

En esta fase del proyecto, los impactos ambientales serán similares al de la etapa anterior, incrementándose aun mas la necesidad de la mano de obra técnica y calificada. Las obras afectarán ligeramente la estética del lugar.

Estando el terreno ubicado en una zona adecuada, la instalación de una planta es compatible con las actividades que se van a realizar, pero en su construcción se deberá tener en cuenta las edificaciones e instalaciones cercanas (otras empresas industriales y calles vecinas) para tomar las medidas de seguridad y señalizaciones que requerirá el caso.

En esta etapa las obras a realizar impactarían directamente al ambiente, siendo estos:

- Instalación del tanque de almacenamiento, las tuberías, la construcción de la plataforma y la cimentación de los mismos, actividades que generarán polvo, ruido y restos de materiales de pequeña magnitud.
- Colocación de redes de agua y desagüe, que también generarán polvo y ruido.
- Instalación de las redes de electricidad, con la generación de polvo, ruido y restos de materiales.

- Protección con cemento parte del área del tanque y plataforma, de acuerdo a la distribución general de la planta, generándose ruido y restos de materiales.
- Incremento de la necesidad de mano de obra de la zona.

### 3.5.1.3 ETAPA DE OPERACIÓN

Es la etapa de funcionamiento de la planta como envasadora propiamente dicha. La industria del gas no genera residuos que podrían afectar directamente el suelo, aire, agua y la salud humana. Los cuidados y precauciones sobre este elemento están dirigidos fundamentalmente a la seguridad industrial, por ser una sustancia volátil y muy inflamable.

En el desarrollo de las operaciones de la planta, los impactos ambientales que podrían presentarse se clasificarían en:

- Impactos al medio físico
- Impactos al medio biológico
- Impactos al medio socioeconómico

#### A. *Impactos al Medio Físico*

Respecto al suelo la planta generará algunos desechos sólidos industriales como waipes, latas y chatarras; en cuanto al elemento aire la planta en su proceso genera

pequeños escapes al momento de envasar el GLP en los cilindros, la concentración promedio en las plantas envasadoras de GLP es menos de 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de aire, por lo que se disipan inmediatamente por la amplitud del área y la velocidad de los vientos que soplan en el área del proyecto. No existen cuerpos de aguas superficiales ni ríos subterráneos cercanos que puedan ser afectados por el proyecto.

Durante el proceso industrial, los ruidos están considerados solo en la fase de llenado y manipuleo de cilindros, estimándose sus niveles dentro de los límites permisibles. Al entrar en operación la compresora de aire o el generador eléctrico (que se encontrarán en el cuarto de máquinas) los ruidos se aproximarán a los niveles de ruido permisibles.

### ***B. Impactos al Medio Biológico***

Siendo los terrenos de la zona de corte urbano-industrial; es decir, ya intervenidos por las construcciones de la zona, el proyecto no aumentará el efecto al ecosistema, por lo que no existirá pérdidas de la diversidad genética.

En la salud humana los efectos directos o indirectos ocasionados por la actividad industrial de la planta envasadora serán del genero ocupacional, que podrían

causar daños a la salud de acuerdo al sistema de trabajo, estos daños se clasifican en triviales, incapacitantes y fatales. Es por ello que el proyecto debe cumplir con las disposiciones legales vigentes de seguridad del sub-sector de hidrocarburos.

En cuanto a la flora y fauna los residuos gaseosos que pueda generar la planta envasadora no afectarán a la incipiente vegetación natural ni la fauna silvestre de la zona; por lo tanto, el efecto previsible de la actividad de la planta envasadora se considera nulo.

### **C. *Impactos al Medio Socio Económico***

Los impactos al medio socio económico que ocasione la operación de la planta envasadora serán positivos, pues el proyecto contribuirá al desarrollo económico-industrial del distrito de Cerro Colorado, generará puestos de trabajo directo e indirecto, fomentara el desarrollo industrial y estético de la zona.

#### **3.5.1.4 ETAPA DE ABANDONO**

Al igual que en la etapa de pre construcción y construcción los impactos ambientales serán por la remoción de las obras civiles y aplanamiento del lugar, lo cual originará ruido y polvo debido al uso de la maquinaria pesada como cargadores frontales, camiones, tractores, etc.

### **3.5.2 EVALUACIÓN DE IMPACTOS DE LA PLANTA ENVASADORA DE GLP.**

Para la evaluación de impactos de la planta envasadora se ha considerado el diseño de matrices cromáticas como se muestran en los cuadros del N° 5 al N° 8. La evaluación de impactos de la planta ha sido tomada en cuenta en las siguientes etapas:

- Etapa de pre construcción
- Etapa de construcción
- Etapa de operación
- Etapa de abandono









**CUADRO N° 4 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE IMPACTOS**

	CON RELACIÓN A LOS IMPACTOS						CON RELACIÓN AL TIEMPO						CON RELACIÓN AL ESPACIO				CON RELACIÓN A ACCIDENTES		
	Benéfico	Perjudicial	Planeado	Accidental	Directo	Indirecto	Reversible	Irreversible	Corto Plazo	Largo Plazo	Temporario	Continuo	Local	Regional	Nacional	Internacional	Leve	Moderado	Fatal
Agua																			
Suelo	X					X		X		X		X							
Aire					X	X		X			X	X						X	
Ruido		X				X		X			X	X						X	
Flora						X			X			X							
Fauna						X		X			X	X							
Paisaje		X			X	X					X	X					X		
Salud						X			X			X						X	
Actividades Económicas	X				X			X			X	X							

**CUADRO N° 5 EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA ETAPA DE PRE CONSTRUCCIÓN**

	Aguas superficiales y subterráneas	Suelo y sub suelo	Calidad de aire	Flora y fauna	Paisaje	Salud y seguridad	Relaciones sociales	Actividades económicas
Generación de material particulado		Alto	Alto	Alto		Bajo		
Uso de medios de transporte cubierto						Moderado	Positivo Alto	
Ruidos				Alto		Alto		
Tráfico de vehículos				Alto		Alto		
Riesgo de accidentes						Alto		
Generación de empleo							Moderado	Moderado
Generación de desechos inorgánicos		Alto			Alto			

**IMPACTOS**

	Negativo	Positivo
Insignificante		
Bajo		
Moderado		
Alto		

**CUADRO Nº 6 EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN**

	Aguas superficiales y subterráneas	Suelo y sub suelo	Calidad de aire	Flora y fauna	Paisaje	Salud y seguridad	Relaciones sociales	Actividades económicas
Generación de material particulado		■	■	■		■		
Uso de medios de transporte cubierto						■	■	
Ruidos				■		■		
Tráfico de vehículos				■		■		
Riesgo de accidentes						■		
Generación de empleo							■	■
Generación de desechos inorgánicos		■			■			








**IMPACTOS**

	Negativo	Positivo
Insignificante	■	■
Bajo	■	■
Moderado	■	■
Alto	■	■

**CUADRO N° 7 EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA ETAPA DE OPERACIÓN**

	Aguas superficiales y subterráneas	Suelo y sub suelo	Calidad de aire	Flora y fauna	Paisaje	Salud y seguridad	Relaciones sociales	Actividades económicas
Tráfico de vehículos				Modificado		Modificado		Modificado
Ruido				Modificado		Modificado		
Riesgo de accidentes						Modificado		
Generación de empleo							Modificado	Modificado
Emisión de gases			Modificado	Modificado		Modificado		
Residuo sólido industrial y doméstico		Modificado						

**IMPACTOS**

	Negativo	Positivo
Insignificante		
Bajo		
Moderado		
Alto		

**CUADRO N° 8 EVALUACIÓN DEL IMPACTO EN LA ETAPA DE ABANDONO**

	Aguas superficiales y subterráneas	Suelo y sub suelo	Calidad de aire	Flora y fauna	Paisaje	Salud y seguridad	Relaciones sociales	Actividades económicas
Generación de material particulado		Modificado	Modificado	Modificado		Modificado		
Uso de medios de transporte cubiertos						Modificado	Modificado	
Ruido				Modificado		Modificado		
Tráfico de vehículos				Modificado		Modificado		
Riesgo de accidentes						Modificado		
Generación de empleo						Modificado	Modificado	
Generación de desechos inorganicos		Modificado			Modificado			

**IMPACTOS**

Negativo      Positivo

Insignificante



Bajo



Moderado



Alto



### 3.6 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

La política de la empresa será tomar acciones que aseguren la minimización de los riesgos al ambiente y la población durante las etapas de pre-construcción, construcción, operación y abandono del proyecto.

El plan de manejo ambiental considera la implementación o aplicación de la política, estrategia, obra o acción tendiente a eliminar o minimizar los impactos adversos que pueden presentarse durante las diversas etapas de ejecución de un proyecto y mejorar la calidad ambiental aprovechando las oportunidades existentes. En general enfoca dos aspectos:

- Medidas de mitigación
- Programa de monitoreo

#### 3.6.1 MEDIDAS DE MITIGACIÓN



Las medidas de mitigación para minimizar los impactos en el ambiente se han elaborado tomando en cuenta la aplicación de una fácil tecnología.

El efluente líquido doméstico, (no se generará efluente industrial en las operaciones) se destinará al sistema de alcantarillado del distrito, no ocasionando así mayor impacto en el medio circundante.

Los residuos sólidos ocasionados por la actividad deberán ser evacuados a través del servicio de recojo municipal, no impactando así en el ambiente cercano al proyecto.

Referente al recurso aire, el proyecto contará con una infraestructura ventilada de manera que el aire pueda circular libremente para diluir los gases y olores que se produzcan al manipular el GLP.

#### 3.6.1.1 ETAPA DE PRE CONSTRUCCIÓN

La prevención de impactos ambientales durante esta fase esta basada principalmente en la planificación y selección del proyecto cuyo objetivo primordial es controlar en lo posible los efectos del impacto sobre los sistemas físicos, biológicos, socioeconómicos y culturales, poniendo énfasis en el control, conservación y mantenimiento de las actividades económicas regionales.

En la etapa de preconstrucción las actividades serán de excavación, eliminación del desmonte, rellenos y limpieza, cuyo programa de mitigación comprenderá principalmente lo siguiente:

- Se recomienda establecer un área restringida para las actividades de construcción y mantenimiento que permitan la operatividad de los trabajos.

- Los polvos se asentarán con suficiente agua, lo cual atenuará los impactos producidos por los mismos, siendo estos impactos leves y de carácter temporal.
- Los ruidos producidos serán de forma temporal y en niveles pequeños por la reducida magnitud de las operaciones, por lo que no incidirá en los sistemas socio-culturales.
- Al existir una oferta de empleos aumentará la cantidad de gente en la ejecución del proyecto, a quienes se les explicará las medidas para el control ambiental.
- El aumento de la carga vehicular por la calle de acceso se podrá equilibrar con el uso adecuado de las señales de tránsito, con avisos comprensibles y visibles a distancias adecuadas de la zona de ingreso al interior de la planta envasadora.
- Todos los materiales que se requieren para la construcción deberán almacenarse en un lugar construido adecuadamente para este fin.

### 3.6.1.2 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

Al igual que en la fase anterior, se presentarán situaciones similares, pudiendo incrementarse en los siguientes casos:

- Al aumentar gente en el área se crean riesgos de trabajo, para lo cual se debe establecer un sistema de planeamiento operacional y ambiental, que es indispensable para orientar el desarrollo del proyecto.
- En el caso de movimiento de tierras se deberá apilar para su carguío eficiente, controlándose la emisión de polvo.
- Se deberán supervisar los trabajos para garantizar que en esta fase no se perturbe el ambiente. No se dejarán materiales en el área, como cemento y otros contaminantes cuando se haya finalizado la construcción de la obra.
- En el sistema de desagüe y drenaje, deberán considerarse las obras de ingeniería correspondiente al proceso, es decir se deberán instalar las trampas de agua para evitar la aparición de malos olores así como también deberán tener la pendiente necesaria para evitar el estancamiento de las aguas servidas en las tuberías de desagüe.
- Se recomienda construir lozas de concreto alrededor de las áreas de maniobras para evitar el contacto directo con el suelo natural y evitar cualquier tipo de contaminación por fugas de aceite y otros provenientes de los vehículos.

### 3.6.1.3 ETAPA DE OPERACIÓN

En esta fase según los programas de mitigación y compensación de los impactos ambientales del proyecto que se pueden desarrollar, señalaremos:

#### A. *Medidas de mitigación de impactos al elemento hídrico*

La degradación del sistema hídrico se genera principalmente por la contaminación originada por los vertimientos industriales y domésticos, los cuales varían su calidad físico-química y bacteriológica.

En el caso particular de este proyecto, el proceso industrial no generará efluentes en sus operaciones, por lo cual no afectará el elemento hídrico.

El agua usada para la refrigeración del tanque de almacenamiento de GLP, tendrá como único propósito atemperar el calor, sin producir ninguna variación en la calidad del agua de refrigeración, las que se escurrirán al drenaje principal.

El efluente doméstico (sanitario) se destinará a la red de alcantarillado público, reuniendo las condiciones adecuadas de la planificación sanitaria.

En resumen, la planta envasadora no impactará al medio del

agua.

