UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PETROQUÍMICA

TESIS

ESTUDIO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP PARA EL CENTRO DE SALUD DE OCUTUAN – CHINCHERO-CUSCO (ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD)

PRESENTADO POR:

BACH. APUMAYTA ROJAS OSHIRO ALEJANDRA

BACH. CUSIHUAMAN CCOLQQUE SHIRLEY MILAGROS

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO PETROQUÍMICO

ASESOR:

MAG. URIEL RAÚL FERNÁNDEZ BERNAOLA

CUSCO - PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: .....
"ESTUDIO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP PARA EL CENTRO DE SALUD DE OCUTUAN - CHINCHERO - CUSCO" (ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD)

Presentado por: Oshiro Alejandro Apumayta Rojas DNI N° 74318554
presentado por: Shirley Milagros Cusihuaman Ccolque DNI N°: 72318443
Para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Petroquímico

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del ***Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC*** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 7 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** las primeras páginas del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 12 de AGOSTO de 2025

.....
Firma
Post firma Uriel Raul Fernandez Bernaola
Nro. de DNI 43130855
ORCID del Asesor 0000-0002-9386-702X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:482205509

APUMAYTA R. - CUSIHUAMAN C.

ESTUDIO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP PARA EL CENTRO DE SALUD DE OCUTUAN – CHINCHERO-CUSCO (ESTU

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:482205509

Fecha de entrega
12 ago 2025, 11:53 a.m. GMT-5

Fecha de descarga
12 ago 2025, 11:59 a.m. GMT-5

Nombre de archivo
ESTUDIO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP PARA EL CENTRO DE SALUD DE OCUTUAN – CHI....pdf

Tamaño de archivo
13.5 MB

264 Páginas

45.181 Palabras

234.650 Caracteres

7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Fuentes principales

6%	Fuentes de Internet
1%	Publicaciones
3%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

PRESENTACION

Señor Decano de la Facultad de Ingeniería de Procesos:

En cumplimiento con lo establecido en el Reglamento de Grados y Títulos vigente de nuestra Facultad, tenemos el honor de presentar la tesis titulada: **"ESTUDIO DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP PARA EL CENTRO DE SALUD DE OCUTUAN – CHINCHERO-CUSCO (ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD)",** con la finalidad de optar el título profesional de Ingeniero Petroquímico.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía constante y fuente de fortaleza en cada etapa de este proceso.

A mi padre David Cusihuaman y a mi madre Serafina Ccolqque, quienes han sido el cimiento de mi vida y educación. Gracias por su amor incondicional, su ejemplo de esfuerzo diario y su constante apoyo.

A mis hermanos Darwin y Leo por su compañía, por motivarme con su ejemplo y por estar presente en los momentos importantes. A mi familia en general, por ser mi refugio y sostén en los momentos más complejos de esta etapa. Su presencia me dio la motivación necesaria para seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme salud, fortaleza y la capacidad de perseverar en cada uno de los desafíos que implicó la elaboración de esta tesis. Su presencia fue guía y consuelo en los momentos de dificultad.

Mi más profundo agradecimiento a mi asesor, Mag. Uriel Raúl Fernández Bernaola, por su constante acompañamiento, por su orientación profesional y por la confianza depositada en mí durante todo el proceso.

Extiendo también mi gratitud a mis docentes que formaron parte de mi proceso de formación, no solo por compartir sus conocimientos, sino por inculcar en mí una actitud crítica, ética y responsable frente al ejercicio profesional.

A mi escuela profesional de Ingeniería Petroquímica, que me acogió durante estos años de formación.

A mis seres queridos y amigos, por su paciencia, comprensión y motivación constante, especialmente en los momentos más exigentes de esta etapa, su compañía fue invaluable. A mis compañeros de carrera, por los momentos compartidos, el apoyo mutuo y las horas de estudio.

Shirley Milagros Cusihuaman Ccolqque

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero agradecer a mi madre, Dora Rojas, por su amor incondicional, fortaleza y sacrificio, su ejemplo de dedicación y perseverancia ha sido una guía constante en mi vida, a mis hermanos, Edgar, Anyela, Manuel e Iris, por su apoyo, compañía, palabras de aliento y apoyo incondicional en cada etapa de este camino.

A la memoria de aquellos seres queridos que partieron antes de tiempo y ya no se encuentran físicamente con nosotros. Su amor, enseñanzas y ejemplo siguen vivos en mi corazón y han sido faro constante a lo largo de este camino. Aunque no estén presentes para compartir este logro, cada paso que he dado ha estado inspirado por su recuerdo y legado.

A mis amigos, por su comprensión y amistad sincera a lo largo de este proceso. A todos ustedes, gracias por formar parte de este logro.

Esta tesis representa no solo el cierre de una etapa académica, sino también el resultado del esfuerzo constante, la disciplina y la dedicación personal con la que asumí cada desafío a lo largo de este camino.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco profundamente a Dios, por brindarme vida, salud y la fortaleza necesaria para culminar esta etapa académica. Asimismo, expreso mi sincero agradecimiento a mi familia, por su amor incondicional, su constante apoyo y por creer en mí en todo momento. Sin su comprensión, paciencia, este logro no habría sido posible.

Quiero manifestar mi profundo agradecimiento a la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco y, especialmente, a la Escuela Profesional de Ingeniería Petroquímica, por ofrecerme una formación académica de excelencia y por ser el lugar donde adquirí conocimientos, valores y vivencias que influirán de manera importante en mi crecimiento tanto personal como profesional.

Agradezco de manera especial al Magíster Uriel Fernández, asesor de esta tesis, por su orientación académica, compromiso y valiosas observaciones a lo largo del proceso de investigación. Su guía y exigencia académica han sido fundamentales para el logro de este trabajo.

Oshiro Alejandra Apumayta Rojas

RESUMEN

El presente estudio de prefactibilidad evalúa la implementación de un sistema centralizado de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en el centro de salud de Ocutuan, distrito de Chinchero, Cusco, considerando aspectos técnicos, económicos, ambientales y sociales para garantizar su viabilidad. El análisis de mercado identificó al GLP como una alternativa energética sostenible, económica y de disponibilidad regional, con un precio referencial de S/ 11.05 por galón y proveedores con capacidad de suministro continuo. La ubicación óptima del sistema, conforme a criterios normativos y de seguridad, se definió en el bloque III del establecimiento.

Técnicamente, la opción más eficiente corresponde a un tanque de 500 galones, superando alternativas como el manifold o un tanque de 250 galones con vaporizador. Esta elección responde a la demanda energética estimada en 279 703.109 BTU/h, los requerimientos de vaporización, seguridad y espacio disponible. El diseño contempla materiales anticorrosivos (acero SCH80 y tuberías HDPE), reguladores de presión en múltiples etapas y planos conforme a la NTP 321.123 y el RNE, asegurando seguridad y funcionalidad.

En el ámbito ambiental y social, se determinó la ausencia de impactos negativos significativos, proponiéndose medidas de mitigación, protocolos de emergencia y capacitación comunitaria. El análisis económico proyecta una inversión de S/ 194,440.73, con indicadores favorables: VAN de S/ 867,697.60, TIR de 85%, relación B/C de 3.1 y recuperación en 1 año, 4 meses y 8 días, confirmando la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.

Palabras clave: GLP, prefactibilidad, sistema centralizado, vapor.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de contar con un sistema centralizado de Gas Licuado de Petróleo (GLP), surge debido a los desafíos actuales relacionados con la sostenibilidad del centro de salud, la seguridad en el suministro y los costos operativos de los equipos. La implementación de este sistema no solo busca garantizar la estabilidad en el suministro de energía, sino también la reducción de costos operativos a largo plazo, una mayor sostenibilidad energética y la seguridad del sistema GLP.

La producción de vapor generado mediante el sistema de GLP presenta una ventaja estratégica para los centros de salud, ya que este recurso energético permite cubrir múltiples necesidades como calefacción, cocción de alimentos, esterilización de equipos, tratamiento de residuos sólidos y calentamiento de agua; con esta tecnología también se reducen costos operativos ya que se trata de una energía limpia y económica (Borja Andrade, 2014).

El suministro de energía continua, eficiente y segura es un aspecto crítico en el funcionamiento de las instalaciones de un centro de salud, por lo que el presente proyecto tiene como objetivo realizar el estudio de prefactibilidad para la instalación de un sistema centralizado de GLP, a través de un análisis técnico, económico y ambiental para el centro de salud de Ocutuan ubicado en el Distrito de Chinchero - Cusco, con lo que se busca abastecer áreas de calentamiento de agua, esterilización y tratamiento de residuos sólidos generados en el centro de salud.