### ***B. Medidas de mitigación de impactos al elemento aire***

El deterioro del elemento aire por esta actividad no tendrá efecto por tratarse de un componente hidrocarburo de butano-propano, cuyas condiciones físicas presentes se caracterizan por su volatilidad en el ambiente.

Los olores del producto a envasar tendrá incidencia en el elemento aire, pero su presencia es un indicador de su concentración en el medio, lo cual debe ser inmediatamente corregido por el peligro a la salud humana.

Otro elemento generado por la actividad es el ruido, el cual se producirá solo en la fase de llenado de cilindros y manipuleo de estos, no llegando de ninguna manera a ser superior a los límites permisibles (80 dB).

Todas las instalaciones deberán estar sometidas a programas de mantenimiento, que aseguren la minimización de riesgos por fugas de GLP.

### ***C. Medidas de mitigación de impactos al elemento suelo***

La protección del suelo por los efectos de los desechos sólidos domésticos que se generan como resultado de la actividad de la planta envasadora, será mediante la evacuación de los mismos a través del servicio de recojo

municipal y destinados a rellenos sanitarios.

#### 3.6.1.4 ETAPA DE ABANDONO

- Al removerse las obras civiles se originará polvo y tierra los cuales se deberán apilar con abundante agua para evitar que por acción del viento se disperse por la zona.
- Los vehículos que transporten el desmonte proveniente de las instalaciones deberán cubrirse con lonas para evitar la dispersión del polvo.
- Se deberá coordinar con la Municipalidad del distrito de Cerro Colorado para que exista un servicio integral de recojo de desperdicios para evitar que los obreros los quemem en la zona.
- Los drenajes abiertos propios de la zona (acequias) podrían quedar obstruidos por acción de los desperdicios que queden regados al exterior del muro de la planta, para evitar esto se deberá tener cuidado en prestar un servicio integral de recolección de desmonte.

### 3.6.2 PROGRAMA DE MONITOREO

#### 3.6.2.1 LÍMITES PERMISIBLES

Acerca de los ruidos la ordenanza municipal N° 015 sobre prevención y control de ruidos indica como límite permisible en

zonas industriales hasta 90 dB.

En los que respecta al Gas Licuado de Petróleo, para el Ministerio de Energía y Minas, la concentración máxima que puede existir en el ambiente es de 15000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de aire.

### 3.6.2.2 ANÁLISIS DE EMISIONES GASEOSAS

El Gas Licuado de Petróleo debe de ser monitoreado anualmente teniendo en cuenta principalmente en los siguientes lugares:

- A 20 m, del lindero de la planta
- En la plataforma de llenado
- A 10 m, de la plataforma de llenado

Para el monitoreo de contaminantes en el aire se procederá a hacer un muestreo durante 8 horas continuas en los puntos antes señalados, los métodos a utilizar serán los de EPA de los EEUU en ese caso solo se monitoreará el análisis correspondiente a hidrocarburos no metano.

## 3.7 PLAN DE CONTINGENCIAS

El plan de contingencias contiene directivas administrativas y operativas definidos de manera que todo el personal previo conocimiento de estas pautas pueda desempeñarse eficientemente en cualquier emergencia que se presente. Tiene por finalidad lograr el control de cualquier situación de emergencia en el menor

tiempo posible, con la mayor coordinación, sincronización y el menor riesgo de los que están involucrados.

### **3.7.1 OBJETIVOS**

- Establecer una organización responsable de controlar en forma oportuna y adecuada una emergencia, así como de ejecutar las operaciones de limpieza y rehabilitación de la zona afectada, minimizando los daños.
- Protección general de las instalaciones, garantizando la seguridad del establecimiento y del vecindario en general.
- Evitar pérdidas de vidas humanas, tanto al interior de los límites de la empresa y a las propiedades vecinas, en coordinación con las autoridades relacionadas a siniestros.

### **3.7.2 ACCIONES A TOMAR EN CASO DE INCENDIO**

- Tratar por todos los medios de parar la fuga, cortando el flujo de gas. Si se corta el flujo de gas hacia la fuga, el incendio se apagará solo.
- Si el incendio empieza en la línea de llenado mientras se realiza el llenado de un cilindro, no retirar la conexión de llenado porque se extenderá el fuego; dejar la manguera en su sitio, cerrar la válvula de llenado, apagar la bomba de GLP y poner en funcionamiento los rociadores de enfriamiento del tanque.

- Si no fuera posible parar la fuga no debe tratarse de apagar el fuego. Si se apaga el fuego antes de cortar el flujo, los vapores se escaparán para cubrir un área muy grande, con la posibilidad de una posterior explosión.
- Si la fuga no pudiera ser cortada, se seguirá aplicando agua hasta que el Gas Licuado de Petróleo se consuma por completo, a fin de evitar que la presión interna del recipiente se eleve y también evitar el aumento de temperatura excesiva en las instalaciones adyacentes.
- Si el fuego es de mayores proporciones, enviar por ayuda mientras se trata de apagar el incendio. La información de los teléfonos de los bomberos debe estar a la vista y todos deben conocer la ubicación de las alarmas para ponerlas en acción.
- Terminado el incendio seguir rociando agua al tanque, tuberías y estructuras hasta asegurarse que la temperatura y presión estén en sus niveles normales (15 a 22 °C y 160 psi).

### 3.7.3 INSTITUCIONES DE APOYO EN CASO DE EMERGENCIAS

Instituciones	Teléfonos
Policía Nacional de Cerro Colorado	054-255704
Cía. De Bomberos de Arequipa	054-213333
Hospital EsSalud de Arequipa	054-400498
OSINERG	01-2640450
Ministerio de Energía y Minas	01-4750065

### **3.8 PLAN DE ABANDONO DEL ÁREA**

El desarrollo de un plan de abandono para la planta envasadora de GLP requiere consideraciones tanto técnicas como sociales, para lo cual es de suma importancia analizar y correlacionar las condiciones geográficas de la ubicación del proyecto y el uso final que tendrá el área.

Es posible que se planteen las opciones donde solamente parte de la infraestructura pase a poder de terceros, en cuyo caso el resto de las instalaciones físicas tendrían que ser desmanteladas y las cimentaciones estructurales retiradas.

La decisión de abandonar el lugar requiere de las acciones que se indican a continuación:

- Transferencia de terreno e instalaciones a terceros.
- Definición de los límites de las instalaciones
- Valorización de los activos y los pasivos.

#### **3.8.1 RETIRO DE LAS INSTALACIONES**

El retiro de las instalaciones deberá considerar las acciones siguientes:

- Demolición de las obras civiles.
- Desmontaje e inventario de los equipos y de las estructuras metálicas.
- Metrado de las excavaciones para el retiro de las líneas de desagüe,

- Líneas eléctricas y otros que se encuentren enterrados.
- Excavaciones, movimiento de tierras, rellenos y nivelaciones.

### **3.8.2 RESTAURACIÓN DEL LUGAR**

El plan de restauración deberá analizar y considerar las condiciones originales del ecosistema y tendrá que ser planificado de acuerdo al destino final del terreno.

Para la restauración se deben tomar en cuenta:

- Descontaminación del suelo, si lo hubiere.
- Limpieza y arreglo de las superficies del terreno.
- Adecuación al nuevo uso del terreno.

### **3.8.3 PROPUESTA DE PLAN DE ABANDONO**

Para el presente caso hay que considerar que existen dos tipos de abandono de las instalaciones:

- El abandono parcial
- El abandono total

#### **3.8.3.1 PLAN DE ABANDONO PARCIAL**

Por diversas razones la empresa puede determinar el abandono temporal de sus instalaciones o parte de ella, este abandono a su vez puede ser temporal y definitivo.

### **A. *Temporal***

Un caso de abandono parcial temporal es cuando la empresa decide incrementar su capacidad de almacenamiento cambiando el tanque estacionario por uno de mayor volumen, entonces parte de la planta se paraliza debido a los cambios que se van a realizar, es decir, el retiro del tanque antiguo, la instalación del nuevo tanque, probablemente también el cambio de las bombas de succión e impulsión de GLP, etc.

### **B. *Definitivo***

El abandono parcial definitivo se da cuando la empresa suspende una parte de sus actividades por tiempo indeterminado. Por ejemplo, cuando decide la empresa paralizar su línea de llenado de 5 kg porque no le resulta rentable.

Ante estas situaciones se deben adoptar las medidas de prevención siguientes para evitar un impacto negativo al ambiente:

- Establecer un programa periódico de mantenimiento de las instalaciones.
- Sellar todas las áreas que sean parcialmente peligrosas para el ambiente.

### 3.8.3.2 PLAN DE ABANDONO TOTAL

Al igual que en el punto anterior el abandono puede ser temporal y definitivo:

#### **A. Temporal**

Un caso típico del abandono total temporal es cuando la situación económica de la empresa no esta muy bien, entonces el dueño decide cerrar la empresa por un determinado tiempo, entonces debe tomar las siguientes medidas:

- Determinar los equipos e instalaciones que se quedarán en el área.
- Cercar el perímetro para una mejor seguridad de las instalaciones
- Dejar personal encargado de la seguridad de las instalaciones.
- Instruir a los pobladores de las zonas aledañas sobre los peligros que representan las instalaciones.

#### **B. Definitivo**

El plan de abandono total definitivo se da cuando la empresa deja totalmente sus actividades y se retirará del lugar, para esto se deberá tomar las medidas señaladas en el punto 3.8.1.

## **IV. ESTUDIO DE RIESGOS**

El objetivo del Estudio de Riesgos, es analizar e identificar los probables escenarios de emergencia que pudieran presentarse en la planta envasadora, teniendo en cuenta los parámetros de exposición de fugas de gases e incendios y los riesgos circundantes que pudieran afectar también a otros predios.

### **4.1 ANÁLISIS DE POSIBLES ESCENARIOS DE EMERGENCIA**

#### **4.1.1 ZONA DEL TANQUE ESTACIONARIO**

Según el artículo 73 inciso 2 del Decreto Supremo N° 27-94-EM, se debe contar con un sistema fijo de rociadores que cumpla una densidad de enfriamiento no menor a 10,2 lpm/m<sup>2</sup> (2,6945 gpm/m<sup>2</sup>) de área expuesta, el mismo que debe estar integrado con el sistema de agua contra incendio de la planta envasadora.

Considerando las características del tanque descritas en el punto 5.3.2, el área total será de 82,19 m<sup>2</sup>. Por lo tanto el flujo total de agua requerido para enfriamiento del tanque será de 221,45 gpm.

#### 4.1.2 ZONA DE TRASIEGO DEL CAMIÓN CISTERNA AL TANQUE ESTACIONARIO

En este caso se determinará el flujo necesario de agua para enfriar la cara expuesta del tanque de almacenamiento estacionario adyacente a la zona de trasiego, como el flujo total para enfriar todo el tanque es de 221,45 gpm y necesitándose enfriar solamente la cara expuesta a la zona de trasiego, se considerará la mitad del área del tanque y por consecuencia la mitad del flujo de agua que en este caso sería de 110,72 gpm.

Adicionalmente y teniendo en cuenta las exigencias de la NFPA 15, el requerimiento de flujo en el gabinete contra incendio mas alejado a la zona de trasiego es de 125,00 gpm, considerando mangueras contra incendio de 2 ½ de diámetro con 75 psi de presión de salida.

Por tanto, el requerimiento de flujo de agua total será:

Flujo agua para enfriamiento de tanque (cara expuesta)	110,72 gpm
Flujo de agua para gabinete contra incendio	125,00 gpm
Flujo de agua total requerido	235,72 gpm

Este flujo de agua de 235,72 gpm, es requerido en caso se active la emergencia en uno de los extremos del tanque estacionario, hacia el lado de la zona de trasegado del gas desde el camión cisterna.

#### **4.1.3 PLATAFORMA DE LLENADO Y ALMACENAMIENTO DE CILINDROS**

Si ocurriese una emergencia de incendio en esta zona, se tendría que utilizar el gabinete contra incendio para amagarla y enfriar la otra cara expuesta del tanque de almacenamiento estacionario, por lo que, teniendo en cuenta que se observan las mismas características de lo explicado en el punto anterior, el flujo de agua necesario también sería de 235,72 gpm.

#### **4.2 REQUERIMIENTO DE GABINETES CONTRA INCENDIO**

De acuerdo al artículo 87 del Decreto Supremo N° 27-94-EM, la planta deberá disponer de gabinetes contra incendio con pitón selector de chorro niebla.

Se ha previsto la instalación de dos gabinetes contra incendio con su respectiva manguera de extensión flexible del tipo usado por los bomberos para una presión de 75 psi en sus extremos, los cuales estarán adosados a los muros perimetrales al interior de la planta, en posición estratégica equidistante a la zona de tanques y plataforma de llenado de cilindros, de tal forma que permita atender y combatir con eficacia una emergencia que se presente en cualquier lugar de la planta.

#### **4.3 REQUERIMIENTO DE ROCIADORES**

De acuerdo a las características del tanque estacionario los rociadores serán boquillas de pulverización con un diámetro de rosca  $\frac{1}{2}$  NPT, para un ángulo de

dispersión de 90°. Estos rociadores se ubicarán a una distancia de 0,60 m, de separación con respecto a cualquier posición del tanque<sup>10</sup>.

Los rociadores para enfriamiento del tanque estacionario serán alimentados por un sistema de doble accionamiento, es decir automático y manual, el sistema automático será calibrado para que a una temperatura o presión determinado del tanque de almacenamiento se accionen enviando agua en forma de neblina hacia éste hasta que su presión y temperatura se estabilicen.

#### **4.4 HIDRANTES**

Adicionalmente a los gabinetes contra incendio y al sistema de rociadores para enfriamiento del tanque la planta envasadora deberá gestionar la instalación de dos hidrantes contra incendio a menos de 100 m de la planta; estos hidrantes deberán ser del tipo seco, es decir, que tienen la válvula en la base, situada debajo del punto de peligro de heladas, entre el pie y el cuerpo del hidrante, para que su cuerpo permanezca seco y el agua pase por él cuando hace falta.

#### **4.5 EXTINTORES**

Los extintores por su capacidad se clasifican en rodantes y portátiles, de acuerdo al tipo existen extintores tipo A (madera, papel, tela, jebe, plásticos, etc), tipo B (para líquidos inflamables como pinturas, lacas, gases, etc), tipo C (para equipos que energizados eléctricamente) y tipo D (para metales combustibles como

---

<sup>10</sup> Las características de los rociadores se han determinado a partir de las tablas B y C del anexo N° 4

magnesio, titanio, sodio, potasio, etc); es decir existen extintores tipo A, B, C, D o de múltiple propósito.

En consideración a lo indicado en el artículo 74° del Decreto Supremo N° 27-94-EM, la planta envasadora de GLP contará con 2 Extintores rodantes con impulsión de nitrógeno de 150 libras nominales de PQS clase BC, 14 extintores portátiles de 13,6 kg. (30 libras) de PQS clase BC y 2 extintores tipo PQS clase ABC para posibles amagos de incendios al interior de las oficinas administrativas.

Según la norma NFPA 10 y el artículo 74° del Decreto Supremo N° 27-94-EM, los extintores deberán estar ubicados de manera que no se tenga que correr una distancia mayor de 15,25 m (50 pies) para su disponibilidad<sup>11</sup>.

#### **4.6 INSTRUMENTOS DE DETECCIÓN Y ALARMAS DE SEGURIDAD**

La planta contará con tres detectores continuos de presencia de gases combustibles o de atmósferas explosivas, los mismos que estarán dotados de alarmas sonoras o remotas ubicada una en la zona de bombas y dos en la plataforma. Además contará con dos explosímetros con certificación de calibración para detectar concentraciones de GLP en el ambiente y medir al 100% el límite inferior de explosividad.

---

<sup>11</sup> Ver plano de seguridad en el anexo 11.3 en el que se observa la posición de los extintores al interior de la planta envasadora.

## **4.7 BLEVES Y NUBES DE VAPOR**

### **4.7.1 BLEVE**

Las siglas "BLEVE" son las iniciales de "Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion" que traducido significa "Explosión por la Expansión de los vapores de un Líquido en Ebullición".

Este fenómeno ocurre cuando el tanque estacionario al estar expuesto a una alta temperatura, el GLP líquido contenido en este recipiente empieza a absorber la temperatura hasta convertirse en vapor, una vez que ya no hay GLP líquido, el material con el que está construido el tanque empieza a elevar su temperatura perdiendo así sus propiedades de resistencia física, es en ese momento que la presión interna del tanque vence la resistencia del tanque ocasionando una explosión de gas.

La mayor parte de las BLEVES tienen lugar cuando los recipientes están ocupados por una cantidad de líquido que oscila entre algo menos de la mitad del recipiente y aproximadamente los  $\frac{3}{4}$  de su capacidad, la energía de vaporización y expansión del líquido respecto al peso de los trozos del recipiente es tal que estos salen a distancias de hasta 800 m.

### **4.7.2 NUBE DE VAPOR DE GLP**

La explosión de una nube de vapor de GLP no confinada, (Unconfined Vapor Cloud Explosion) UVCE, es otro tipo de explosión que ocurre cuando la nube de vapor de un combustible toma contacto con una fuente de ignición.

Similar a una BLEVE la UVCE es espectacular y muy peligrosa, la máxima velocidad de propagación de flama ocurre cerca de concentraciones estequiométricas y es generalmente incrementada por una elevada presión, temperatura y turbulencia.

#### **4.7.3 DEFLAGRACIÓN, DETONACIÓN Y EXPLOSIÓN**

Deflagración es la combustión rápida o producción de llama súbitamente, originada por cualquier elemento hacia el interior del tanque, de las líneas o del surtidor, sin producir explosión. Este riesgo se puede producir como consecuencia del acercamiento de elementos de ignición al interior de las instalaciones, ya sea por combustión de elementos inflamables a consecuencia de un corto circuito o sabotajes desde el interior o desde fuera de las instalaciones. Una vez detectada esta situación deberá ponerse en práctica el plan de emergencias, empleando los extintores, rociadores y gabinetes contra incendio para apagar las llamas y extinguirlas.

La diferencia fundamental entre Deflagración y Detonación es que en la detonación la velocidad de propagación del frente de llamas es mayor que la velocidad del sonido (340 m/s), mientras que la velocidad de propagación del frente en llamas en la deflagración es menor que la velocidad del sonido.

Para fines de cálculo la velocidad de deflagración será medida en cm/seg. la velocidad de la explosión será medida en m/seg. y la velocidad de la detonación será medida en km/seg.

## **V. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES**

### **5.1 BASES DEL DISEÑO**

El Presente diseño se ha desarrollado de acuerdo a lo siguiente:

- Reglamento de seguridad para instalaciones y transporte del Gas Licuado de Petróleo DS 01-94-EM, y DS 027-94-EM.
- Capacidad nominal de almacenamiento del tanque estacionario cilíndrico horizontal de 12000 galones de agua.
- Volumen de ventas previstas (2000 galones diarios aproximadamente)

### **5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

La operación de la planta se hará con personal del lugar quienes obtendrán previamente capacitación en:

#### ***Teoría:***

- Composición, propiedades y comportamiento de GLP.
- Reconocimiento de las instalaciones de la planta
- Comportamiento de una nube de gas
- Sistema contra incendio

#### ***Práctica:***

- Utilización de la planta de GLP.
- Simulacro de fuga de gas

- Actuación del sistema contra incendio
- Utilización de los extintores en fuego vivo.

El Gas Licuado de Petróleo adquirido para su envasado provendrá directamente desde la planta Callao de propiedad de Petroperu S.A., en algunos casos será importado por la Asociación de Envasadoras de GLP a nivel Nacional.

Se contará con un tanque estacionario, tres bombas de transferencia de GLP, un punto de recepción desde el camión tanque, cuatro puntos de llenado de cilindros, y una compresora. Adicionalmente existirá un tanque pulmón de aproximadamente 300 galones al cual se depositará los restos de GLP de los cilindros vacíos.

El camión tanque ingresará por una de las puertas y se estacionará junto a la boca de llenado del tanque estacionario, conforme a lo especificado en el capítulo de seguridad industrial el operador del camión deberá inmovilizar el camión mediante unos tacos de madera. Antes de efectuar las conexiones de las mangueras tanto al punto de llenado como al punto de compensación de vapores el conductor debe conectar el camión tanque al punto de tierra además de preparar su extintor contra incendio. El trabajador responsable de recibir el GLP también deberá preparar su equipo contra incendio. En el caso de presentarse alguna dificultad, que no permita continuar con el envasado de GLP, sea por problemas en la válvula de salida del tanque cisterna o en las válvulas de los tanques estacionarios de recepción, deberá comunicarse de inmediato, para iniciar las maniobras que posibiliten corregir este problema.

El trasiego de GLP se efectuará por bombeo desde el camión tanque, mediante conexiones de manguera para succión de GLP líquido y retorno de vapores de

GLP del tanque estacionario al camión tanque. Ambas instalaciones fijas próximas a las mangueras de trasiego estarán provistas de válvulas de cierre de emergencia, en cumplimiento del DS 27-94-EM Art. 51.

El GLP será descargado en el tanque estacionario a través de una válvula de llenado tipo válvula de retención (DS 27-94-EM Art. 137). Finalizada la descarga del producto el camión tanque procederá a retirarse de la planta.

Una vez que ingresan los camiones de reparto de cilindros a los distribuidores de gas, se estacionarán al lado derecho de la plataforma de llenado con el fin de descargar los restos de GLP de los cilindros vacíos hacia el tanque pulmón, esta descarga se realizará poniendo los cilindros de cabeza para que por acción de la gravedad el GLP salga de dichos cilindros, una vez que el tanque pulmón tenga almacenado un volumen aproximado del 80% de su capacidad el contenido será trasegado hacia el tanque estacionario mediante una bomba con un motor de 5 HP de potencia.

Finalizado este proceso un trabajador procederá a hacer el control de calidad de los cilindros a fin de detectar las fallas mas comunes que se presentan, por ejemplo válvulas, casquetes y asas en mal estado y repararlos. Una vez que los cilindros han sido reparados, éstos pasan al área de prueba de hermeticidad, esta prueba consiste en llenar los cilindros con agua hasta un 80% de su volumen y luego mediante una compresora inyectarles aire hasta 200 psi de presión. Una vez que los cilindros pasan esta prueba serán llevados al área de limpieza y pintado de cilindros donde se les pintara con el color y logotipo respectivo pasando finalmente a la plataforma de llenado de cilindros.

Una vez que los cilindros están en la plataforma de llenado, la carga de GLP a estos se efectuará por bombeo desde el tanque estacionario que estará provisto de una válvula interna de exceso de flujo en su conexión de salida (DS 27-94-EM Art. 137). El llenado de los cilindros se efectuará a un régimen de 1.8 galones por minuto, la cantidad será controlada de forma semiautomática mediante válvulas de llenado y balanzas, con este régimen de flujo, el tiempo para llenar un cilindro de 10 kg. será de 3 minutos aproximadamente. Para evitar daños en la bomba por bajo flujo, se instalará una válvula de retorno automático al tanque estacionario; la compresora será utilizada para los automáticos de control de peso, es decir, estarán conectadas al sistema de las balanzas para que cuando lleguen al peso indicado de 5, 10 ó 45 kg, se accione y corte el flujo de GLP hacia los cilindros de gas.

Luego de haber sido llenados los cilindros estos pasarán nuevamente un control de calidad teniendo en cuenta que los cilindros de 5 kg no deben exceder de  $\pm 5\%$  de su peso, los cilindros de 10 kg deberán estar en el rango de  $\pm 2,5\%$  y los de 45 kg entre  $\pm 1\%$  de su peso total. De no cumplir estas características los cilindros pasarán nuevamente al área de descarga para ser vaciados totalmente y ser nuevamente llenados. Si cumplen con los requerimientos de peso, el cilindro pasará a la plataforma de despacho de cilindros. El almacenamiento de los cilindros llenos se hará solamente en posición vertical y apoyados en sus bases; el almacenamiento de los cilindros de 5 kg y 10 kg llenos, se hará hasta en dos niveles.

El diagrama de flujo del proceso de la planta envasadora se encuentra en el anexo N° 3.

## 5.3 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y ACCESORIOS

### 5.3.1 PLATAFORMA DE ENVASADO

La posición de la plataforma de envasado al interior de la planta se ha diseñado considerando un radio de giro de 6,00 m para las camionetas de venta de cilindros y de 11,00 m para el camión tanque que abastecerá de GLP a la planta<sup>12</sup>.

Considerando el volumen de cilindros que se venderán al mes los cuales son aproximadamente: 900 cilindros de 5 kg, 4800 cilindros de 10 kg y 300 cilindros de 45 kg<sup>13</sup>, y también el número de días laborables (22) en el primer año, diariamente se requerirá envasar:

$$\frac{900}{22} = 40,91 \approx 41 \text{ cilindros de 5 Kg.}$$

$$\frac{4800}{22} = 218,18 \approx 219 \text{ cilindros de 10 Kg.}$$

$$\frac{300}{22} = 13,64 \approx 14 \text{ cilindros de 45 Kg.}$$

Además se sabe que los cilindros de 5 y 10 Kg. se pueden almacenar en dos niveles, por lo tanto se requerirá espacio para 21 cilindros de 5 kg, 110

cilindros de 10 kg. y 41 cilindros de 45 kg.

---

<sup>12</sup> Se ha considerado 6 m de radio de giro ya que las camionetas de venta tienen un radio mínimo de giro de 5,4 m como se muestra en el anexo N° 4

<sup>13</sup> Este cálculo se detalla en el punto 7.8.

Entonces se requerirá espacio para almacenar  $21+110+41=172$  cilindros de gas los cuales estarán almacenados en filas de a dos con un espacio de separación de 0,80 m.