ÍNDICE

PRESENTACION 1

DEDICATORIA 2

RESUMEN 4

INTRODUCCIÓN 5

CAPITULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO 1

1.1. Descripción del problema 1

1.2. Objetivos del proyecto 4

1.3. Justificación 5

1.4. Antecedentes generales 6

1.5. Centros de salud 9

1.5.1. Servicios de salud en la región del Cusco 9

1.5.2. Centro de salud de Ocutuan 10

1.6. Condiciones climáticas 13

1.7. Residuos generados identificados 14

1.8. Requerimiento energético de un centro de salud 14

1.9. Sistema centralizado de GLP 15

1.9.1 Sistemas centralizados de GLP en el mundo 16

1.9.2. Tecnologías para la instalación de un sistema GLP 17

1.10. Gas licuado de petróleo 20

1.11. Presión de vapor 22

1.12. Sistema de transferencia o línea de llenado 23

1.13. Accesorios del tanque estacionario 25

1.14. Capacidad de almacenamiento de un tanque GLP 25

1.15. Capacidad de vaporización natural del tanque 27

1.16. Tipo de tuberías 29

1.17. Uniones por fusión de calor 31

1.18. Autonomía de la instalación del sistema centralizado de GLP 32

1.19. Red de distribución 33

1.19.1.Sistemas de regulación 33

1.19.2. Regulación de presión 34

1.19.3. Dimensionamiento de tuberías 35

1.19.4. Caídas de presión permisible 35

1.19.5. Velocidad permisible 36

1.19.6. Longitud equivalente 38

1.20. Calderas industriales 38

1.21. Autoclaves 41

1.22. Calentadores a GLP 42

1.23. Consumidores directos 43

CAPITULO II: ESTUDIO DE MERCADO 44

2.1. Descripción, características y usos de vapor de agua 44

2.2. Descripción y usos del agua caliente 48

2.2.1. Demanda de agua caliente en centros de salud en el sur del país 49

2.2.2. Segmento del mercado objetivo 49

2.2.3. Demanda estimada 49

2.3. Descripción, características y usos de agua para caldera 50

2.3.1. Agua en la industria 50

2.3.2. Características del agua utilizada 51

2.3.3. Oferta y demanda de agua 53

2.4. Descripción, características y usos de GLP 54

2.4.1. Cadena de comercializaciones GLP 55

2.5. Mercado nacional de GLP 58

2.5.1. Demanda de GLP en el Perú 58

2.6. Estudio de precios 59

2.7. Dinámica poblacional 62

2.8. Distribución poblacional 63

2.9. Servicio de salud 66

2.10. Demanda de GLP en el centro de salud de Ocutuan 66

CAPITULO III: ESTUDIO TÉCNICO DEL PROYECTO 69

3.1. Localización del proyecto 69

3.1.1. Macrolocalización 69

3.1.2. Microlocalización 70

CAPITULO IV: INGENIERIA DEL PROYECTO 75

4.1. Diagrama de flujo del proceso productivo 76

4.2. Balance de materia y energía 77

4.2.1.1. Balance de materia - Vapor requerido 79

4.2.1.2. Balance de materia - calentador 88

4.2.1.3. Balance de energía - caldero 93

4.2.1.4. Balance de energía - calentador: 96

4.3. Requerimiento energético de equipos 99

4.4. Calculo para la Implementación del Sistema GLP 103

4.5. Selección de reguladores 109

4.6. Selección de Reguladores de Vapor de Agua 115

4.7. Dimensionamiento de tubería 118

4.8. Cálculo de la velocidad para corrección de diámetros 120

4.9. Cálculo de poder calorífico superior del GLP-PCS 122

4.10. Plano de distribución 142

4.11. Plano isométrico 143

CAPITULO V: ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL 144

5.1. Estudio de probables impactos ambientales y sociales 144

5.2. Evaluación de la magnitud e importancia 145

5.3. Medidas de mitigación y control 150

5.4. Plan de remediación de impactos ambientales y sociales 152

CAPITULO VI: ESTUDIO LEGAL Y NORMATIVO 162

6.1. Cumplimiento normativo 162

6.2. Cumplimiento de regulaciones locales e internacionales 168

6.3. Consumidores directos y redes de distribución de GLP 169

6.4. Señalética de seguridad 169

CAPITULO VII: ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO 172

7.1. Estructura Organizativa del Proyecto 172

CAPITULO VIII: INVERSION Y FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO 173

8.1. Inversión de activos fijos tangibles 173

8.2. Inversión en activos fijos intangibles 174

8.3. Capital de Trabajo 174

8.4. Resumen de inversiones 177

CAPITULO IX: PRESUPUESTO DE GASTOS E INGRESOS DEL PROYECTO 178

9.1. Proyección de ingresos 178

9.2. Proyección de egresos 181

CAPITULO X: EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO 183

10.1. Flujo de caja económico del proyecto 183

10.2. Costo de Oportunidad de Capital (COK) 185

10.3. Valor actual neto económico (VAN) 185

10.4. Tasa interna de retorno económico (TIR) 187

10.5. Periodo de la recuperación de la inversión (PRI) 189

10.6. Relación beneficio – costo (B/C) 191

CONCLUSIONES 193

RECOMENDACIONES 195

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 196

ANEXOS 201

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Árbol de Problemas estructurado de acuerdo con la metodología del MEF 2

Figura 2 Árbol de medios - fines de acuerdo a la metodología del MEF 3

Figura 3 Temperatura máxima y mínima promedio en Chinchero 13

Figura 4 Manifold de cilindros de GLP 18

Figura 5 Tanque Estacionario de GLP 20

Figura 6 Variación de la presión en función de la temperatura 23

Figura 7 Sistema de transferencia de GLP a tanque estacionario 24

Figura 8 Dimensiones de tanque estacionario de acuerdo a la capacidad 27

Figura 9 Datos considerables para cálculo de vaporización 28

Figura 10 Curva de vapor de agua 45

Figura 11 Tabla de precios para la localidad de Cusco Fuente: (SedaCusco, 2024) 60

Figura 12 Importación y producción promedio móvil mensual de GLP Perú 61

Figura 13 Precio de GLP en Perú 61

Figura 14 Precio de GLP envasado en Perú 62

Figura 15 Tasa de crecimiento poblacional - Chinchero 63

Figura 16 Distribución Sectorial del Distrito de Chinchero 64

Figura 17 Proyección de crecimiento Poblacional - Chinchero al 2025 65

Figura 18 Proyección de Consumo de GLP 2017-2026 68

Figura 19 Sectores Asociadas al distrito de Chinchero 70

Figura 20 Ubicación de bloques II y III 73

Figura 21 Diagrama de flujo del sistema centralizado de GLP 76

Figura 22 Balance de materia para la vaporización de agua 78

Figura 23 Balance de materia en la Caldera - Reacción de combustión 82

Figura 24 Balance de materia en el calentador de agua - reacción de combustión 89

Figura 25 Proyección de consumo de GLP 2025-2030 99

Figura 26 Autoclave Jampar 150 L 100

Figura 27 Autoclave Steriflash de 200 L 101

Figura 28 Taque de GLP referencial para cálculo de vaporización 103

Figura 29 Diagrama de distribución de reguladores 110

Figura 30 Regulador de primera etapa 1584VN 111

Figura 31 Especificaciones de reguladores de primera etapa 112

Figura 32 Regulador de segunda etapa LV5503G4 113

Figura 33 Regulador de segunda etapa LV5503G4 114

Figura 34 Regulador de vapor TLV DR20 117

Figura 35 Especificaciones de los reguladores de vapor 118

Figura 36 Red de distribución de tramos 119

Figura 37 Tabla de selección de la tubería comercial 126

Figura 38 Dimensiones comerciales disponibles de tubería HDPE 129

Figura 39 Plano de distribución del sistema GLP y vapor 142

Figura 40 Plano isométrico del sistema GLP y vapor 143

Figura 41 Dimensiones de bases de apoyo para tanques GLP hasta 1000 gal 167

Figura 42 Vista panorámica de tanque de GLP y señalética típica para un tanque de 250 galones. 171

Figura 43 Estructura organizativa del centro de salud 172

Figura 44 Diagrama de proyección de ingresos sin costo social 180

Figura 45 Diagrama de proyección de ingresos con costo social 180

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos del Centro de Salud Ocutuan - Chinchero 11

Tabla 2 Personal del centro de salud de Ocutuan 12

Tabla 3 Rango de temperaturas mensuales en el distrito de Chinchero 13

Tabla 4 Características del GLP referente a la proporción en volumen en composición 21

Tabla 5 Capacidad de llenado del tanque 24

Tabla 6 Factor de corrección de temperatura 29

Tabla 7 Cuadro comparativo tipos de soldadura 31

Tabla 8 Clasificación de reguladores 34

Tabla 9 Velocidades de conducción Recomendables en instalaciones 37

Tabla 10 Estimación por tipo de hospital 47

Tabla 11 Estimación de la demanda insatisfecha 48

Tabla 12 Capacidad de Almacenamiento de Plantas Envasadoras 56

Tabla 13 Proyección de atenciones del 2026 al 2030 67

Tabla 14 Consumo de GLP 68

Tabla 15 Localización Geográfica 69

Tabla 16 Localización Geográfica Centro de Salud de Ocutuan 70

Tabla 17 Peso de ponderación 71

Tabla 18 Valoración de ponderación 72

Tabla 19 Tabla de Ponderación para la localización del sistema 72

Tabla 20 Factor de ponderación 73

Tabla 21 Puntajes de valoración 74

Tabla 22 Tabla de Ponderación para la selección del sistema centralizado de GLP 74

Tabla 23 Condiciones atmosféricas del distrito de Chinchero – Cusco 77

Tabla 24 Masa molar de compuestos químicos 83

Tabla 25 Proyección de consumo de GLP 2025-2030 98

Tabla 26 Clasificación de autoclaves por tamaño 102

Tabla 27 Capacidad de vaporización natural para uso intermitente 104

Tabla 28 Especificaciones de regulador de primera etapa 111

Tabla 29 Especificaciones de regulador de segunda etapa 113

Tabla 30 Especificaciones de regulador de segunda etapa 115

Tabla 31 Especificaciones del regulador de vapor 117

Tabla 32 Fracción molar del propano y butano 124

Tabla 33 Cálculo de diámetros en tramos 132

Tabla 34 Diámetros de tubería 133

Tabla 35 Capacidades de tuberías para vapor saturado a velocidades específicas (tubería de Schedule 80) 134

Tabla 36 Capacidades de tuberías para vapor saturado a velocidades específicas (tubería de Schedule 80) 136

Tabla 37 Diámetro de tuberías de vapor 137

Tabla 38 Tubería y accesorios para el sistema de distribución de GLP y Vapor 137

Tabla 39 Reguladores de presión GLP -VAPOR 138

Tabla 40 Especificaciones Caldero de vapor CVG-03 139

Tabla 41 Especificaciones Autoclave de esterilización 140

Tabla 42 Especificaciones Autoclave tratamiento de residuos médicos 141

Tabla 43 Especificaciones calentadores de agua 141

Tabla 44 Evaluación de la Magnitud 145

Tabla 45 Evaluación de la Importancia..... 146

Tabla 46 Valoración de Impactos Ambientales 147

Tabla 47 Matriz Leopold para identificación de Impactos Ambientales 148

Tabla 48 Sistemas o componentes para ensamblado 163

Tabla 49 Tipos de conexiones para uniones metálicas en servicio de GLP 165

Tabla 50 Distancias de Separación entre Recipientes, Edificios Importantes 166

Tabla 51 Medidas recomendadas para señalizaciones de seguridad de acuerdo a la distancia máxima del observador..... 170