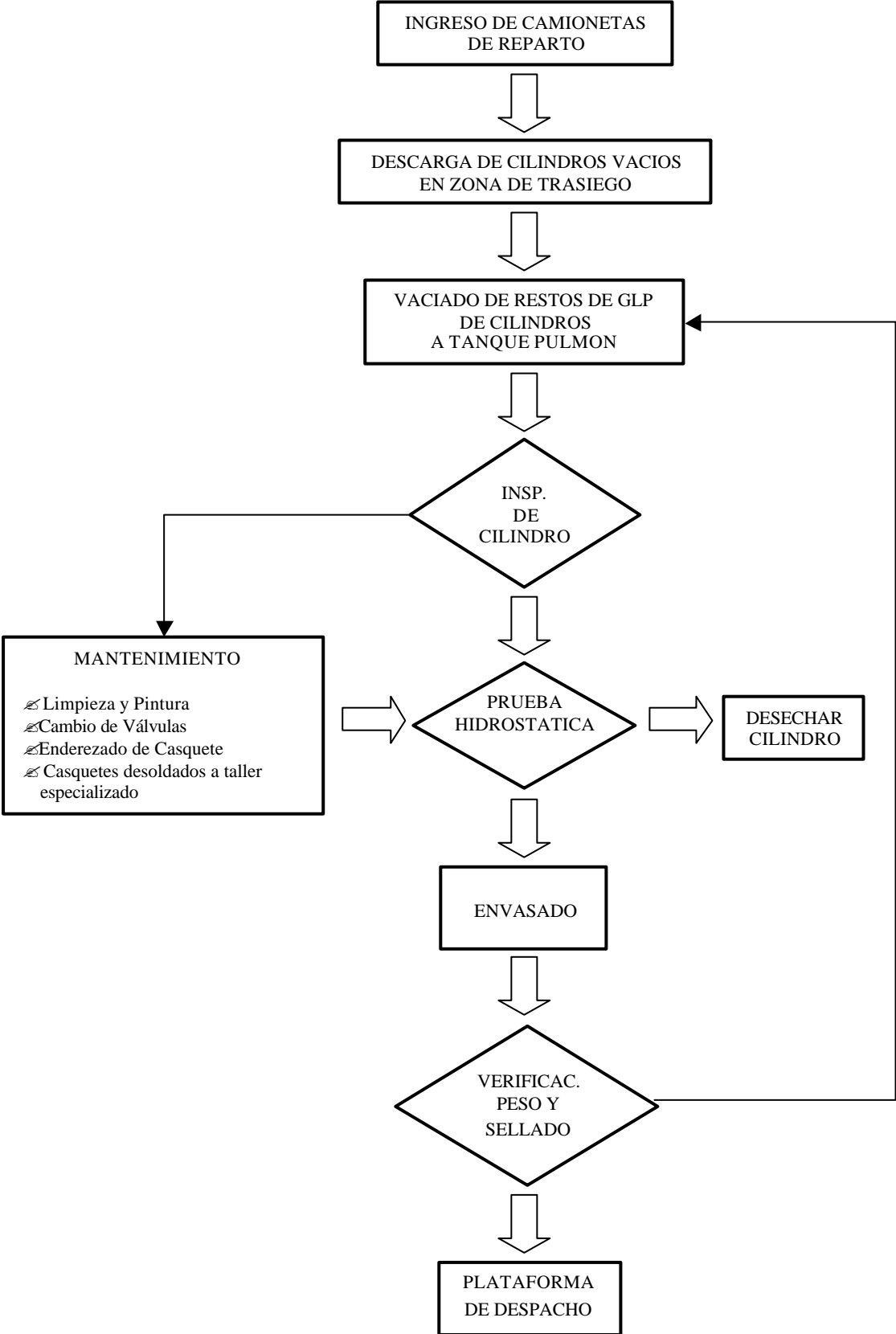
Considerando esta cantidad de cilindros y el largo del tanque estacionario de GLP se construirá una plataforma de llenado de 14,30 m de ancho y 5,00 m de largo, con espacio suficiente para almacenar hasta 50 cilindros de 45 kg, 238 cilindros de 10 kg y 110 cilindros de 5 kg.

### 5.3.2 TANQUE ESTACIONARIO

La planta dispondrá de un tanque estacionario de 12000 galones de capacidad (en volumen de agua), considerando que el tanque se llena al 85% de su capacidad, tendremos un almacenamiento de 10200 galones, a esto le restaremos aproximadamente un 5% por concepto de merma con lo cual tendremos un total de 9600 galones de GLP como volumen útil de almacenamiento.

Se ha determinado que diariamente se envasará un volumen aproximado de 2000 galones de GLP, por lo tanto el tanque estacionario abastecerá a la planta por 5 días útiles; para prevenir problemas de abastecimiento el tanque deberá ser llenado cada 3 o 4 días útiles de trabajo con un volumen aproximado de compra de 7000 galones de GLP, esto para tener un stock de reserva de 2600 galones, suficiente para tener operativa la planta durante un día y medio.

**ANEXO N° 3 DIAGRAMA DE FLUJO**



Las características del tanque estacionario se resumen en el siguiente cuadro:

Capacidad	12000 galones USA
Material	Acero de 1" de espesor
Diámetro	2,40 m
Longitud parte cilíndrica	8,50 m
Diámetro de tapas semiesféricas	2,40 m
Presión de diseño	250 psi
Presión de prueba	375 psi
Presión de trabajo	160 psi

En general, las tuberías para GLP serán de acero al carbono ASTM A53-GrB o ASTM A106 Gr11 *schedule* 80 roscadas. Adicionalmente las empaquetaduras de las tuberías serán de material resistente al fuego y al GLP garantizando su hermeticidad, su punto de fusión debe de estar por encima de los 800 °C. Asimismo se contará con accesorios como válvula interna, válvula de exceso de flujo, válvula de sobrepaso (llamada también de desvío, *bypass*), válvula de llenado, válvula de cierre de emergencia (*shut off*), válvula pull away, válvulas para el llenado semi automático de cilindros, válvula de alivio medidor rotatorio (rotary gauge), etc.

### 5.3.3 CONSIDERACIONES PARA DETERMINAR EL ESPESOR DE LA PLANCHA DE ACERO DEL TANQUE

Asumiendo un radiografiado al 100% de las uniones soldadas con resultados satisfactorios y considerando las siguientes fórmulas:

Espesor de la parte cilíndrica	Espesor en los casquetes semiesféricos
$t = \frac{PR}{SE + 0,4P} \dots\dots\dots (1)$	$t = \frac{PR}{2SE + 0,8P} \dots\dots\dots (2)$

donde:

P : Presión del diseño 250 psi

S : Máximo valor de esfuerzo mecánico que puede ser sometido un acero al carbono ASTM-285 Gr C 13750 lb/pulg<sup>2</sup>

E : Eficiencia en las juntas (1,0), radiografías al 100% positivo

R : Radio externo del equipo (en pulgadas) = 47,24"

### 5.3.3.1 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LA PARTE CILÍNDRICA DEL TANQUE

Reemplazando valores en la ecuación (1) se obtiene:

$$t_{\min} = \frac{250 \times 47,24}{13750 \times 1 + 0,4 \times 250} = 0,853$$

El espesor de diseño se obtiene adicionando 2 mm de espesor en prevención a efecto de la corrosión:  $0,853 + 0,079 = 0,932$  pulg.

Por lo tanto el tanque será construido con planchas de acero al carbono ASTM-285 Gr C con espesor de 1 pulgada, por ser el espesor inmediato superior existente en el mercado.

### 5.3.3.2 CÁLCULO DEL ESPESOR DE LOS CASQUETES SEMIESFÉRICOS DEL TANQUE.

Reemplazando valores en la ecuación (2) se obtiene:

$$t_{\min} = \frac{250 \times 47,24}{13750 \times 1 + 0,8 \times 250} = 0,847$$

El espesor de diseño se obtiene adicionando 2 mm en prevención al efecto de la corrosión  $0,847+0,079= 0,926$  pulg.

Por lo tanto se utilizarán planchas de acero al carbono ASTM-285 Gr C con espesor de 1 pulgada, por ser el espesor inmediato superior existente en el mercado.

#### **5.4 CÁLCULO DEL NÚMERO DE ROCIADORES DE ENFRIAMIENTO**

Considerando la tabla C del anexo 4 para el diseño de rociadores de agua al tanque de 2,40 m de diámetro exterior, le corresponderá 3 líneas de rociadores con un ángulo de separación entre líneas de  $120^\circ$ .

Considerando la misma tabla C en la situación de anillos de boquillas para tanques horizontales, para el diseño de rociadores de agua del API Standard 2510, para un ángulo de dispersión de  $90^\circ$ , tanto el primer como el último rociador en una línea deberán ubicarse a una distancia de 0,85 m (el máximo es 1,10 m) de los extremos del cuerpo cilíndrico del tanque, los demás rociadores deberán ubicarse a una distancia de 1,70 m (el máximo es 2,10 m) entre cada uno de ellos; por lo tanto, si el tanque tiene una longitud de 10,90 m de los cuales 8,50 es la longitud del cuerpo cilíndrico y considerando la ubicación de los dos rociadores a los extremos que ocuparían una distancia cilíndrica de 1,70 (2 x 0,85 m de cada extremo) y ubicando los demás rociadores a 1,70 m de entre cada uno de ellos, se determinaría lo siguiente:

Rociadores a los extremos del tanque	2 rociadores
Rociadores adicionales	$8,50 - 1,70 = 6,80 \text{ m}$ $6,80/1,70 \text{ m} - 1 \text{ roc.} = 3 \text{ rociadores}$
Total de rociadores propuesto por línea	$3 + 2 = 5 \text{ rociadores}$

Así mismo, según la tabla B del anexo 4, para un tanque cuyo diámetro exterior es de 2,40 m se puede asignar 1 rociador por tapa semiesférica de 120° de ángulo de pulverización.

Por lo tanto el total de rociadores que debe instalarse para enfriamiento del tanque será de 17 rociadores conforme se indica en el cálculo siguiente:

Número total de rociadores:

$$5/\text{línea} \times 3 \text{ líneas} + 1/\text{tapa} \times 2 \text{ tapas} = 17^{14}$$

## 5.5 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE RESERVA DE AGUA

La planta envasadora cuenta con red de agua pública y además existe una compañía de bomberos a menos de 30 minutos del lugar, por lo que considerando lo prescrito en el artículo 73° inciso 4 del Decreto Supremo N° 27-94-EM, se llega a la conclusión que se necesita disponer de almacenamiento en el sitio para 1 hora de abastecimiento continuo de agua contra incendio.

Entonces, la capacidad de reserva de agua ( $V_T$ ), se daría en la condición de operar el sistema de enfriamiento del tanque y la activación de una de las manguera

contra incendio, por lo que su composición estaría en función a la siguiente

estructura:  $V_T = V_R + V_G$

donde:

$V_R$  = Volumen para enfriamiento de tanque (rociadores)

$V_G$  = Volumen para agua contra incendio (gabinete contra incendio)

Considerando la información obtenida en el procedimiento de cálculo de flujo de agua para enfriamiento detallado en el numeral 4.1.1 se tiene:

$$V_R = (221,45 \text{ gpm}) \times (60 \text{ min/hora}) \times (1 \text{ m}^3/264,17 \text{ gal}) \times 1 \text{ hora}$$

$$V_R = 50,30 \text{ m}^3$$

Del mismo modo considerando la información obtenida como exigencia de flujo de agua en los extremos de la manguera contra incendio de 125 gpm. indicado en el numeral 4.1.2 y 4.1.3, se tiene:

$$V_G = (125,00 \text{ gal/min}) \times (60 \text{ min/hora}) \times (1 \text{ m}^3/264,17 \text{ gal}) \times 1 \text{ hora}$$

$$V_G = 28,39 \text{ m}^3$$

De donde se obtiene:

$$V_T = 50,30 + 28,39 = 78,69 \text{ m}^3$$

En consecuencia la planta envasadora deberá contar como mínimo, con una reserva de agua total de 78,69 m<sup>3</sup> de capacidad que permita afrontar un posible incendio de 1 hora de duración continua.

---

<sup>14</sup> Ver anexo 5 en el que se muestra la ubicación y separación de rociadores en línea.

## 5.6 CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LAS BOMBAS PARA EL SISTEMA CONTRA INCENDIO<sup>15</sup>

### 5.6.1 BOMBA PARA LOS GABINETES CONTRA INCENDIOS

Una forma rápida de determinar la potencia del motor de la bomba que será empleado en el suministro de agua para los gabinetes contra incendio es usar el nomograma del anexo 6, para el cual se debe considerar el caudal ( $Q = 125,00 \text{ gpm}$ ) y la presión ( $P = 75 \text{ psi}$ ) requeridos; tabulando estos datos y sabiendo que una presión de 75 psi nos da una altura dinámica de aproximadamente 52 m, podemos determinar que para una bomba de 3600 RPM se requiere una bomba con un motor de 15 HP, pero por razones de seguridad se debe aproximar al inmediato superior, entonces tendremos una bomba con un motor de 17,5 HP de potencia.

### 5.6.2 BOMBA PARA EL SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL TANQUE ESTACIONARIO.

Como en el caso anterior la forma rápida de determinar la potencia del motor de la bomba que será empleado en el suministro de agua para los rociadores de enfriamiento del tanque de almacenamiento estacionario es usar el nomograma del anexo 6; debemos considerar el caudal ( $Q = 221,45 \text{ gpm}$ ) y la presión ( $P = 30 \text{ psi}$ ) requeridos; tabulando estos datos y sabiendo que una presión de 30 psi nos da una altura dinámica de

aproximadamente 21 m, podemos determinar que para una bomba de 3600 RPM se requiere una bomba con un motor de 12 HP, pero por razones de seguridad se debe aproximar al inmediato superior, entonces tendremos una bomba con un motor de 15 HP de potencia.