Tabla 52 Activos tangibles - Materiales y equipos..... 173

Tabla 53 Factores de corrección - Proyecto social 173

Tabla 54 Activos intangibles 174

Tabla 55 Mano de obra directa del proyecto..... 174

Tabla 56 Mano de obra indirecta del proyecto 175

Tabla 57 Materia Prima Directa..... 175

Tabla 58 Equipos para instalación 175

Tabla 59 Factor de corrección para proyecto social – Mano de obra 176

Tabla 60 Factor de corrección para proyecto social - combustibles..... 176

Tabla 61 Factor de corrección para proyecto social 177

Tabla 62 Cuadro de Inversión..... 177

Tabla 63 Proyección de ventas sin costo social..... 178

Tabla 64 Proyección de ventas con costo social..... 179

Tabla 65 Egresos del proyecto sin costo social..... 181

Tabla 66 Egresos del proyecto con costo social 182

Tabla 67 Flujo de caja del proyecto sin costo social..... 184

Tabla 68 Flujo de caja del proyecto con costo social 184

Tabla 69 VAN económico sin costo social..... 186

Tabla 70 VAN económico con costo social..... 186

Tabla 71 Tasa interna de retorno económico sin costo social..... 188

Tabla 72 Tasa interna de retorno económico con costo social 188

Tabla 73 Periodo de recuperación de la inversión sin costo social..... 189

Tabla 74 Periodo de recuperación de la inversión con costo social..... 190

Tabla 75 Relación beneficio costo – sin costo social..... 191

Tabla 76 Relación beneficio costo – con costo social 192

ABREVIATURAS

OMS: Organización Mundial de la Salud

GERESA: Gerencia Regional de Salud de Cusco

DISA: Dirección de Salud

NR: Norma Reguladora

ASME: The American Society of Mechanical Engineers

GLP: Gas Licuado de Petróleo

OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería

NFPA: National Fire Protection Association

NTP: Norma Técnica Peruana

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

BCRP: Banco Central de Reserva del Perú

MINEM: Ministerio de Energía y Minas

MINSA: Ministerio de Salud

VAN: Valor Actual Neto

B/C: Relación Beneficio Costo

TIR: Tasa Interna de Retorno

PE: Punto de Equilibrio

BLS: Standard oil barrels

W.C: Water Column

SCH: Schedule

INYECTO: Conjunto de pasos para suministro de GLP al tanque

CAPITULO I: GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. Descripción del problema

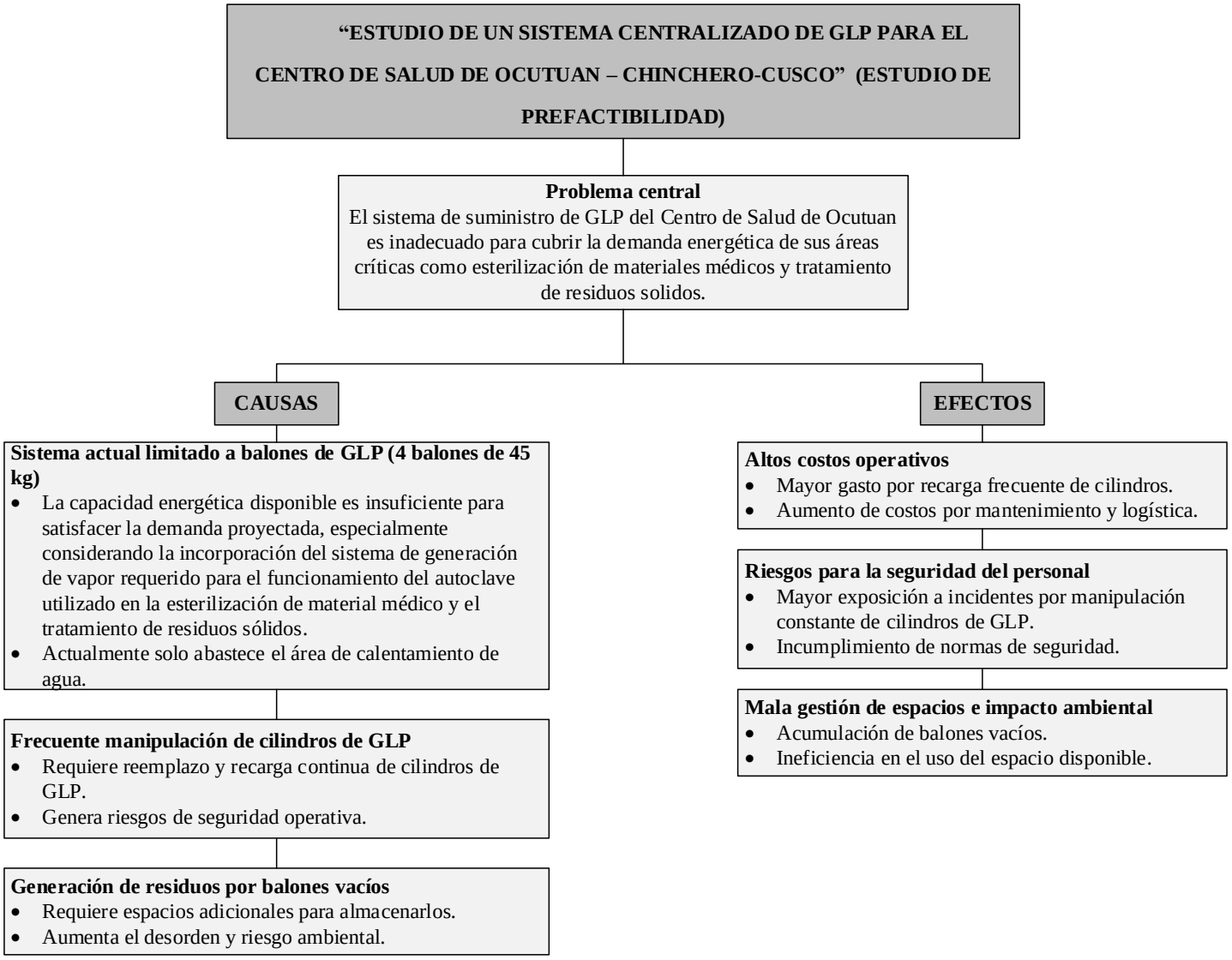
Actualmente el centro de salud de Ocutuan tiene implementado un sistema centralizado con un manifold de 04 balones de GLP de 45 Kg, el cual no se encuentra proporcionado a las necesidades energéticas del centro de salud ya que este sistema abastece solo el área de calentamiento de agua y no se encuentra adaptada para áreas de esterilización y tratamiento de residuos generados en este centro de salud. Es importante señalar que la operación de los equipos destinados a la esterilización y al tratamiento de residuos sólidos depende del suministro de vapor de agua, cuya disponibilidad actual no satisface la demanda requerida.

Así mismo, se tiene en cuenta que la manipulación de los balones de GLP requiere reemplazos y recargas frecuentes. Este proceso ocasiona tiempos de inactividad, elevación de costos operativos y riesgos de seguridad debido al manejo continuo de los cilindros, por lo que se sugiere implementar un tanque de GLP de 500 galones como alternativa, lo que podría optimizar la eficiencia del suministro y disminuir la necesidad de recargas frecuentes.

Adicionalmente el uso de 04 balones de 45 Kg genera residuos, esto debido a la necesidad de manejo de los cilindros vacíos; además, se requiere espacios adicionales para almacenarlos cuando no se encuentran en uso, con la implementación de un tanque de GLP de 500 galones se busca reducir la cantidad de residuos generados y optimizar el uso de los espacios existentes en el centro de salud.

Figura 1

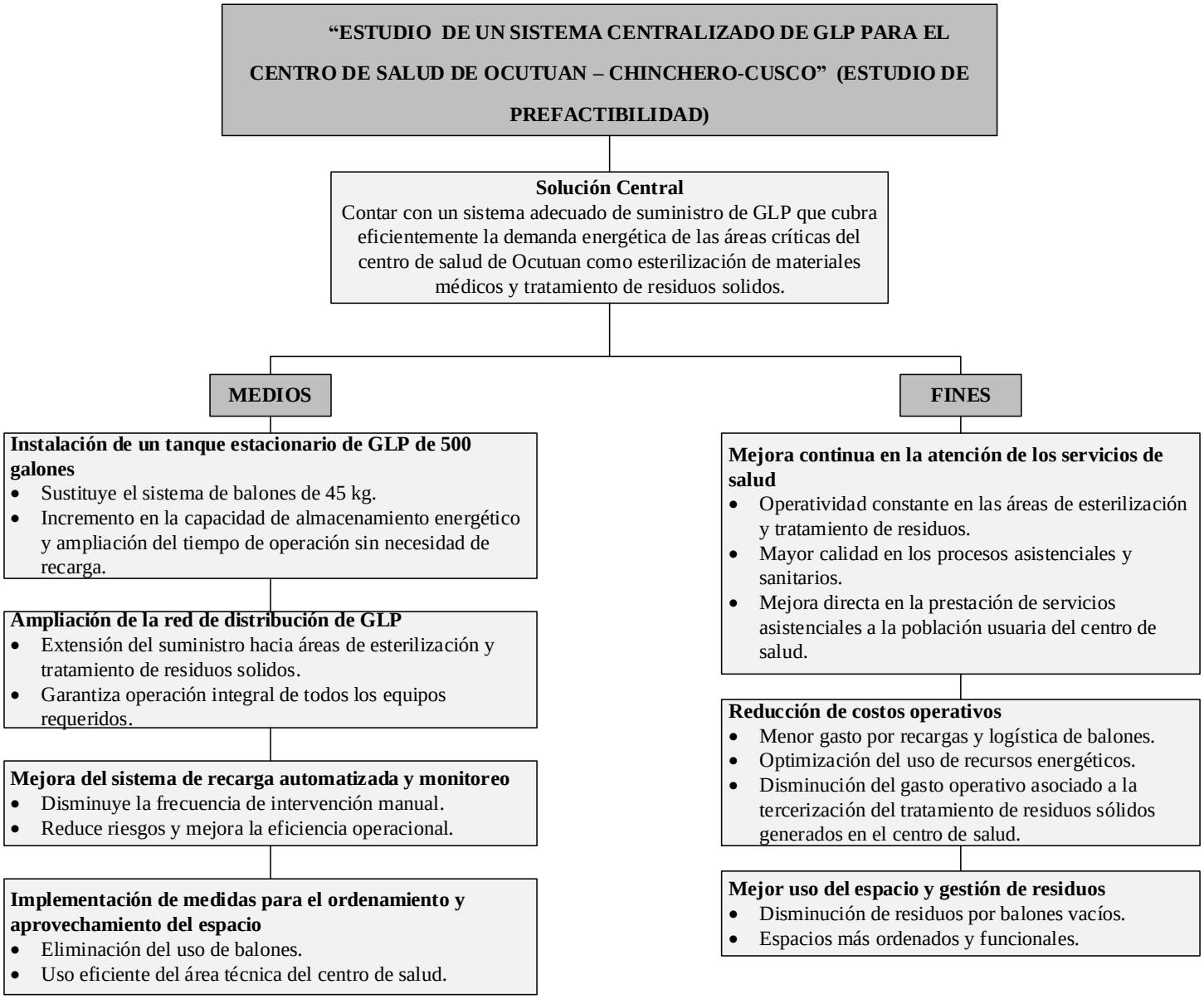
Árbol de Problemas estructurado de acuerdo con la metodología del MEF



Nota: La Figura N°1 representa la estructura del problema, incluyendo sus causas y efectos, conforme al enfoque metodológico establecido por Invierte.pe.

Figura 2

Árbol de medios - fines de acuerdo a la metodología del MEF



Nota: La Figura N°2 representa la estructura de los medios - fines, conforme al enfoque metodológico establecido por Invierte.pe.