---

<sup>15</sup> La demostración matemática del cálculo de la potencia para el motor de las bombas se encuentra en el anexo 8.

## **VI. SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Resguardar la integridad de los trabajadores y de las instalaciones de la planta es parte fundamental de la Seguridad Industrial; este capítulo describe los posibles escenarios donde el trabajador podría sufrir algún accidente, también la seguridad referente a la posición del tanque estacionario y los avisos de seguridad que existirán en la planta, también describe los equipos de protección personal para los trabajadores y los equipos de protección industrial, tanto interna como externa para la protección de la planta en si.

### **6.1 SEGURIDAD INDUSTRIAL**

Se ha considerado evitar condiciones adversas en el local de la planta envasadora de GLP, que bajo determinadas circunstancias provocaría en los operarios enfermedades específicas o agravar defectos orgánicos preexistentes.

El aspecto preventivo y de control de los factores involucrados en el deterioro de la salud de los trabajadores debido a las condiciones ambientales, es competencia de la Higiene Industrial.

En la Planta Envasadora Kerogas AQP Asociados S.R.Ltda., podrían presentarse los siguientes agentes ambientales:

### **6.1.1 AGENTES FÍSICOS**

En este grupo se consideran los niveles de ruido elevados en la zona de envasado y el peligro de trabajar con GLP a presión durante las operaciones de envasado.

### **6.1.2 AGENTES QUÍMICOS**

La posible contaminación por absorción de pintura pulverizada en el área de pintado. Para minimizar dicho riesgo se deberá contar con ropa de trabajo adecuado, uso de guantes y máscaras respiratorias.

## **6.2 INSTALACIONES Y EQUIPOS DE SEGURIDAD**

Para efectos de operar la planta en las mejores condiciones de seguridad, se tomará en cuenta el siguiente sistema y equipos:

### **6.2.1 SEGURIDAD POR CRITERIOS DE UBICACIÓN**

Según el D.S. 27-94-EM en el título 7 del artículo 73 dice que para la instalación de tanques estacionarios en plantas envasadoras, se tendrá en cuenta las distancias mínimas en metros, relacionadas en función al volumen de los tanques y no a la capacidad de almacenamiento; por lo tanto como la capacidad de almacenamiento del tanque estacionario es de 12000 galones, entonces se ubicará a más de 12 m de la edificación a construirse y de los linderos de la propiedad.

### 6.2.2 AVISOS DE SEGURIDAD

Se deberá mantener en lugares visibles de la planta los letreros con instrucciones de manejo y seguridad respecto al GLP. Dichos letreros serán pintados de acuerdo a la NTP N° 339.009 con letras rojas y fondo blanco, con las siguientes inscripciones:

<i><b>PROHIBITIVAS</b></i>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Se prohíbe fumar</li><li>➤ Prohibido hacer fuego abierto dentro de la planta.</li><li>➤ Se prohíbe el paso de vehículos o personas no autorizadas</li><li>➤ Se prohíbe el paso a esta zona a personal no autorizado</li></ul>

<i><b>PREVENTIVAS</b></i>
<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Velocidad máxima 20 km/h.</li><li>➤ No opere sin la conexión puesta a tierra.</li><li>➤ Peligro gas inflamable.</li><li>➤ Apague el motor, radio y equipos eléctricos de su vehículo.</li><li>➤ Calzar el vehículo con tacos para inmovilizarlo en la carga y descarga.</li></ul>

Adicionalmente quedará prohibido el uso de armas de fuego, el ingreso de personas con lámparas de mano a base de combustible y de las lámparas eléctricas que no sean apropiadas para la atmósfera de gas inflamable.

Se prohibirá el ingreso de todo vehículo con motor de combustión interna desprovisto de mata chispas o silenciadores, o cuando estén deteriorados

para tal efecto existirá a la entrada de la planta un aviso indicando esta medida.

### 6.2.3 IDENTIFICACIONES

#### 6.2.3.1 TUBERÍAS

Todas las tuberías conductoras de GLP, aire, agua para consumo y contra incendio y para instalaciones eléctricas serán pintadas con colores de acuerdo a la NTP 399.009.

Color	Descripción
Rojo	Tubería de agua contra incendio
Amarillo ocre	GLP en fase gaseosa
Aluminio	GLP en fase líquida
Azul claro	Aire
Verde	Agua para consumo humano

#### 6.2.3.2 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

Los postes de protección de la zona de almacenamiento serán pintados en franjas alternadas y diagonales de color amarillo y negro con proporciones de acuerdo a la NTP 399.009.

#### 6.2.3.3 INSTALACIONES DE DESCARGA DE CORRIENTE ESTÁTICA

Todos los equipos que de una u otra forma produzcan acumulación de corriente estática, estarán protegidos con instalaciones a tierra; para tal efecto dichas instalaciones contarán con cable tipo AWG#2 que asegure una adecuada transmisión de

corriente estática a tierra, a través de una varilla de cobre de  $\frac{3}{4}$  de diámetro por 2,40 m de longitud; estas instalaciones tendrán una resistencia eléctrica de entre 5 y 8 ohms.

#### **6.2.4 EQUIPOS DE PROTECCIÓN**

En previsión de accidentes se ha considerado la utilización de los siguientes equipos de protección:

##### **6.2.4.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA**

Se contará con 4 equipos respirador buco-nasal con uno o dos cartuchos los que podrán ser de tipo químico (para gases o vapores), a utilizarse en el área de pintado y envasado.

##### **6.2.4.2 PROTECCIÓN AUDITIVA**

Se adquirirán 8 equipos de protección auditiva, para áreas donde los equipos generan ruidos por encima de los 90 decibeles (dB), los cuales se emplearán durante todo el tiempo de exposición al ruido.

##### **6.2.4.3 PROTECCIÓN PARA EL TRONCO**

La protección de esta parte del cuerpo será mediante el uso de overoles confeccionados especialmente para la protección del cuerpo.

##### **6.2.4.4 PROTECCIÓN PARA MANOS**

Será obligatorio que el personal de planta utilice guantes de cuero amarillo o cuero cromado, en operaciones diarias, así mismo, existirá un stock de los mismos en el almacén.

#### 6.2.4.5 PRIMEROS AUXILIOS

En la planta existirá un botiquín de primeros auxilios que contenga medicamentos para tratamientos de quemaduras graves, intoxicación por gases, hemorragias y hematomas.

### 6.3 PROTECCIÓN INDUSTRIAL

Dada la importancia que tendrá Kerogas en el ámbito económico y social de la provincia de Cerro Colorado, como planta envasadora de GLP y considerando que dentro de sus instalaciones aplica una tecnología compleja que involucra el uso de equipos, sistemas y materiales de elevado costo y de difícil reposición los cuales pueden ser objeto de acciones destructivas o de sustracciones sistemáticas, las actividades encaminadas a prevenir o controlar estas irregularidades son labor de la Protección Industrial.

#### 6.3.1 PROTECCIÓN INDUSTRIAL INTERNA

Dicha protección tiene como propósito la prevención y control de posibles robos, actos infidenciales y espionaje, sabotaje y disturbios, mediante un adecuado control de acceso de bienes y personas.

Para ello se designará personal de control interno que tendrá como labor el detectar y controlar toda acción perjudicial dentro de la planta.

#### 6.3.2 PROTECCIÓN INDUSTRIAL EXTERNA

El propósito de este tipo de protección es la prevención y control de

posibles atentados contra la propiedad y personal de la empresa por actos mal intencionados como vandalismo, secuestro, terrorismo, etc.

Envasadora Kerogas AQP Asociados S.R.Ltda. contará con un adecuado servicio de vigilancia y protección perimetral, para ello existirá una torre de vigilancia y una oficina de control de ingreso de personal.

Además se tomarán las siguientes medidas de seguridad:

- El control de ingreso de personas, tanto de la empresa como ajenas, será mediante el uso del carné de identificación (fotocheck) colocado en un lugar visible.
- Se dará a conocer las áreas críticas y se restringirá el acceso a las mismas, al personal no autorizado, tanto de la empresa como ajenas.
- Se respetará los dispositivos de control físico como: cercos, tranqueras, letreros, cerraduras, etc.

#### **6.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO.**

Se deberá hacer un mantenimiento preventivo a las instalaciones y accesorios de la Planta Envasadora Kerogas AQP Asociados S.R.Ltda., según un plan de acciones y frecuencias que se determinará de acuerdo a los instrumentos a monitorear<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup>Las acciones y frecuencias del mantenimiento preventivo se detalla en el cuadro N° 9

### CUADRO N° 9 RELACIÓN DE ACCIONES A REALIZAR PARA UN MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Operación	Frecuencia
Inspección y calibración de los instrumentos de medición, de alarmas de temperatura y de presencia de hidrocarburos	Mensual
Prueba manual del funcionamiento de los rociadores	Mensual
Prueba del buen funcionamiento del grupo electrógeno	Mensual
Inspección de extintores y verificación de su operatividad	Trimestral
Verificación del nivel en la cisterna de agua contra incendio y revisión de los reportes de dichos niveles.	Diario
Prueba del funcionamiento de la bomba contra incendio y de los hidrantes	Mensual
Calibración de las válvulas de seguridad	Anual
Inspección del buen estado de la pintura de tuberías y tanque de almacenamiento	Anual
Calibración de espesores en puntos críticos del tanque de GLP	Cada 2 años
Prueba hidrostática del tanque de almacenamiento de GLP	Cada 6 años

## **VII. EVALUACIÓN ECONÓMICA FINANCIERA**

En este capítulo se evaluará la rentabilidad del proyecto, se hará una descripción de la inversión inicial que requiere el proyecto donde se describirá al detalle el precio de todos los artículos que requiere la planta para su puesta en funcionamiento. También se determinará el costo de la mano de obra mensual que se requiere, se dará a conocer la estructura de precios del GLP y también el capital de trabajo así como el financiamiento que se requerirá para afrontar estos gastos.

Todos los precios se expresan en dólares americanos al tipo de cambio de \$ 1,00 = 3,48 soles.

### **7.1 INVERSIÓN FIJA**

La inversión fija está determinada por las obras civiles, terreno, tanque estacionario, accesorios, etc. Como se describe a continuación<sup>7</sup>:

INVERSIÓN FIJA	
CONCEPTO	TOTAL
Estudios pre-operativos	2500,00
Terreno	15050,00
Obras civiles	48908,31
Tanque de almacenamiento	36211,00
Equipos mecánicos	12120,00
Instalaciones mecánicas	4455,20
Cilindros	50550,00
Equipos de seguridad	14876,88
Otros equipos	12850,00
Equipo automotriz	14000,00
Muebles y encerados	1200,00
Total inversión fija	212721,39
Dirección y supervisión técnica (10% inv. Fija)	21272,14
Total	233993,53
IGV (18%)	42118,84
<b>TOTAL GENERAL</b>	<b>276112,37</b>

## 7.2 MANO DE OBRA Y SUELDOS

La mano de obra y sueldos estará determinada de acuerdo al personal necesario para el funcionamiento de la planta como se muestra a continuación:

Concepto	Cant.	Unit.	Total
Administrador	1	400,00	400,00
Contador	1	400,00	400,00
Asuntos Legales (externo)	1	300,00	300,00
Seguridad (exterior)	1	150,00	150,00
Secretaria	1	200,00	200,00
Operarios para llenado, pintura y reparaciones	6	200,00	1200,00
Personal de limpieza	1	130,00	130,00
Guardianes	3	130,00	390,00
Técnico	1	300,00	300,00
Choferes repartidores	2	200,00	400,00
Ayudantes de chofer	2	150,00	300,00
Beneficio Social, seguros (30% sueldo)			1251,00
<b>TOTAL MENSUAL</b>			<b>5421,00</b>
<b>TOTAL ANUAL</b>			<b>65052,00</b>

<sup>17</sup> El detalle de la inversión fija se encuentra en el cuadro N° 11

### 7.3 ESTRUCTURA DE PRECIOS

Se ha determinado que para ingresar al mercado con un precio competitivo la planta deberá tener un margen comercial de 40%, los distribuidores podrán tener hasta un margen de 10% en el precio de venta al público con lo que el precio de venta sugerido al público será:

Cilindro de 5 kg            14,46 soles

Cilindro de 10 kg        28,93 soles

Cilindro de 45 kg        130,18 soles

	S/. (kg)	S/. (galón)	\$ (galón)
Refinería La Pampilla	1,242	2,633	0,761
Impuesto Selectivo al consumo	0,270	0,572	0,165
<b>VALOR DE VENTA</b>	<b>1,512</b>	<b>3,205</b>	<b>0,926</b>
IGV (18%)	0,272	0,577	0,167
<b>PRECIO DE VENTA</b>	<b>1,512</b>	<b>3,205</b>	<b>0,926</b>
Flete	0,094	0,200	0,058
<b>PRECIO DE GLP PUESTO EN AREQUIPA</b>	<b>1,879</b>	<b>3,982</b>	<b>1,151</b>
Margen Comercial (40%)	0,751	1,593	0,460
<b>PRECIO DE VENTA A DISTRIBUIDORES</b>	<b>2,630</b>	<b>5,574</b>	<b>1,611</b>
Margen de distribuidor (10%)	0,263	0,557	0,161
<b>PRECIO DE VENTA AL PÚBLICO</b>	<b>2,893</b>	<b>6,132</b>	<b>1,772</b>

Fuente: Petróleos del Perú, [www.petroperu.com](http://www.petroperu.com)

### 7.4 CAPITAL DE TRABAJO

El capital de trabajo esta constituido por la compra de los primeros 10200 galones de GLP y el costo de la mano de obra del periodo en que se recuperará el valor de esta compra.

Tomando en cuenta que se venderá aproximadamente 2000 galones diarios entonces el tiempo que se necesitará para vender los 10200 galones será de 5 días.

### ***RETORNO DE LA INVERSIÓN EN MANO DE OBRA***

$$\frac{\text{sueldo total } x \text{ mes}}{30} x 5 \text{ dias} = \frac{5421}{30} x 5 = 903,50 \text{ dólares.}$$

### ***INVERSIÓN TOTAL EN MATERIA PRIMA***

$$\frac{1,151 \text{ dólares}}{\text{galon}} x 10200 \text{ galones} = 11738,19 \text{ dólares.}$$

Finalmente el capital de trabajo será 903,50 + 11738,19 dólares

**Capital de trabajo 12641,69 dólares.**

## **7.5 FINANCIAMIENTO**

Se financiará el 50% del costo del proyecto mediante un préstamo a un interés de 13% anual.

Por lo tanto la cantidad financiada será de:

$$\frac{\text{Inversión Inicial} + \text{Capital de trabajo}}{2}$$

Es decir  $\frac{233993,53 + 12641,69}{2} = 123317,61$  dólares, el cual se pagará en 5 años

con una aportación anual de 24663,52 mas el respectivo interés que variará de acuerdo a la deuda como se detalla a continuación:

AÑO	Aportación \$	Interés (13%)	TOTAL	DEUDA
0				123317,61
1	24663,52	16031,29	40694,81	98654,09
2	24663,52	12825,03	37488,55	73990,57
3	24663,52	9618,77	34282,30	49327,04
4	24663,52	6412,52	31076,04	24663,52
5	24663,52	3206,26	27869,78	0,00

## 7.6 COSTO DE OPORTUNIDAD

El costo de oportunidad dependerá única y exclusivamente del inversionista, este interés representa el rendimiento o retorno mínimo que se desea obtener, en términos reales. Para estimar el costo de oportunidad se debe tener en cuenta dos elementos, primero mantener la capacidad adquisitiva del inversionista traducido como el costo de oportunidad puro y los segundo es el posible fracaso del negocio que no será otra cosa que la prima por riesgo.

### COSTO DE OPORTUNIDAD PURO

Es una tasa de rendimiento libre de inflación y de riesgo, para su estimación se toma como referenciala tasa de interés que paga el Tesoro Norteamericano por sus bonos a 10 años, en la actualidad este interés asciende a 6% anual.

A este interés se le debe descontar una tasa de inflación esperada de 1,5% anual en dólares, con lo que tendremos un rendimiento real de 3,88% anual en términos corrientes.

## PRIMA POR RIESGO

Este valor esta conformado por dos tipos de riesgo:

Riesgo País; técnicamente el riesgo país se mide mediante la diferencia del valor del bono del tesoro norteamericano con los bonos soberanos que emite el estado peruano, actualmente es de 4%.

Riesgo Negocio; Dependerá del giro del negocio, se puede considerar equivalente a la prima por riesgo país, es decir 4%.

Por lo tanto, el costo de oportunidad real del potencial inversionista, se estima de la siguiente manera:

CONCEPTO	TASA ANUAL
<b>Costo de Oportunidad Puro</b>	
➤ Rendimiento Bonos (tasa nominal)	6,00%
➤ Inflación Esperada	3,00%
<b>Costo de Oportunidad Puro (Real)</b>	3,88%
<b>Prima por Riesgo</b>	
➤ Riesgo País	4,00%
➤ Riesgo negocio	5,00%
<b>Prima por Riesgo</b>	9,20%
<b>Costo de Oportunidad Esperado (Real)</b>	<b>13,44%</b>

## 7.7 DEPRECIACIÓN

De acuerdo al D.S. N° 043-95-EF las depreciaciones se computarán a partir del mes en que los bienes sean utilizados en la generación de rentas gravadas.

Los edificios y construcciones se deprecian a razón de 3% anual. Los demás bienes se depreciarán de acuerdo a:

- Maquinaria y equipo utilizados por las actividades mineras, petroleras y de construcción; excepto, muebles, enceres y equipos de oficina: vida útil 5 años; depreciación anual 20%
- Vehículos de transporte: vida útil 5 años; depreciación anual 20%
- Equipo de procesamiento de datos: vida útil 5 años, depreciación anual 20%
- Otros bienes de capital fijo: vida útil 10 años, depreciación anual 10%

Las construcciones se depreciarán en 30 años y para nuestro caso esto será de 1467,25 dólares por año y como el proyecto es a 10 años, entonces el valor de la construcción al finalizar el proyecto se calculará del siguiente modo:

Valor del terreno	:	\$ 15050,00
Valor de las obras civiles	:	\$ 48908,31
Depreciación anual	:	\$ 1467,25
Horizonte del proyecto	:	10 años
Depreciación acumulada en 10 años	:	\$ 14672,50
Valor al finalizar el proyecto	:	48908,31 + 15050,00 - 14672,50
Valor de la construcción al finalizar el proyecto:		\$ 49285,82

Año	Equipos Mecán.	Instalac. Mecán.	Equipos segurid	Otros Equipos	P.C.	Mueb.	Obras Civiles	Pipa	Tanque	Camión	Total
1	2424,00	891,04	2975,38	2570,00	180,00	30,00	1467,25		3621,10	2800,00	16958,77
2	2424,00	891,04	2975,38	2570,00	180,00	30,00	1467,25		3621,10	2800,00	16958,77
3	2424,00	891,04	2975,38	2570,00	180,00	30,00	1467,25	9000,00	3621,10	2800,00	25958,77
4	2424,00	891,04	2975,38	2570,00	180,00	30,00	1467,25	9000,00	3621,10	2800,00	25958,77
5	2424,00	891,04	2975,38	2570,00	180,00	30,00	1467,25	9000,00	3621,10	2800,00	25958,77
6						30,00	1467,25	9000,00	3621,10		14118,35
7						30,00	1467,25	9000,00	3621,10		14118,35
8						30,00	1467,25		3621,10		5118,35
9						30,00	1467,25		3621,10		5118,35
10						30,00	1467,25		3621,10		5118,35

## 7.8 INGRESOS

El ingreso esta dado por la venta del gas envasado en sus tres presentaciones de 5, 10 y 45 kg. Se ha determinado que en promedio un distribuidor vende al día 3 cilindros de 5 kg, 8 cilindros de 10 kg y 3 cilindros de 45 kg, Considerando que se tendrán 10 distribuidores para estos productos y 10 distribuidores adicionales sólo para cilindros de 10 kg entonces mensualmente se venderá:

$$10 \times 3 \times 30 = 900 \text{ cilindros de 5 kg}$$

$$20 \times 8 \times 30 = 4800 \text{ cilindros de 10 k}$$

$$10 \times 3 \times 30 = 900 \text{ cilindros de 45 kg.}$$

De este cálculo deducimos entonces que mensualmente se venderá:

Cilindro	Número de cilindros	Cantidad de GLP (kg)	Volumen en galones ( $\delta_{\text{gas}}=0,4718 \text{ kg/galón}$ )
5 kg	900	4500	2123,10
10 kg	4800	48000	22646,40
45 kg	900	40500	19107,90
Total de galones vendidos al mes			43877,40

Y como en la empresa Kerogas los días laborables serán de Lunes a Viernes haciendo un total de 22 laborables al mes, entonces para cubrir esa demanda se requerirá envasar:

$$\frac{900 \text{ cilindros}}{22 \text{ días}} = 40,9 \approx 41 \text{ cilindros de 5 kilogramos}$$

$$\frac{4800 \text{ cilindros}}{22 \text{ días}} = 218,18 \approx 219 \text{ cilindros de 10 kilogramos}$$

$$\frac{900 \text{ cilindros}}{22 \text{ días}} = 40,9 \approx 41 \text{ cilindros de 45 kilogramos}$$

Se estima un crecimiento anual de 10% en el 2do año, 15% en los siguientes 2 años, 10% en el 5to año, 5% en los 3 años siguientes y 2% en los 2 últimos años.

Por efecto del crecimiento del mercado durante el primer y segundo año se tendrá que comprar materia prima cada 3 días, del tercer al sexto año cada 2 días y del séptimo al décimo año diariamente, esto porque se debe contar con una reserva de GLP de 2000 galones aproximadamente para dos días de trabajo adicional como prevención a cualquier falla por parte del proveedor; es por esta razón que se ha considerado la compra de un camión tanque (pipa) de 4000 galones (en volumen de agua) con lo que la reserva de GLP en la planta se extenderá dos días adicionales.

La pipa tendrá un costo de 45000 dólares. Es necesario señalar que el camión será adquirido de segunda mano a un precio aproximado de 12000 dólares y el tanque con sus accesorios tendrá un costo de 23000 dólares.

La proyección de los ingresos por concepto de ventas se muestra a continuación:

Año	Volumen de ventas (galones)	Ingreso por ventas	Costo GLP Planta Arequipa	Flete	Margen Comercial Planta	IGV margen Comercial
1	526504,50	848263,83	575468,95	30433,79	242361,09	43625,00
2	579154,95	933090,21	633015,84	33477,16	266597,20	47987,50
3	666028,19	1073053,74	727968,22	38498,74	306586,78	52786,25
4	765932,42	1234011,80	837163,45	44273,55	352574,80	58064,87
5	842525,66	1357412,98	920879,80	48700,91	387832,28	63871,36
6	884651,95	1425283,63	966923,79	51135,95	407223,90	67064,93
7	928884,55	1496547,81	1015269,98	53692,75	427585,09	70418,17
8	975328,77	1571375,21	1066033,48	56377,39	448964,34	73939,08
9	994835,35	1602802,71	1087354,14	57504,93	457943,63	75417,86
10	1014732,06	1634858,76	1109101,23	58655,03	467102,50	76926,22

## 7.9 FLUJO DE CAJA PROYECTADO

Para calcular el flujo de caja proyectado se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Venta de GLP en el primer año    526504,50 galones
- Inversión Inicial                      276112,37 Dólares
- Vida útil                                  10 años
- Tasa de descuento                    15%
- Plazo de depreciación                10 años
- Capital de trabajo inicial            12641,69
- Tasa de crecimiento                  10, 15, 15, 10, 5, 5, 5, 2, 2

**CUADRO N° 10 FLUJO DE CAJA PROYECTADO**

<b>Años</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de Capital											
Inversión Inicial	-276112,37			-45000,00							
Capital de trabajo	-12641,00	-1264,17	-1390,59	-2294,47	-2638,64	-2022,95	-1112,62	-1168,26	-1226,67	-515,20	
Recuperación Capital de Trabajo											26275,25
Valor de rescate maq. y obras											49285,82
IGV. Venta de activos											-8871,45
<b>TOTAL FLUJO DE CAPITAL</b>	<b>-288754,05</b>	<b>-1264,17</b>	<b>-1390,59</b>	<b>-47294,47</b>	<b>-2638,64</b>	<b>-2022,95</b>	<b>-1112,62</b>	<b>-1168,26</b>	<b>-1226,67</b>	<b>-515,20</b>	<b>66689,62</b>
<b>FLUJO OPERATIVO</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
<b>INGRESOS</b>											
Ingreso venta de GLP		848263,83	933090,21	1073053,74	1234011,80	1357412,98	1425283,63	1496547,81	1571375,21	1602802,71	1634858,76
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>848263,83</b>	<b>933090,21</b>	<b>1073053,74</b>	<b>1234011,80</b>	<b>1357412,98</b>	<b>1425283,63</b>	<b>1496547,81</b>	<b>1571375,21</b>	<b>1602802,71</b>	<b>1634858,76</b>
<b>EGRESOS</b>											
<b>Costos Variables</b>											
Costo GLP planta de abastecimiento		575468,95	633015,84	727968,22	836163,45	920879,80	966923,79	1015269,98	1066033,48	1087354,14	1109101,23
Flete		30433,79	33477,16	38498,74	44273,55	48700,91	51135,95	53692,75	56377,39	57504,93	58655,03
Otros (mantenim, pintura)		3000,00	3300,00	3795,00	4364,25	4800,68	5040,71	5292,74	5557,38	5668,53	5781,90
IGV sobre margen de operaciones		43625,00	47987,50	52786,25	58064,87	63871,36	67064,93	70418,17	73939,08	75417,86	76926,22
<b>Costo Fijo</b>											
Mano de obra		65052,00	71557,20	82290,78	94634,40	104097,84	109302,73	114767,86	120506,26	122916,38	125374,71