1.2. Objetivos del proyecto

1.2.1. Objetivo general

- Realizar el estudio de prefactibilidad para la instalación de un sistema centralizado de GLP en el centro de salud de Ocutuan en el distrito de Chinchero – Cusco.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar el estudio de mercado del agua, vapor de agua y gas licuado de petróleo con el fin de garantizar un abastecimiento eficiente y sostenible del sistema GLP en el sector salud.
- Estudiar la localización del sistema de GLP dentro del centro de salud.
- Estudiar la ingeniería del proyecto adecuado para la instalación del sistema de GLP según las necesidades del centro de salud.
- Estudiar el impacto ambiental y social de la instalación del sistema GLP.
- Estimar el presupuesto para la instalación de un sistema de GLP en el centro de salud, para la generación de vapor.
- Evaluar económicamente la instalación de un sistema de GLP en el centro de salud de Ocutuan considerando indicadores económicos como el valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), relación Beneficio/Costo (B/C) y periodo de recuperación de la inversión (PRI).

1.3. Justificación

Actualmente el centro de Salud Ocutuan - Chinchero posee una instalación de un manifold de 4 cilindros de 45 kg para el abastecimiento de calentadores; en base a ello se plantea la implementación de un sistema centralizado de GLP para la generación de vapor y agua caliente, considerando la instalación de un tanque de GLP de 500 galones, el cual proporcione la energía necesaria para los calentadores y el caldero.

La implementación del sistema centralizado de GLP en beneficio del centro de salud de OCUTUAN se establece en función de la demanda de energía que se necesita para los equipos a implementar, teniendo en consideración el cumplimiento de la normativa vigente y los lineamientos considerados por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN).

Este proyecto representará un beneficio directo para la comunidad de Ocutuan-Chinchero, ya que mejorará las condiciones de atención en salud, garantizando un suministro energético confiable y continuo. Esto permitirá una mejor operatividad de los equipos médicos, especialmente en áreas críticas como esterilización, lo cual es esencial para brindar servicios de calidad y con condiciones adecuadas de higiene.

1.4. Antecedentes generales

Sanchez Mansilla, (2024) en su trabajo "**Estudio de factibilidad para suministrar gas licuado de petróleo al hospital de apoyo II-2 de Sullana, distrito y provincia de Sullana, departamento y región Piura"** buscó realizar un análisis de factibilidad sobre el abastecimiento de GLP, con el objetivo de determinar si este combustible representa una alternativa viable para cubrir los requerimientos energéticos del Hospital de Apoyo II-2 de Sullana, empleando para ello la siguiente metodología: Observación: Mediante visitas técnicas al Hospital de Apoyo II-2 de Sullana, se observó el estado actual de las instalaciones de combustible, Análisis de documentos: el cual permitió sistematizar y sintetizar información clave para el diagnóstico de cumplimiento normativo, compatibilidad de equipos y estimación de consumos de combustible. Además, se consideró la disponibilidad del suministro del GLP y factibilidad técnica-económica del GLP. Llegando a las siguientes conclusiones el suministro con GLP respecto al Diesel B5, presenta menores costos de implementación y mantenimiento por un monto de S/. 144 472.01; del mismo modo menores costo unitario por energía por un valor de 0,78 x 10^{-5} soles/kJ, este último sumado a menores emisiones GEI generan beneficios económicos totales por un monto de S/. 48 840.94. Además, el suministro de GLP es la mejor alternativa, por lo que se procedió realizar el análisis económico de estudio, obteniendo para una proyección de 10 años, un VAN de S/ 100 058.83 a una tasa de rendimiento de 14%, un TIR de 19,52%, una relación B/C de 1,22 y un retorno de la inversión en un periodo de 4 años, concluyéndose que el proyecto es factible económicamente en el hospital de apoyo II-2 de Sullana

Tintaya Marcavillaca, (2024) en su trabajo **"Diseño e instalación de un sistema GLP de 12 000 galones de capacidad, bajo los estándares de calidad de la Unidad minera Angloamerican Quellaveco en la ciudad de Moquegua"** buscó planificar y ejecutar la

instalación de un sistema de GLP con una capacidad de 12,000 galones, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad establecidos por la Unidad Minera Anglo American Quellaveco, en la ciudad de Moquegua, para lo cual aplico la siguiente metodología, primero se realizó la identificación de parámetros de diseño, el análisis termodinámico de la geometría, análisis y cálculo de vaporización natural, dimensionamiento del sistema de almacenamiento, diseño del sistema de vaporización forzada y para finalizar la ubicación de los tanques GLP. Se concluyó que el diseño e instalación del sistema de GLP con una capacidad de 12,000 galones fue exitosamente ejecutado gracias a la aplicación de estrictos estándares de calidad y la adecuada implementación de conocimientos de ingeniería. Además, se garantizó el cumplimiento de las normativas vigentes, como la NFPA 58 y la UNE 601.23, así como de los lineamientos establecidos por la unidad minera.

Echandia Moreno, (2021) en su trabajo **"Diseño de un Sistema de Alimentación de Gas Licuado de Petróleo para el Consumo Energético de un Hospital de Categoría II-1 de hasta 90 camas"** buscó desarrollar un método para el diseño del sistema de alimentación de GLP destinado a cubrir las necesidades energéticas de un hospital de categoría II-1 con una capacidad de hasta 90 camas. Para ello, aplicó una metodología que incluyó el cálculo de la demanda energética en áreas clave como cocina, calentadores y caldera. Además, tomó como referencia el diseño de sistemas similares en hospitales de la misma categoría, pero con una mayor capacidad, considerando un posible incremento en el número de camas. Como resultado, concluyó que el sistema de alimentación de GLP fue diseñado de manera satisfactoria, cubriendo eficientemente el consumo energético del hospital para 90 camas de hospitalización. Asimismo, incluyó en el análisis el costo energético estimado para una expansión de 40 camas adicionales destinadas a situaciones de emergencia. El diseño consideró las áreas funcionales de cocina, lavandería, unidad

de esterilización y autoclaves, tomando como caso de estudio el proyecto del Hospital de Apoyo Leoncio Prado, ubicado en la ciudad de Huamachuco, La Libertad.

Machado Medina, (2014) en su trabajo **"Diseño De Una Línea De Vapor Para Hospital Con Gas Licuado De Petróleo (GLP) Y Precalentamiento Solar"** buscó desarrollar un diseño óptimo para la generación de vapor mediante calderas, utilizando energía solar y gas licuado de petróleo (GLP) como combustibles de bajo impacto ambiental. Para ello, aplicó una metodología que comenzó con el diseño de una línea de vapor orientada al máximo ahorro energético, con el objetivo de que sirviera como modelo para otros hospitales. Este diseño fue calculado empleando GLP, considerado el combustible más económico y menos contaminante disponible en la región de Arequipa. Asimismo, incluyó la selección del sistema más adecuado para la generación de vapor. Como resultado, concluyó que el diseño de una línea de vapor que combina el uso de GLP con un sistema de precalentamiento solar es técnica y económicamente viable, ya que cumple con los requerimientos necesarios para su implementación. Además, la propuesta representa una innovación significativa al permitir abastecer eficientemente a un hospital en todos sus requerimientos energéticos, priorizando el ahorro energético en su generación.

Huaman Tito, (2022) en su trabajo **"Suministro de gas licuado de petróleo y gas natural seco al hospital regional Honorio delgado"** busco desarrollar el proyecto para el suministro temporal de Gas Licuado de Petróleo hasta el año 2026, y en adelante el suministro de Gas Natural Seco como combustible principal para el Hospital Regional Honorio Delgado de Arequipa, con el fin de reducir el costo de operación para la producción de vapor seco de las Calderas Pirotubulares de la Casa de Fuerza que actualmente operan con Diesel B5 S-50. Para lo cual uso la siguiente metodología primero estableció el diseño del sistema de combustible basado en Gas Licuado de Petróleo (GLP) como alternativa al uso del actual Diesel B5 S-50. Al considerar la migración de

combustible, identificó un potencial ahorro en los costos operativos, lo que justificó la transición de quemadores simples a quemadores mixtos, capaces de operar tanto con gas como con combustible líquido. Como resultado, concluyó que se desarrolló la ingeniería correspondiente a la Fase I del proyecto, enfocada en el suministro de GLP, con una proyección de implementación hasta mayo del año 2026 en el Hospital Regional Honorio Delgado de Arequipa. Posteriormente, a partir de junio de 2026, contempló la ejecución de la Fase II, en la cual el Gas Natural Seco será el combustible principal, con el objetivo de reducir significativamente los costos de operación en la generación de vapor seco para las calderas pirotubulares de la Casa de Fuerza, actualmente operativas con Diesel B5 S-50.

1.5. Centros de salud

Los centros de salud brindan servicios que fomentan, salvaguardan y restablecen la salud de las personas dentro de una colectividad, cuando esas actividades se coordinan entre sí, se configura un sistema de salud. La estructura de los centros de salud en la mayoría de los países de dividen en dos grandes grupos como son los servicios públicos los cuales son gestionados por el estado y los servicios privados que persiguen un beneficio económico. La Organización Mundial de la Salud (OMS) define los pilares de un sistema de salud efectivo en tres metas: mejorar la salud de la población, asegurar un trato digno a los usuarios y protegerlos financieramente en temas de salud, es así que las instituciones de salud deben enfocarse en cuatro funciones claves los cuales son proveer servicios, financiar dichos servicios, dirigir el sistema y obtener los recursos necesarios (Newman, 2024).

1.5.1. Servicios de salud en la región del Cusco

En la región del Cusco los servicios de salud están organizados en redes y micro redes para garantizar una atención integral y eficiente a la población. La gerencia Regional de Salud del Cusco

(GERESA CUSCO), es la entidad encargada de coordinar y supervisar esas redes, asegurando así la prestación de servicios de salud en las dimensiones de persona, familia y comunidad (Geresa Cusco, 2024).

La región del Cusco cuenta con 5 redes de salud , el centro de salud de Ocutuan se encuentra en la Red Cusco Norte, Microred Urubamba .