**CUADRO N° 11 DETALLE DE INVERSIÓN FIJA**

<b>INVERSIÓN FIJA</b>					
<b>ESTUDIOS PRE-OPERATIVOS</b>	Cant	unitario	Parcial	Total	%
Estudio de Mercados Ingeniería del Proyecto y EIA			2500,00	<b>2500,00</b>	<b>0,89</b>
<b>TERRENO</b>					
Terreno	1505	10,0	15050,00		
				<b>15050,00</b>	<b>5,45</b>
<b>OBRAS CIVILES</b>					
Edificación			20757,47		
Cisterna de agua de 92,00 m <sup>3</sup>			2201,33		
Cerco perimétrico			7456,45		
Plataforma de llenado de cilindros			6524,43		
Zona de tanque estacionario			1153,61		
Instalaciones sanitarias			2926,97		
Instalaciones eléctricas			1957,44		
Techo estructural			3940,00		
Puertas			916,44		
Ventanas			1074,17		
				<b>48908,31</b>	<b>17,71</b>
<b>TANQUE DE ALMACENAMIENTO</b>					
1 tanque de 12000 gal con instrumentos			36211,00		
				<b>36211,00</b>	<b>13,11</b>
<b>EQUIPOS MECÁNICOS</b>					
Bomba blackmer con su motor	3	2540	7620,00		
Balanzas semi-automáticas de llenado	4	700	2800,00		
Balanza de re-pesaje	1	1700	1700,00		
				<b>12120,00</b>	<b>4,39</b>
<b>INSTALACIONES MECÁNICAS</b>					
Línea y válvula para GLP			4000,00		
Manguera Dayco para GLP	5	7,20	36,00		
Adaptador manual de llenado	5	9,85	49,25		
Adaptador de llenado M pool x 1/4" MNPT x 6"	5	10,89	54,45		
Válvula de cierre rápido de 1/2"	5	46,10	230,50		
Línea para aire			85,00		
				<b>4455,20</b>	<b>1,61</b>
<b>CILINDROS</b>					
Cilindros de 5 kg	200	9,75	1950,00		
Cilindros de 10 kg	2000	9,5	19000,00		
Cilindros de 45 kg	400	74	29600,00		
				<b>50550,00</b>	<b>18,31</b>

<b>EQUIPOS DE SEGURIDAD</b>					
Extintores de 50 kg	2	315	630,00		
Extintores de 13,6 kg tipo BC	14	50	700,00		
Extintores de 13,6 kg tipo ABC	2	50	100,00		
Gabinetes contra incendio y mangueras	2	280	560,00		
Detectores de presencia de gases	3	1326	3978,00		
Explosímetro	1	1510	1510,00		
Rociadores star sprinkler	17	15	255,00		
Trajes aluminizados de aproximación al fuego	2	1000	2000,00		
Línea de agua contra incendio	112,32	43,70	4908,38		
Protector Buco Nasal	3	7,50	22,50		
Guantes	10	2	20,00		
Overoles	10	16,50	165,00		
Protectores para el oído	8	3,50	28,00		
				<b>14876,88</b>	<b>5,39</b>
<b>OTROS EQUIPOS</b>					
Equipo para pintado de cilindros			1860,00		
Grupo electrógeno de 20 kw			10990,00		
				<b>12850,00</b>	<b>4,65</b>
<b>EQUIPO AUTOMOTRIZ</b>					
Camión repartidor	2	7000	14000,00		
				<b>14000,00</b>	<b>5,07</b>
<b>MUEBLES Y ENCERES</b>					
muebles y encerados			300,00		
Equipos de Oficina (computador)			900,00		
				<b>1200,00</b>	<b>0,43</b>
<b>TOTAL INVERSIÓN FIJA</b>				<b>212721,39</b>	<b>77,04</b>
<b>Dirección y Supervisión técnica (10% inv. Fija)</b>			21272,14		
<b>TOTAL</b>				<b>233993,53</b>	<b>84,75</b>
<b>IGV (18%)</b>				<b>42118,84</b>	<b>15,25</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>				<b>276112,37</b>	<b>100,00</b>

## CONCLUSIONES

- La contaminación atmosférica que podría generarse en el distrito de Cerro Colorado como consecuencia de las operaciones diarias de almacenamiento y envasado por parte de Envasadora Kerogas AQP Asociados S.R.Ltda. es casi nula e insignificante.
- La operación de la Envasadora Kerogas AQP Asociados S.R.Ltda. promoverá el uso alternativo de GLP como combustible, en sustitución del kerosene, D2 y sobre todo la leña; lo cual contribuirá a preservar los recursos naturales y disminuirá la depredación de los árboles de la zona.
- Ninguna empresa esta libre de incendios, accidentes, etc. para ello el Estudio de Riesgos ha planificado un eficaz sistema contra incendios y propuesto equipos de seguridad necesarios para contrarrestar cualquier emergencia a presentarse.
- El sistema de organización propuesto en el plan de contingencias y las acciones de respuesta a ejecutar a fin de superar con éxito toda situación de riesgo, ha considerado las disposiciones de defensa civil y la reglamentación vigente.
- El periodo de recuperación total según el análisis económico realizado es de 6 años cuando el 50% de la inversión es financiada.

## RECOMENDACIONES

- La empresa debería suscribir un convenio con el Cuerpo de Bomberos de la ciudad de Arequipa, con la finalidad de dar entrenamiento al personal para hacer frente a las contingencias en casos de incendios, derrames o sismos.
- Realizar el monitoreo de los parámetros ambientales propuesto en el plan de manejo ambiental, que permitirá verificar que los posibles contaminantes se encuentren dentro de los límites permisibles.
- Se deberá construir e instalar el sistema contra incendios descrito en el capítulo de Estudio de Riesgos.
- Realizar un mantenimiento periódico de todas las instalaciones con la finalidad de que se encuentre en buen estado de operatividad ante cualquier emergencia, como se indica en el cuadro N° 9.
- Promover y difundir el plan de contingencias desarrollando reuniones con el personal de la empresa, así mismo simulacros de incendio, a fin de que se conozca la organización y las acciones de respuesta en caso de producir una emergencia. Es necesario recalcar que los simulacros de emergencia deberán hacerse sin la presencia del fuego.
- Se recomienda financiar el proyecto en su integridad.

## BIBLIOGRAFÍA

SAPAG CHAIN, Nassir y Reynaldo SAPAG CHAIN. Preparación Y Evaluación De Proyectos. 2ª Edición. Bogotá, Editorial Mc Graw Hill Latinoamericana S.A. 1989, 390 páginas.

ANDRADE Simón y Fernando CARVAJAL. Evaluación Empresarial. 1ª Edición. Lima, Editorial Lucero. 1994, 298 páginas.

Oil and gas Journal, 1998, vol 96, n° 23

RODRÍGUEZ MACEDO, Mario. Diseño de Instalaciones Eléctricas en Residencias. Lima, WH Editores. 1989. 180 páginas.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Decreto Supremo 27-94-EM. Reglamento de Seguridad para instalaciones y Transportes de Gas Licuado de Petróleo. Lima, 1994.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Decreto Supremo 01-94-EM, Reglamento para la comercialización de Gas Licuado de Petróleo. Lima, 1994.

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. Guía Para La Elaboración De Estudios De Impacto Ambiental, Dirección general de Asuntos ambientales del Ministerio de Energía y Minas.

GRUPO S10. Costos Para la Industria de la Construcción, 64ava Edición. Lima, 2002, 118 páginas.

WEITZENFELD, Henyk. Evaluación del Impacto en el ambiente y la Salud, 2º Edición. México, Organización Mundial de la Salud. 1996, 279 páginas.

## ANEXO N° 8 CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA DEL SISTEMA DE ROCIADORES PARA ENFRIAMIENTO DEL TANQUE Y DEL SISTEMA CONTRA INCENDIOS

### I. POTENCIA DE LA BOMBA PARA ROCIADORES DE ENFRIAMIENTO (P)

Para la determinación de la potencia del motor de la bomba que será empleado en el suministro de agua para los rociadores de enfriamiento del tanque de almacenamiento estacionario, se aplicará la siguiente fórmula:

$$P_{teorica} = H_B \times \rho \times g \times Q_T$$

Considerando que en las operaciones existen rangos de eficiencia, se determinará por tanto, la potencia real, considerando lo siguiente:

$$P_{real} = \frac{P_{teorica}}{(\%)}$$

Donde: % = eficiencia

Para nuestro caso la eficiencia será del 85%

Luego evaluando los datos disponibles se tiene:

$H_B$  = Altura dinámica (carga de trabajo de la bomba)

$\rho$  = Densidad del agua

$g$  = coeficiente de gravedad

$Q_T$  = Caudal total de refrigeración

De estos datos se determinarán el caudal total de refrigeración ( $Q_T$ ) y la altura dinámica o carga de trabajo de la bomba ( $H_B$ ).

#### I. CAUDAL TOTAL DE REFRIGERACIÓN ( $Q_T$ )

Para la determinación del caudal total de refrigeración, se considerará el caudal obtenido para un rociador por el número de rociadores requeridos para enfriar el tanque de 12000 galones.

$Q_T$  = Caudal de un rociador x Número de rociadores requeridos

$Q_T = 6,57 \text{ gpm/rociador} \times 17 \text{ rociadores} = 111,69 \text{ gpm}$

$Q_T = 0,00705 \text{ m}^3/\text{seg}$

## 2. ALTURA DINÁMICA O CARGA DE TRABAJO DE LA BOMBA ( $H_B$ )

Para la determinación de la altura dinámica se empleará la fórmula siguiente:

$$H_B = h_{f_{total}} + \left[ \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \right] - \left[ \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 \right]$$

donde:

$h_{f_{total}}$  : Pérdida de carga

$P_2$  : Presión en la salida del rociador = 30 psi = 206841 N/m<sup>2</sup>

$V_2$  : Velocidad de flujo de agua a la salida de los rociadores

$Z_2$  : Altura de rociadores respecto a la bomba = 2,20 m

$P_1$  : Presión en el nivel de toma de agua en la cisterna = 0,00 psi

$V_1$  : Velocidad de flujo de agua en la cisterna = 0,00 m/seg

$Z_1$  : Altura toma de agua en cisterna respecto a bomba = -2,45 m

$\rho$  : Densidad del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$g$  : Coeficiente de gravedad = 9,8 m/seg<sup>2</sup>

Para el cálculo correspondiente, se requiere determinar previamente, la velocidad de flujo de agua a la salida de los rociadores (rociador mas alejado de la bomba) [ $V_2$ ] y la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería [ $h_{f_{total}}$ ]

### 2.1 Cálculo de la velocidad del flujo de agua a la salida del rociador mas alejado de la bomba [ $V_2$ ].

Para el cálculo de la velocidad de flujo de agua a la salida del rociador se empleará la siguiente fórmula.

$$Q = AxV_2$$

donde:

$Q$  : Caudal en el extremo del rociador (0,00705 m<sup>3</sup>/seg)

$A$  : Sección interna de la tubería

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,141592 \cdot 1,5^2}{4} = 1,178097 \text{ pulg}^2$$

$$A = 0,00114 \text{ m}^2$$

$V_2$  : Velocidad de flujo de agua

$$V_2 = \frac{0,00705}{0,00114} = 6,1799 \text{ m/seg}$$

## 2.2 Cálculo de la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería [ $h_{f_{total}}$ ]

Para la determinación de la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería se empleará la siguiente fórmula:

$$h_{f_{TOTAL}} = \frac{(f \cdot L_{eq} \cdot V_2^2)}{2Dg}$$

donde:

f : Coeficiente de fricción

$L_{eq}$  : Longitud equivalente

D : Diámetro interior de la tubería =  $1 \frac{1}{2} = 0,0381$  m

$V_2$  : Velocidad de flujo de agua del rociador = 6,1799 m/seg

G : Coeficiente de gravedad = 9,8 m/seg<sup>2</sup>

Para conocer la pérdida de carga total, se requerirá determinar previamente, tanto el coeficiente de fricción de la tubería como la longitud equivalente de la tubería de suministro de agua a los rociadores, que son datos aún sin determinar.

### 2.2.1 Cálculo del coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción (f) se determinará a partir de nomograma “Factor de fricción en función del número de Reynolds con Rugosidad Relativa como parámetro”<sup>1</sup>, para lo cual se necesita conocer previamente, tanto el número de Reynolds ( $N_{RE}$ ), como la rugosidad relativa  $\left(\frac{E}{D}\right)$  de la tubería.

#### 2.2.1.1 Cálculo del número de Reynolds [ $N_{RE}$ ]

Para el cálculo del número de Reynolds se empleará la siguiente fórmula:

---

<sup>1</sup> Ver anexo 9

$$N_{RE} = \frac{D \cdot V_2 \cdot \rho}{\mu}$$

De donde:

D : Diámetro interior de la tubería

V<sub>2</sub> : Velocidad del agua del rociador

ρ : Densidad del agua

μ : Viscosidad = 0,001 cp (centipoise)

$$N_{RE} = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 6,175 \text{ m/seg} \cdot 0,0381 \text{ m}}{0,001 \text{ cp}}$$

$$N_{RE} = 235457,09$$

### 2.2.1.2 Cálculo de la rugosidad relativa $\left(\frac{E}{D}\right)$

La rugosidad relativa  $\left(\frac{E}{D}\right)$  se determina a partir del nomograma “Rugosidad Relativa en función del diámetro para tubos de varios materiales”<sup>2</sup>.