1.5.2. Centro de salud de Ocutuan

El centro de salud de Ocutuan perteneciente a la Microred de Urubamba, red cusco norte categorizada como un centro de salud tipo I – 1, desempeña un rol fundamental en la atención de salud en el distrito de Chinchero dentro de la provincia de Urubamba, como parte de la Dirección de Salud (DISA) Cusco, tiene como labor la orientación hacia la promoción de la salud implementando actividades educativas y preventivas para fomentar estilos de vida saludables entre sus habitantes, prevención de enfermedades brindando servicios básicos de salud como consultas médicas generales, control de crecimiento y desarrollo, vacunación y atención prenatal, tiene como objetivo facilitar la identificación temprana de enfermedades y el acceso a tratamientos adecuados, prevención de enfermedades a través del desarrollo de campañas de vacunación y actividades para prevenir enfermedades prevalentes en la región como infecciones respiratorias agudas (Ministerio de Salud, 2025)**.**

Tabla 1
Datos del Centro de Salud Ocutuan - Chinchero

Datos del Centro de Salud Ocutuan	
Nombre del establecimiento	Puesto de Salud Ocutuan
Código único	2544
Clasificación	Centro de Salud
Tipo	Establecimiento de Salud sin internamiento
Categoría	I – 1
Dirección	Localidad de Ocutuan Ayllupongo/Chinchero/Urubamba Cusco
Distrito	Chinchero
Provincia	Urubamba
Departamento	Cusco
Código DISA	11
RED	Cusco Norte
Microred	Urubamba
Unidad ejecutora	Red de Servicio de Salud Cusco Norte

Nota: La Tabla N°1 presenta la información correspondiente al establecimiento de salud de Ocutuan, ubicado en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba, departamento del Cusco.

El Centro de Salud de Ocutuan, clasificado por la DIRESA como un establecimiento de salud de categoría I-1, actualmente brinda una gama de servicios médicos y de apoyo, que incluye:

- Consulta Externa
- Emergencia
- Patología clínica
- Sala de espera
- Tópico
- Medicina y Obstetricia

- Odontología
- Sala de toma de muestras - laboratorio
- Farmacia
- Cadena de Frio
- Sala de Observación y Guardianía
- Cocina
- SS. HH
- Almacén
- Casa de fuerza
- Triaje y Admisión

Tabla 2
Personal del centro de salud de Ocutuan

Personal	Cantidad
Medico	7
Odontólogo	4
Obstetra	4
Psicólogo	3
Enfermeras	13
Técnicos en enfermería	12
Biólogos, Laboratorio	4
Personal de Seguridad	2
TOTAL	**49**

Fuente: GORE Cusco, (2022)

Nota: El centro de salud cuenta con una dotación de 49 profesionales, conforme se detalla en la Tabla N°2; lo cual, en referencia a los criterios establecidos en la Norma Técnica de Salud N°021-MINSA, corresponde a las características de un Centro de Salud de categoría I-3.

1.6. Condiciones climáticas

La variación térmica anual en el distrito de Chinchero se detalla en la Tabla N.º 3, evidenciando una temperatura mínima (Tmin) de -1 °C y una máxima (Tmax) de 17 °C. En función de estos valores, se adopta una temperatura media representativa de 8 °C para fines de análisis.

Tabla 3

Rango de temperaturas mensuales en el distrito de Chinchero

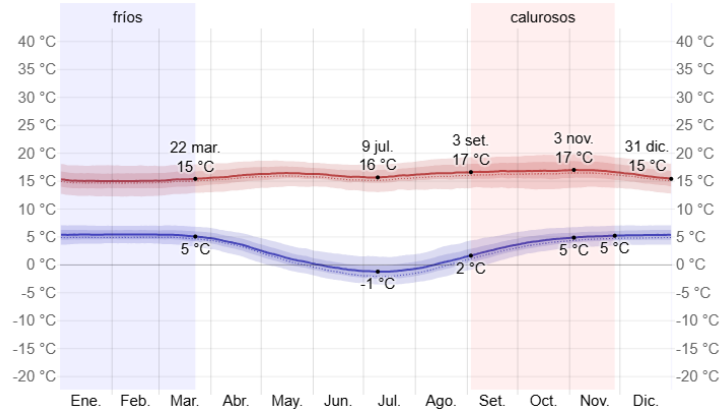
Prom.	Ene.	Feb.	Mar	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.
TMax.	15°C	15°C	15°C	16°C	16°C	16°C	16°C	16°C	17°C	17°C	17°C	16°C
Temp.	10°C	10°C	10°C	9°C	8°C	7°C	7°C	8°C	9°C	10°C	10°C	10°C
TMin.	5°C	5°C	5°C	4°C	1°C	-1°C	-1°C	0°C	3°C	4°C	5°C	5°C

Fuente: Weather Spark, (2024)

El figura N°3 presenta la distribución anual de temperaturas en el distrito de Chinchero, conforme a los datos resumidos en la Tabla Nº3. Se observa una oscilación térmica significativa, con valores mínimos que alcanzan los -1 °C y máximos de hasta 17 °C. Esta variabilidad climática se refleja en una temperatura promedio estimada de 8 °C, la cual ha sido considerada como referencia para análisis técnicos.

Figura 3

Temperatura máxima y mínima promedio en Chinchero



Fuente: Weather Spark, (2024)

1.7.Residuos generados identificados

El centro de salud de Ocutuan genera distintos tipos de residuos sólidos en sus áreas funcionales: consulta externa, emergencia, laboratorio clínico, odontología, obstetricia, farmacia, administración, vestuario y almacén. Estos residuos se clasifican en tres grupos principales:

- Residuos Clase A (Biocontaminados): Incluyen objetos cortopunzantes, desechos quirúrgicos y patológicos, residuos biológicos, así como material contaminado por fluidos corporales como gasas, apósitos, algodones con pus, frascos de suero, guantes, mascarillas, y ropa descartable con sangre u otros fluidos.
- Residuos Clase B (Especiales): Comprenden residuos químicos peligrosos, como reactivos de laboratorio, y residuos farmacéuticos.
- Residuos Clase C (Comunes): Consideran elementos no peligrosos como papel, cartón, envases plásticos descartables de agua, envolturas y restos orgánicos como cáscaras de frutas.

1.8. Requerimiento energético de un centro de salud

El consumo energético de un centro de salud en el Perú varía según su estructura y los servicios que ofrece, según el reglamento de Hospitales, Decreto Supremo N°005-90-SA se define tres áreas principales las cuales son:

- Atención al paciente
- Servicios comunes
- Servicios auxiliares

A mayor desarrollo de estas áreas mayor será la demanda energética, factores como la complejidad de un centro de salud, el número de camas y su zona de influencia determinaran el nivel de desarrollo de cada área (Dirección General de Eficiencia Energética, 2023).

1.8.1. Requerimiento energético en el centro de salud Ocutuan

El centro de Salud de Ocutuan actualmente posee un sistema de GLP compuesto por un manifold de 04 cilindros de GLP el cual abastece dos calentadores Tipo 1 de 13 litros cada uno, teniendo como requerimiento una potencia total de 158 416 BTU/hr (Gerencia Regional de Gestión de Inversiones de Infraestructura, 2022).

Cabe mencionar que el requerimiento energético tendrá una ampliación debido a que se propone implementar el sistema para dos equipos de autoclave para esterilización y tratamiento de residuos sólidos, estos equipos serán seleccionados según la necesidad del centro de salud.

Esta ampliación de sistema se evalúa debido al estudio y requerimiento realizado por la Municipalidad del Distrital de Chinchero indicando un aumento en la demanda del servicio de salud actual (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2016).

1.9. Sistema centralizado de GLP

Los sistemas centralizados distribuyen a través de una red de tuberías el material combustible para la distribución correspondiente, eliminando la necesidad de los tanques portátiles y sus riesgos asociados. Al tener una reserva adecuada y controlada, los sistemas centralizados no solo aseguran un suministro constante, sino que también reducen la posibilidad de accidentes derivados de la manipulación y el transporte de los cilindros de gas. Además, los sistemas centralizados suelen estar diseñados con tecnologías avanzadas para monitorear y gestionar el consumo de gas de manera más precisa, lo que mejora la eficiencia energética y reduce el

desperdicio, contribuyendo a una mejor sostenibilidad y reducción de costos a largo plazo para los usuarios (Master Control Engineer, 2021).

1.9.1 Sistemas centralizados de GLP en el mundo

El gas licuado de petróleo es una fuente de energía versátil y limpia que se adapta a diversas necesidades de los hospitales y centros de salud, desde servicios básicos hasta procesos especializados. Su eficiencia, confiabilidad y capacidad para operar en áreas remotas lo convierten en una opción preferida en instalaciones sanitarias, actualmente se realiza aplicaciones como:

- Calefacción y enfriamiento
- Cocción y Agua caliente
- Refrigeración
- Iluminación
- Incineración de desechos biomédicos
- Cocinas Comunitarias
- Transporte Interno y Externo

a. Calefacción y enfriamiento: Es utilizado para regular la temperatura del aire en áreas de hospitalización, quirófanos y laboratorios, proporcionando un ambiente cómodo y controlado para pacientes y personal médico.
b. Cocción y agua caliente: Alimenta cocinas hospitalarias para preparación de alimentos para pacientes y personal; así mismo, suministra agua caliente para la limpieza, desinfección y duchas.
c. Refrigeración: Utilizado en sistemas de refrigeración para la conservación de medicamentos, vacunas y muestras biológicas.

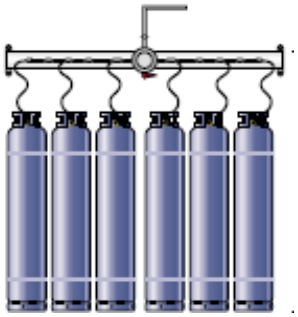
d. Iluminación: Los generadores a GLP ofrecen iluminación confiable en hospitales ubicados en áreas rurales o con suministro eléctrico regulas, proporciona también luz clara y brillante para diagnósticos precisos y ambientes acogedores.
e. Incineración de desechos biomédicos: Alimenta incineradores para la eliminación segura de desechos biomédicos peligrosos, garantizando una combustión completa sin emisiones nocivas.
f. Cocinas comunitarias: En algunos hospitales de países en desarrollo, se instalas cocinas de GLP para uso de los asistentes a los pacientes promoviendo eficiencia y seguridad.

1.9.2. Tecnologías para la instalación de un sistema GLP

a) Manifold de cilindros de GLP para producción de vapor

El manifoleado de cilindros de GLP para la producción de vapor es una práctica común en instalaciones industriales que requieren de suministro constante de gas para su sistema de generación de vapor, este manifold se realiza mediante la conexión de múltiples cilindros de GLP permitiendo una distribución uniforme del gas hacia el sistema de vapor, se debe de tener en cuenta que la vaporización natural de un cilindro de GLP requiere de la absorción de calor, el cual se obtiene de manera natural del propio liquido mediante su enfriamiento, esto dada a que la temperatura del GLP es inferior a la del medio ambiente, por lo que absorbe calor del entorno a través de las paredes del cilindro, si la cantidad de calor disponible no es suficiente para satisfacer la demanda de vaporización, el líquido se enfría lo que provocaría una disminución en la presión interna del cilindro y la reducción en el caudal de vapor, por lo que es necesario aportar más calor al cilindro mediante la conexión de varios cilindros “manifold” en serie para una descarga múltiple (Emilio & Sopeña, 2001).

Figura 4
Manifold de cilindros de GLP



Fuente: Emilio & Sopeña, (2001)

Nota: La Figura N°4 muestra un sistema manifold conformado por cilindros individuales de GLP interconectados mediante acoples múltiples que permiten su operación simultánea.

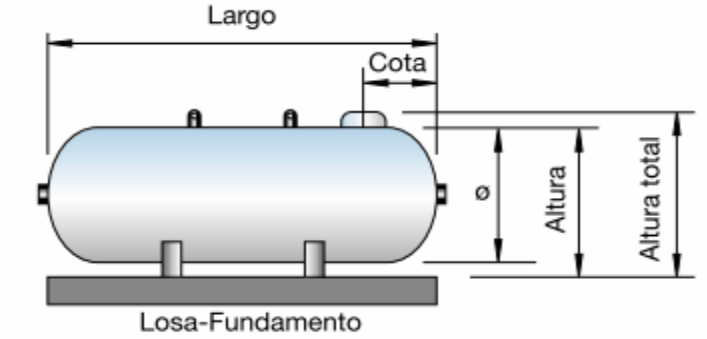
b) Tanques estacionarios de GLP para producción de vapor

Los tanques estacionarios son recipientes diseñados para almacenar sustancias como combustibles, gases licuados, agua, productos químicos, entre otros, en un lugar fijo. Son ampliamente utilizados en industrias, residencias y comercios para garantizar un suministro constante de materiales esenciales, estos tanques son esenciales en la producción de vapor, ya que suministran el combustible necesario para calderas y sistemas de generación de vapor, son tanques diseñados con tecnologías específicas que garantizan el almacenamiento seguro y eficiente, consta de un sistema de seguridad especifico equipados con válvulas de seguridad, manómetros, sensores de nivel lo cual previene sobrepresiones y garantiza un funcionamiento seguro.

Cabe mencionar que el uso de los tanques estacionarios de gas se remonta a principios del siglo XX, cuando la demanda de soluciones prácticas para almacenar y distribuir GLP comenzó a crecer, antes de su implementación, el gas se almacenaba y transportaba en cilindros más pequeños, lo que limitaba su capacidad y alcance, especialmente en zonas rurales o en instalaciones industriales de gran consumo, entre los años 1920 – 1930 con la popularización

del GLP como fuente de energía para cocinar y calentar, se desarrolló los primeros tanques estacionarios, lo cual permitió almacenar mayores volúmenes de gas de manera segura y práctica, su capacidad para almacenar GLP de manera eficiente permitió que hogares y empresas tuvieran acceso a una fuente confiables de energía para calefacción, cocción y procesos industriales. Los materiales iniciales para la construcción de estos tanques fueron de acero robusto, diseñados para resistir las presiones internas del gas y las condiciones ambientales, pero a medida que la tecnología fue evolucionando las normativas de seguridad ante el crecimiento del uso del GLP trajo consigo regulaciones más estrictas para garantizar la seguridad en el almacenamiento y transporte del gas. Se introdujeron recubrimientos para proteger los tanques contra la corrosión y extender su vida útil, esta evolución ha experimentado avances significativos en diseño, materiales y seguridad, actualmente el sistema de seguridad de un tanque estacionario está ligado por la existencia de válvulas de seguridad, reguladores de presión y dispositivos de protección contra sobrellenado, reduciendo así riesgos de fugas y explosiones; así mismo, se fueron desarrollando tanques con capacidades distintas adaptándose a las necesidades del consumidor, la mejora en la tecnología de los tanques ha optimizado la transferencia y el consumo de gas reduciendo el desperdicio y las emisiones; en la actualidad los tanques estacionarios son una solución esencial en áreas donde las redes de gas natural no son viables o accesibles, el desarrollo de estos tanques no solo ha transformado el acceso al gas, sino que también ha mejorado la calidad de vida en comunidades enteras al proporcionar una fuente de energía confiable, segura y adaptable a diversas necesidades (Guma, 2024).

Figura 5
Tanque Estacionario de GLP



Fuente: Emilio & Sopeña, (2001)

Nota: La Figura N°5 representa el diseño técnico-estructural de un tanque estacionario para almacenamiento de GLP.

1.10. Gas licuado de petróleo

El gas licuado de petróleo (GLP) consiste en una mezcla de hidrocarburos, principalmente propano y butano, obtenidos a partir del proceso de refinación del petróleo. Debido a la alta volatilidad de estos componentes, el GLP es un combustible ampliamente utilizado en el sector automotor. Además, su versatilidad permite su aplicación en diferentes ámbitos, incluyendo usos domésticos, industriales y vehiculares, gracias a sus características particulares.

De acuerdo con la Norma Técnica Peruana (NTP 321.123), el gas licuado de petróleo es una mezcla de hidrocarburos que incluye propano, propileno, butano, isobutano y butileno, los cuales se obtienen a partir del gas natural o de gases procedentes de refinerías. Además, la norma señala que los gases de refinería contienen mayores concentraciones de propileno y butileno (Comité Técnico de Normalización de Gas Licuado de Petróleo, 2012).

El almacenamiento de este combustible se debe de cumplir normas de seguridad industrial nacionales e internacionales lo cual protegerá algún tipo de derrame de este combustible u daño al personal que se encuentre en contacto con este.

Tabla 4

Características del GLP referente a la proporción en volumen en composición

Características	Unidad de medida	Propano	GLP	Butano
Composición				
Propanos	%	100	60	0
Butanos	%	0	40	100
Propiedades fisicoquímicas				
Presión de Vapor a 37.8 °C	Psig	208	160	70
Presion de Vapor a 0.0 °C	Psig	70	48	15
Punto de ebullición a 1 Atm	°C	-42.1	-25.5	--0.5
Liquido				
Gravedad especifica a 60°F	----	0.5083	0.5389	0.5847
Densidad a 15 °C	Kg/gal	1.922	1.7162	2.0068
Vapor				
Densidad relativa (aire = 1)	--	1.5225	1.7162	2.0068
Combustión				
Volumen aire/gas para combustión (Ideal)		23.86	26.72	31.02
Poder calorífico	BTU/kg	47,375	47,063	46,596

Fuente: OSINERGMIN, (2011)

Nota: La Tabla N°4 proporciona las propiedades físico-químicas del GLP, detallando las características específicas del butano y propano, considerando una mezcla comercial típica de 60% propano y 40% butano.

1.11. Presión de vapor

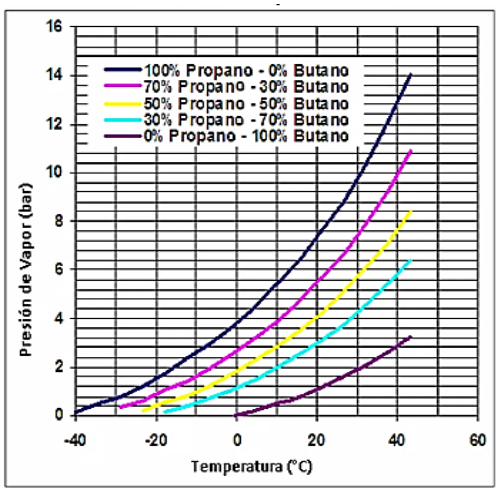
Es importante considerar que los valores de presión de vapor para las mezclas de propano y butano no deben superar los 1430 kPa (208 psig), que corresponde a un gas comercial con 100% de propano. Para otras mezclas de propano y butano, la presión máxima de vapor permitida se calcula mediante la siguiente fórmula: Presión máxima de vapor observada (kPa) = 1167 - 1880 × (densidad relativa a 15.6/15.6 °C) o también 1167 - 1880 × (densidad a 15.6 °C). Cada mezcla específica de GLP debe ser identificada según su presión de vapor a 37.8 °C (100 °F), expresada en kPa o psig, conforme a la Norma Técnica Peruana NTP 321.007 (2002). Además, esta normativa establece las especificaciones que debe cumplir el GLP en cuanto a presión de vapor y los métodos de ensayo correspondientes. (NTP 321.007, 2002).

La normativa también especifica los requisitos que debe cumplir el GLP, incluyendo la presión de vapor y los métodos de ensayo correspondientes (NTP 321.100 o NTP 321.098).

El gráfico presentado ilustra cómo la presión aumenta con la temperatura, lo que ocasiona variaciones significativas en el volumen del GLP en estado líquido. Por esta razón, si un recipiente presurizado, como un cilindro o tanque, está completamente lleno de GLP líquido y la temperatura se eleva, la presión interna del recipiente aumentará rápidamente, generando un riesgo potencial de explosión.

Figura 6

Variación de la presión en función de la temperatura



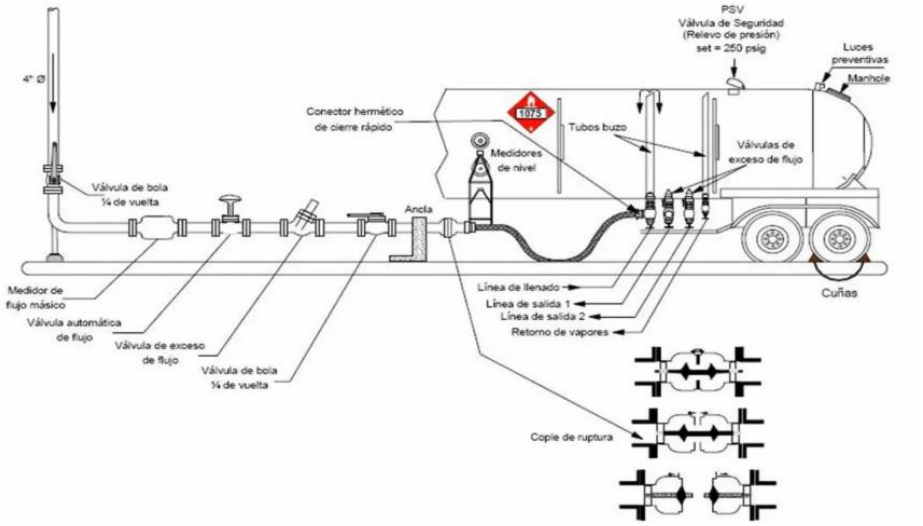
Fuente: OSINERGMIN, (2011)

Nota: La Figura N°6 grafica la relación entre la presión de vapor (bar) y la temperatura (°C) para diferentes proporciones de propano y butano en la composición del GLP.

1.12. Sistema de transferencia o línea de llenado

El sistema de llenado está diseñado para el suministro de GLP en fase liquida hacia los recipientes de almacenamiento, mediante tuberías SCH80 construidas conforme a especificaciones técnicas internacionales como ASTM A-53, ASTM A – 06 y API 5L, las cuales se encuentran equipadas de accesorios de acero forjado de clase 300 este sistema comprende dos líneas paralelas conformadas por una línea de retorno de vapor que interconecta la unidad de despacho (granelera) con el tanque estacionario, cuya función principal es la compensación de presiones entre ambas unidades de almacenamiento, y una línea de llenado la cual está destinada a la transferencia de GLP liquido desde la unidad de despacho hacia el tanque estacionario (Tintaya Marcavillaca, 2024).