Considerando que para suministrar agua a los rociadores, se empleara tuberías de acero comercial se observa:

$$\left(\frac{E}{D}\right) \cong 0,001$$

Con los datos obtenidos para el N<sub>RE</sub> y la  $\left(\frac{E}{D}\right)$  se emplea el nomograma para los coeficientes de fricción, observando que:

$$f = 0,021$$

### 2.2.2 Cálculo de la longitud equivalente (L<sub>eq</sub>)

La longitud equivalente de la tubería esta comprendido por la longitud de la tubería lineal y la longitud equivalente de los accesorios que

---

<sup>2</sup> Ver anexo 10

participan en la línea de suministro de agua.

$$L_{eq} = L + L_{eq. acc}$$

$$L : \text{ Longitud de tubería lineal} = 73,05 \text{ m}$$

Para la longitud equivalente de accesorios ( $L_{eq. acc}$ ) se consideran entre 14 accesorios (codos de  $90^\circ$ ), por lo que, la longitud equivalente de un accesorio se determina a partir de:

$$L_{eq. 1 acc} = L \times D$$

$$L_{eq. 1 acc} = 73,05 \times 0,0381 = 2,783 \text{ m/accesorio}$$

Por lo tanto la longitud equivalente de todos los accesorios (14) será:

$$2,783 \text{ m/accesorio} \times 14 \text{ accesorios} = 38,96 \text{ m}$$

Luego, la longitud equivalente total será:

$$L_{eq} = 73,05 + 38,96 = 112,01 \text{ m}$$

Con todos estos datos se determinará la pérdida de carga total ( $h_{f_{total}}$ )

$$h_{f_{total}} = \frac{(f \cdot L_{eq} \cdot V_2^2)}{2Dg}$$

$$h_{f_{total}} = \frac{(0,021 \cdot 112,01 \cdot 6,179^2)}{2 \cdot 0,0381 \cdot 9,8}$$

$$h_{f_{total}} = 120,31 \text{ m}$$

Con todos estos datos, se determinará la altura dinámica o carga de trabajo de la bomba ( $H_B$ ), a partir de la siguiente fórmula, en la que se han excluido las variables con valor cero y se ha acondicionado las expresiones para un mejor entendimiento.

$$H_B = h_{f_{total}} + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 - Z_1$$

Reemplazando los siguientes datos:

$$h_{f_{total}} = 91,40 \text{ m}$$

$$P_2 = 206841 \text{ kg.m/seg}^2$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/seg}^2$$

$$V_2 = 6,175 \text{ m/seg}$$

$$Z_2 = 2,20 \text{ m}$$

$$Z_1 = -2,45 \text{ m}$$

$$H_B = 120,31 \text{ m} + \left( \frac{206841 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{seg}^2}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} \right) + \left( \frac{\left(6,175 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}\right)^2}{2 \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2}} \right) + (2,20 \text{ m} - (-2,45 \text{ m}))$$

$$\therefore H_B = 148,01 \text{ m}$$

### CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA (P)

$$P = H_B \cdot r \cdot g \cdot Q$$

$$P = 148,01 \text{ m} \cdot 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{seg}^2} \cdot 0,007 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

$$P = 10219,892 \frac{\text{Kg} \cdot \text{m}^2}{\text{seg}^3}$$

Potencia teórica de la bomba

Considerando la equivalencia de 1 HP = 745 W

$$HP = \frac{10219,892}{745} = 13,72$$

Eficiencia de la Bomba = 85,00 %

Potencia real de la bomba:

$$HP_{real} = \frac{13,72}{0,85} = 16,13$$

Por lo tanto la potencia teórica del motor de la bomba sería el inmediato superior (17,5 HP) pero como siempre se da un margen de error entonces se tendrá que escoger un motor mas grande, es decir una bomba con un motor de 20 HP de potencia.

## II. POTENCIA DE LA BOMBA PARA GABINETES CONTRA INCENDIO (P)

Aplicando la misma fórmula y siguiendo el mismo procedimiento del numeral anterior, podemos determinar la potencia del motor de la bomba que será empleado en el suministro de agua contra incendio.

$$P_{teorica} = H_B \times \rho \times g \times Q_T$$

Considerando que en las operaciones existen rangos de eficiencia, se determinará por tanto, la potencia real, considerando lo siguiente:

$$P_{real} = \frac{P_{teorica}}{(\%)}$$

Donde: % = eficiencia

Al igual que el caso anterior la eficiencia será del 85%

Luego evaluando los datos disponibles se tiene:

$H_B$  = Altura dinámica (carga de trabajo de la bomba)

$\rho$  = Densidad del agua

$g$  = coeficiente de gravedad

$Q_T$  = Caudal total de manguera contra incendio.

De estos datos se determinarán el caudal total de agua contra incendio ( $Q_T$ ) y la altura dinámica o carga de trabajo de la bomba ( $H_B$ ).

### 1. CAUDAL TOTAL DE AGUA CONTRA INCENDIO ( $Q_T$ )

Para la determinación del caudal total de agua contra incendio, se considerará el caudal obtenido para una manguera por el número de mangueras requeridas para atención de emergencias al interior de la planta envasadora.

$Q_T$  = Caudal de una manguera x Número de mangueras requeridas

$Q_T = 125 \text{ gpm/manguera} \times 2 \text{ mangueras} = 250 \text{ gpm}$

$Q_T = 0,0158 \text{ m}^3/\text{seg}$

## 2. ALTURA DINÁMICA O CARGA DE TRABAJO DE LA BOMBA ( $H_B$ )

Para la determinación de la altura dinámica se empleará la fórmula siguiente:

$$H_B = h_{f_{total}} + \left[ \left( \frac{P_2}{\rho g} \right) + \left( Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) \right] - \left[ \left( \frac{p_1}{\rho g} \right) + \left( Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right) \right]$$

donde:

$h_{f_{total}}$  : Pérdida de carga

$P_2$  : Presión en salida de manguera = 75 psi = 517102,5 N/m<sup>2</sup>

$V_2$  : Velocidad de flujo de agua a la salida de la manguera

$Z_2$  : Altura de gabinetes respecto a la bomba = 1,00 m

$P_1$  : Presión en nivel toma de agua en cisterna = 0,00 psi

$V_1$  : Velocidad de flujo de agua en la cisterna = 0,00 m/seg

$Z_1$  : Altura toma de agua en cisterna respecto a bomba = -2,45 m

$\rho$  : Densidad del agua = 1000 kg/m<sup>3</sup>

$g$  : Coeficiente de gravedad = 9,8 m/seg<sup>2</sup>

Para el cálculo correspondiente, se requiere determinar previamente, la velocidad de flujo de agua a la salida de la manguera (manguera mas alejada de la bomba) [ $V_2$ ] y la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería [ $h_{f_{total}}$ ]

### 2.1 Cálculo de la velocidad del flujo de agua a la salida de la manguera mas alejada de la bomba [ $V_2$ ].

Para el cálculo de la velocidad de flujo de agua a la salida de la manguera se empleará la siguiente fórmula:

$$Q = AxV_2$$

donde:

$Q$  : Caudal en el extremo de la manguera

A : Sección interna de la tubería (m<sup>2</sup>)

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{3,141592 \cdot 2,5''}{4} = 1,963495 \text{ pulg}^2$$

$$A = 0,003167 \text{ m}^2$$

V<sub>2</sub> : Velocidad de flujo de agua

$$V_2 = \frac{0,0158}{0,003167} = 4,989 \text{ m/seg}$$

## 2.2 Cálculo de la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería $[h_{f_{total}}]$

Para la determinación de la pérdida de carga en el recorrido del agua por la tubería se empleará la siguiente fórmula:

$$h_{f_{total}} = \frac{(f \cdot L_{eq} \cdot V_2^2)}{2 \cdot D \cdot g}$$

donde:

f : Coeficiente de fricción

L<sub>eq</sub> : Longitud equivalente

D : Diámetro interior de la tubería = 2 1/2 = 0,0635 m

V<sub>2</sub> : Velocidad de flujo de agua del rociador = 4,9798 m/seg

G : Coeficiente de gravedad = 9,8 m/seg<sup>2</sup>

Para conocer la pérdida de carga total, se requerirá determinar previamente, tanto el coeficiente de fricción de la tubería como la longitud equivalente de la tubería de suministro de agua a los rociadores, que son datos aún sin determinar.

### 2.2.1 Cálculo del coeficiente de fricción

El coeficiente de fricción (f) se determinará a partir de nomograma “Factor de fricción en función del número de Reynolds con rugosidad relativa como parámetro”<sup>3</sup>, para lo cual se necesita conocer previamente, tanto el número de Reynolds (N<sub>RE</sub>), como la rugosidad relativa  $\left(\frac{E}{D}\right)$  de la tubería.

---

<sup>3</sup> Ver anexo 9

### 2.2.1.1 Cálculo del número de Reynolds [ $N_{RE}$ ]

Para el cálculo del número de Reynolds se empleará la siguiente fórmula:

$$N_{RE} = \frac{D \cdot V_2 \cdot \rho}{\mu}$$

De donde:

D : Diámetro interior de la tubería:  $2 \frac{1}{2} \cong 0,0635$  m

$V_2$  : Velocidad del agua de la manguera: 4,989 m/seg

$\rho$  : Densidad del agua: 1000 kg/m<sup>3</sup>

$\mu$  : Viscosidad = 0,001 cp (centipoise)

$$N_{RE} = \frac{1000 \text{kg} / \text{m}^3 \cdot 4,9798 \text{m} / \text{seg} \cdot 0,0635 \text{m}}{0,001 \text{cp}}$$

$$N_{RE} = 316219,57$$

### 2.2.1.2 Cálculo de la rugosidad relativa $\left(\frac{E}{D}\right)$

La rugosidad relativa  $\left(\frac{E}{D}\right)$  se determina a partir del nomograma “Rugosidad Relativa en función del diámetro para tubos de varios materiales”<sup>4</sup>.

Considerando que para suministrar agua contra incendio, se empleará tubería de acero comercial, se observa:

$$\left(\frac{E}{D}\right) = 0,0007$$

Con los datos obtenidos para el  $N_{RE}$  y la  $\left(\frac{E}{D}\right)$  se emplea el nomograma para los coeficientes de fricción observando que:

$$f = 0,019$$

### 2.2.2 Cálculo de la longitud equivalente ( $L_{eq}$ )

---

<sup>4</sup> Ver anexo 10

La longitud equivalente de la tubería esta comprendido por la longitud de la tubería lineal y la longitud equivalente de los accesorios que participan en la línea de suministro de agua contra incendio, siendo estos:

$$L_{eq} = L + L_{eq. acc}$$

L : Longitud de tubería lineal = 82,15 m

Para la longitud equivalente de accesorios ( $L_{eq. acc}$ ) se consideran entre 6 accesorios (codos de 90°), por lo que, la longitud equivalente de un accesorio se determina a partir de:

$$L_{eq. 1 acc} = L \times D$$

$$L_{eq. 1 acc} = 82,15 \text{ m} \times 0,0635 = 5,216 \text{ m/accesorio}$$

Por lo tanto la longitud equivalente de todos los accesorios (6) será:

$$L_{eq. 1 acc} = 31,29 \text{ m}$$

Luego, la longitud equivalente total será:

$$L_{eq} = 82,15 + 31,29 = 113,44$$

Con todos estos datos se determinará la pérdida de carga total ( $h_{f_{total}}$ )

$$h_{f_{total}} = \frac{(f \cdot L_{eq} \cdot V_2^2)}{2Dg}$$

$$h_{f_{total}} = \frac{(0,019 \cdot 113,45 \cdot 4,979^2)}{2 \cdot 0,0635 \cdot 9,8}$$

$$h_{f_{total}} = 42,949 \text{ m}$$

Con todos estos datos, se determinará la altura dinámica o carga de trabajo de la bomba ( $H_B$ ), a partir de la siguiente fórmula, en la que se han excluido las variables con valor cero y se ha acondicionado las expresiones para un mejor entendimiento.

$$H_B = hf_{total} + \frac{P_2}{r \cdot g} + \frac{V_2^2}{2 \cdot g} + Z_2 - Z_1$$

Reemplazando los siguientes datos:

$$h_{f_{total}} = 41,25 \text{ m}$$

$$P_2 = 517102,5 \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/seg}^2$$

$$V_2 = 4,989 \text{ m/seg}$$

$$Z_2 = 1,00 \text{ m}$$

$$Z_1 = -2,45 \text{ m}$$

$$\therefore H_B = 68,77 \text{ m}$$

### **CÁLCULO DE LA POTENCIA DE LA BOMBA (P)**

$$P = H_B \cdot \rho \cdot g \cdot Q$$

$$P = 68,77 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 9,8 \text{ m/seg}^2 \cdot 0,0158 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$P = 10628,737 \frac{Kg \cdot m^2}{seg^3}$$

Potencia teórica de la bomba

Considerando la equivalencia de 1 HP = 745 W

$$HP = \frac{10628,737}{745} = 14,27$$

Eficiencia de la Bomba = 85,00 %

Potencia real de la bomba:

$$HP_{REAL} = \frac{14,27}{0,85} = 16,78$$

Al igual que para los rociadores de enfriamiento del tanque estacionario para este caso la potencia teórica del motor de la bomba sería el inmediato superior (17,5 HP) pero como siempre se da un margen de error entonces se tendrá que escoger un motor mas grande, es decir una bomba con un motor de 20 HP de potencia.