Figura 7
Sistema de transferencia de GLP a tanque estacionario



Fuente: El Centenario, (2024)

Nota: La Figura N°7 ilustra el sistema de transferencia de GLP hacia un tanque estacionario, especificando los componentes operativos involucrados durante el proceso, incluidas las válvulas y conexiones.

También se contempla el abastecimiento directo, que consiste en conectar la unidad de despacho (granelera) con el tanque estacionario mediante mangueras. Para ello, la unidad debe ubicarse a una distancia mínima de 3 metros (10 pies) del contenedor y en una posición que permita un acceso fácil tanto a las válvulas de cierre del camión tanque como a las del tanque estacionario.

La cantidad máxima con la que se podrá llenar un tanque, expresada en porcentaje de su capacidad total, se encuentra especificada en la siguiente tabla:

Tabla 5
Capacidad de llenado del tanque

Descripción	**Hasta 3.97 m^3 (hasta 1050 galones)**	**Sobre 3.97 m^3 (sobre 1050 galones)**
% máximo de la capacidad del tanque que puede ser llenado con GLP liquido	80	85

Fuente: NTP 321.121, (2013)

Nota: De acuerdo con la norma técnica peruana NTP.321.121, el volumen máximo de llenado de los tanques de GLP líquido es del 80% para capacidades menores o iguales a 3.97 m³, y del 85% para volúmenes superiores, permitiendo un espacio de seguridad para la expansión térmica del producto.

1.13. Accesorios del tanque estacionario

Los tanques de almacenamiento de GLP construidos conforme a la Sección VIII del código ASME están disponibles comercialmente en capacidades que van desde 120 hasta 1000 galones. También se pueden utilizar recipientes de mayor volumen, dependiendo de las necesidades de consumo del lugar donde se vayan a instalar, estos cuentan con aperturas en las cuales se instalan accesorios con fines de seguridad control u operación, las cuales se indican en las especificaciones de la NTP 321.123, dichos accesorios son:

- Válvula de seguridad
- Válvula de llenado
- Multivalvula
- Medidor de nivel
- Válvula de drenaje

1.14. Capacidad de almacenamiento de un tanque GLP

La capacidad de almacenamiento de un tanque de GLP varía según el uso previsto (residencial, comercial o industrial) y las normativas aplicables, de manera general podemos clasificarlo de la siguiente manera:

- Recipientes pequeños: desde 120 galones (aproximadamente 450 litros), usados comúnmente en viviendas o pequeños negocios.

- Recipientes medianos: entre 500 y 1000 galones (1900 a 3800 litros), típicos en aplicaciones comerciales o residenciales de mayor consumo.
- Recipientes grandes o industriales: con capacidades que pueden superar los 2 000 galones (más de 7 500 litros), adaptados según la demanda específica del sitio de instalación.

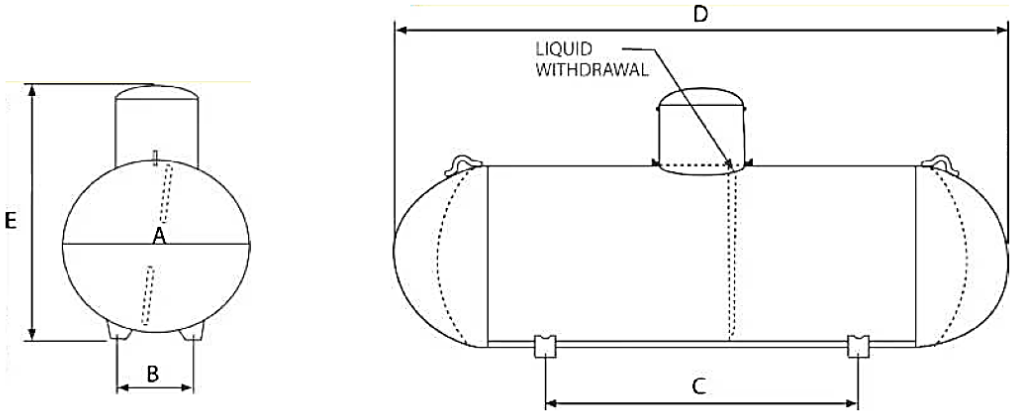
Los tanques fabricados bajo el código ASME Seccion VIII deberán contar con una placa metálica de identificación de acero inoxidable adherida al cuerpo y ubicada de tal forma que permanezca visible después de que el tanque sea instalado, a su vez este deberá contener la siguiente información según lo mencionado en la (Norma Tecnica Peruana 321-123, 2012):

- El tipo de servicio del tanque (enterrado, superficial o ambos)**.**
- Nombre y dirección del fabricante**.**
- Capacidad de agua equivalente en litros o galones americanos**.**
- Presion de diseño en MPa o psig**.**
- La superficie exterior en metros cuadrados o pies cuadrados**.**
- Año de fabricación**.**
- Espesor del cuerpo y espesor de los cabezales**.**
- Largo total (OL) diámetro exterior (OD) y diseño de cabezal (HD)**.**
- Número de serie del fabricante**.**
- Mínima temperatura de diseño del metal °C (°F) a la máxima presion de operación permitida (MAWP) MPa(psi)**.**
- Tipo de construcción W**.**
- % de radiografiado**.**

A continuación, la figura N°8 muestra las dimensiones de un tanque estacionario de acuerdo a la capacidad de almacenamiento.

Figura 8

Dimensiones de tanque estacionario de acuerdo a la capacidad



MODELO		CAPACIDAD NOMINAL		TARA		DIAMETRO		ANCHO ENTRE PATAS		DISTANCIA ENTRE PATAS		LONGITUD TOTAL		ALTURA TOTAL	
Litros	U.S. Galones	Litros	U.S. Galones	Kg	libras	Metros	Pulgadas	Metros	Pulgadas	Metros	Pulgadas	Metros	Pulgadas	Metros	Pulgadas
454	120	446	118	111.1	245	0.61	24	0.26	10 1/8"	0.91	3"	1.67	5'5 7/8"	0.82	2' 8 1/4"
946	250	965	255	214.1	472	0.8	31.5	0.32	12 3/4"	1.07	3.6"	2.2	7' 2 1/2"	1	3'-3 3/4"
1893	500	1885	498	395.1	871	0.95	37.4	0.38	15"	1.52	5"	2.99	9'-10"	1.16	3- 9 3/4"
3785	1000	3770	996	784.3	1729	1.04	41	0.41	16 1/4"	2.74	9"	4.85	15'-10 7/8"	1.25	4'-1 3/8"

Fuente: Arcosa, (2018)

Nota: La Figura Nº8 muestra una tabla que detalla los modelos comerciales de tanques de GLP disponibles en el mercado, junto con sus respectivas capacidades, que oscilan entre 120 y 1,000 galones. La selección de estos modelos considera las dimensiones establecidas según criterios de diseño técnico del recipiente.

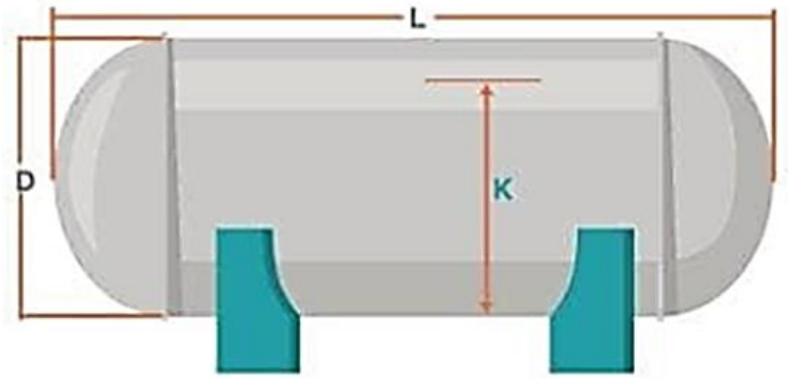
1.15. Capacidad de vaporización natural del tanque

La determinación de la vaporización natural en un recipiente puede realizarse mediante un análisis de transferencia de calor, ya sea de forma analítica o utilizando fórmulas empíricas. Esta vaporización está influenciada por varios factores:

- La superficie exterior del depósito, ya que una mayor superficie genera una mayor tasa de vaporización.
- La superficie en contacto con el líquido, la cual varía en función de las dimensiones del tanque y del volumen de GLP contenido.

- La temperatura ambiente alrededor del tanque, que depende de la ubicación de la instalación, ya sea en superficie o enterrada.
- El tipo de GLP utilizado y la composición de la mezcla comercial empleada.
- La presión de operación del sistema.
- El tipo de GLP utilizado y la mezcla comercial que usamos.
- Presión de servicio de la instalación

Figura 9
Datos considerables para cálculo de vaporización



Fuente: Kinenergy, (2024)

Se considera la siguiente ecuación para el cálculo de vaporización:

$$Vaporizacion\ Natural\ \left(\frac{BTU}{H}\right) = Qv = \ L * D * K * \ T \quad (1)$$

D: Diámetro Exterior del tanque (pulgadas)

L: Longitud total del tanque (pulgadas)

K: Constante para el porcentaje de volumen de líquido en el recipiente

T: Factor de corrección de temperatura

Tabla 6
Factor de corrección de temperatura

Temperatura ambiente °F	Temperatura ambiente °C	Factor de corrección
0	-17.8	1
5	-15.0	1.25
15	-9.4	1.5
20	-6.7	1.75
25	-3.9	2
30	-1.1	2.25
35	1.7	2.5
40	4.4	2.75
45	7.2	3
50	10.0	3.25
55	12.8	3.5
60	15.6	3.75
65	18.3	4
70	21.1	4.25
75	23.9	4.5
80	26.7	4.75

Fuente: Tintaya Marcavillaca, (2024)

Nota: La tabla N°6 indica los factores de corrección de temperatura para el cálculo de vaporización natural del tanque, se toma en cuenta la temperatura más baja predominante en el entorno donde se instalará el recipiente.

1.16. Tipo de tuberías

Los tubos y tuberías utilizados en instalaciones de GLP deben ser recomendados y aprobados por el fabricante para este tipo de servicio. Los materiales permitidos incluyen hierro forjado, acero (negro o galvanizado), latón, cobre, poliamida y polietileno, y deben cumplir con las siguientes especificaciones normativas:

- Hierro forjado conforme a la norma ASME B36.10M.
- Tubos de acero conforme a la norma ASTM A53.
- Tubos de acero conforme a la norma ASTM A106.

- Tubos de latón conforme a la norma ASTM B43.
- Tubos de cobre conforme a la norma ASTM B42
- Tubos de poliamida y polietileno conforme a la norma ASTM D 2513 y deberán ser recomendados por el fabricante para el uso con GLP.

Así mismo, las tuberias deberán ser de acero, acero inoxidable, latón, cobre, poliamida o polietileno y deberá cumplir lo siguiente:

- Tuberias de acero conforme a la norma ASTM A539.
- Tubería de latón conforme a la norma ASTM B135.
- Tuberias de cobre:

  Tipo K o L conforme a la norma ASTM B88 o NTP 342.052 o NTP 342.525.

  ASTM B280.
- Tuberias de poliamida y polietileno conforme a la norma ASTM D2513 y deberá ser recomendado por el fabricante para el uso de GLP o su equivalente en Norma ISO.
- Tuberias de acero inoxidable conforme a la norma ANSI/AGA/LC1.

Los materiales empleados en el sistema de tuberías o conductos deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la Norma Técnica Peruana NTP 321.121.

Es importante considerar que los selladores utilizados en uniones roscadas, como la pasta metálica, entre otros, deben ser compatibles y resistentes al GLP o a cualquier otro componente químico presente en los gases que circularán por las tuberías. Estos selladores deben aplicarse únicamente en la rosca del tubo macho, con el fin de evitar que el material se introduzca en el interior del sistema durante el montaje. La cinta de teflón también se considera un sellador para roscas. Su aplicación debe realizarse correctamente para impedir que fragmentos de cinta ingresen

al sistema y generen obstrucciones o problemas en el flujo. Además, se deben seguir las instrucciones del fabricante sobre las limitaciones en el uso de dicha cinta (NTP 321.121, 2013).

1.17. Uniones por fusión de calor

1.17.2. Uniones para tubos o tuberías metálicas y accesorios

Las uniones entre tubos pueden realizarse mediante soldadura por arco eléctrico, conexiones roscadas, bridadas o mediante soldadura fuerte (brazing). En el caso de tuberías no ferrosas unidas con soldadura fuerte, los materiales utilizados deben tener un punto de fusión superior a 538 °C. Además, las aleaciones empleadas para este tipo de soldadura no deben contener más del 0.05 % de fósforo. Para los procedimientos y especificaciones técnicas aplicables tanto a la soldadura como a la soldadura fuerte, se pueden utilizar las normas API 1104, AWS B2.2 o la Sección IX del ASME BPVC (NTP 321.121, 2013).

Tabla 7
Cuadro comparativo tipos de soldadura

Tipo de Soldadura	Materiales Compatibles	Ventajas	Desventajas
SMAW (Electrodo Revestido)	Acero al carbono	• Muy versátil • Adecuado para trabajo en campo • Equipo económico	• Mayor generación de escoria • Requiere habilidad manual • Menor precisión
TIG (GTAW)	Acero inoxidable, cobre, aluminio	• Alta calidad de soldadura • Sin escoria • Ideal para soldaduras críticas	• Lenta • Costosa • Requiere soldador muy calificado
MIG/MAG (GMAW)	Acero al carbono, acero inoxidable	• Proceso rápido • Fácil automatización • Buena apariencia de cordón	• Sensible al viento (no apto en exteriores) • Menor penetración

Soldadura por Capilaridad	Cobre, latón	• Fácil de aplicar en instalaciones pequeñas • Ideal para conexiones en cobre • Uniones limpias y precisas	• No apta para altas presiones • Requiere limpieza previa • No funde el metal base
Electrofusión	HDPE (polietileno de alta densidad)	• Alta resistencia mecánica • Ideal para redes enterradas • No requiere llama abierta (más segura)	• Requiere máquina especial • Alto costo inicial • Necesita precisión en alineación y limpieza

Nota: La Tabla Nº 7 presenta las características del tipo de soldadura analizado, incluyendo sus ventajas y desventajas según la aplicación específica, así como los materiales compatibles con dicho proceso.

1.18. Autonomía de la instalación del sistema centralizado de GLP

La autonomía de un sistema de GLP se refiere al tiempo estimado durante el cual un sistema de almacenamiento de gas licuado de petróleo (GLP) puede operar de forma continua sin necesidad de recarga, en función del consumo promedio y la capacidad de almacenamiento instalada. Este cálculo se basa en la cantidad de GLP almacenado (generalmente en cilindros o tanques estacionarios) y el caudal o demanda energética diaria de los equipos conectados (como cocinas, calderas, calentadores, etc.). La autonomía es un parámetro crítico para garantizar la continuidad del suministro, especialmente en instalaciones industriales, comerciales o zonas sin fácil acceso a distribución frecuente de GLP (Ministerio de Energía y Minas del Perú, 2021)

La fórmula que se usara para calcular la autonomía es:

$$A_{real} = \frac{V_{real} * 60\% * \ Masa\ del\ GLP\ liquido}{\mathrm{C_D}} \qquad (2)$$

Donde:

A_{real}: Autonomía real (días)

V_{real}: Volumen real (m^3)

C_D: consume diario (m^3/día)

Masa del GLP liquido: 510 kg/ m^3

1.19. Red de distribución

1.19.1.Sistemas de regulación

La regulación de presión en un sistema de GLP es un proceso que requiere varios componentes esenciales para garantizar su funcionamiento adecuado, tales como reguladores, manómetros, válvulas de seguridad, entre otros. Este sistema de regulación es fundamental en toda instalación, y la selección adecuada de los equipos de regulación asegura el rendimiento óptimo de los dispositivos de consumo. Es fundamental seleccionar los reguladores considerando dos aspectos físicos esenciales: la presión y el caudal. Asimismo, es importante tomar en cuenta la distancia entre el tanque de almacenamiento y los puntos de uso, dado que las pérdidas provocadas por las tuberías y accesorios pueden influir en la presión y el caudal requeridos para un desempeño óptimo. Otro factor relevante son las condiciones climáticas del área, las cuales deben tenerse en cuenta al seleccionar el equipo, considerando las situaciones más extremas. Un manejo adecuado de las presiones y la reducción de pérdidas de presión en el sistema de GLP puede resultar en un ahorro considerable durante el diseño y construcción de la instalación, ya que optimiza los materiales utilizados, como el diámetro de las tuberías y los accesorios (Tintaya Marcavillaca, 2024).

1.19.2. Regulación de presión

El regulador de presión es un aparato diseñado para controlar la presión del fluido en un sistema de tuberías. Su función principal es garantizar un flujo constante de gas a la presión correcta para el correcto funcionamiento de los equipos consumidores, sin que las variaciones de presión en los depósitos de almacenamiento lo afecten. Los reguladores se encargan de disminuir la presión del gas y mantenerla dentro de niveles adecuados para un caudal específico.

Tabla 8
Clasificación de reguladores

Tipo de Regulador	Descripción
Regulador de Conmutación Automática	Es un regulador integral de dos etapas que combina dos reguladores de alta presión y un regulador de segunda etapa en una misma unidad. Se utiliza en instalaciones de cilindros múltiples.
Regulador de Primera Etapa	Regulador de presión para servicio con vapor de GLP, diseñado para reducir la presión del recipiente hasta 10 psig manométrica o menos.
Regulador de Segunda Etapa	Regulador de presión para servicio con vapor de GLP, diseñado para reducir la presión de salida del regulador de primera etapa a 4 kPa (14 pulgadas de columna de agua) o menos.
Regulador de Etapa Única	Regulador de presión para servicio con vapor de GLP, diseñado para reducir la presión desde el recipiente a 6,9 kPa manométrica (1,0 psig) o menos.
Regulador de Servicio de 2 psi	Regulador de presión para servicio con vapor de GLP, diseñado para reducir la presión de salida del regulador de primera etapa a una presión nominal de 2 psig (13,8 kPa manométrica).

Fuente: Norma Tecnica Peruana 321-123, (2012)

Nota: La tabla N°8 detalla la clasificación de los reguladores teniendo en cuenta la presión de operación.

1.19.3. Dimensionamiento de tuberías

La adecuada elección y cálculo del diámetro de la tubería es fundamental en el diseño de un sistema de GLP, pues asegura el suministro correcto de gas con la presión y el caudal necesarios según las especificaciones técnicas de los equipos, garantizando así su funcionamiento eficiente.

La elección adecuada del diámetro de la tubería también tendrá un impacto directo en el costo total del proyecto, ya que a medida que aumenta el diámetro de la tubería, también lo hacen los costos de los elementos y accesorios necesarios para su instalación.

Existen varios métodos analíticos y experimentales para determinar el tamaño óptimo de la tubería, entre los que se encuentran ecuaciones, tablas y gráficos definidos en normas nacionales e internacionales. Al aplicar estos métodos, es fundamental considerar ciertos factores, como:

- La máxima demanda de gas.
- La pérdida de presión entre el punto de suministro y el equipo receptor.
- La extensión de la tubería y el número de accesorios instalados.
- La gravedad específica del gas.
- Las condiciones atmosféricas del lugar.

1.19.4. Caídas de presión permisible

Una de las fórmulas más comunes para calcular el diámetro de tuberías es la ecuación de Renouard, la cual es una variante de la ecuación general del flujo en régimen estacionario, incorporando un coeficiente de fricción basado en los criterios particulares que caracterizan cada modelo.

Formula de Renouard Lineal: Trabaja con presiones inferiores a 0.05 bar

$$P_1 - P_2 = 232000 * \delta_S * L_e * Q^{1.82} * D^{-4.82} \quad (3)$$

P_1: $Presion\ relativa\ inicial\ (mbar)$

P_2: $Presion\ relativa\ final\ (mbar)$

δ_S: $Densidad\ relativa\ del\ GLP$

L_e: $Longitud\ equivalente\ del\ tramo\ (m)$

Q: Caudal del gas (m^3/h)

D: Diámetro interior de la tubería (mm)

Formula de Renouard Cuadrática: Trabaja con presiones entre 0.05 bar hasta 5 bar

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 * \delta_S * L_e * Q^{1.82} * D^{-4.82} \quad (4)$$

P_1: $Presion\ absoluta\ inicial\ (bar)$

P_2: $Presion\ absoluta\ final\ (bar)$

δ_S: $Densidad\ relativa\ del\ GLP$

L_e: $Longitud\ equivalente\ del\ tramo\ (m)$

Q: Caudal del gas (m^3/h)

D: Diámetro interior de la tubería (mm)

1.19.5. Velocidad permisible

La velocidad de un fluido se define como la distancia que recorre en un determinado tiempo. Cuando la velocidad del fluido en una red de tuberías es excesivamente alta, pueden presentarse inconvenientes como ruidos y desgaste por erosión en las tuberías. Por ello, la velocidad es un factor fundamental a considerar al dimensionar las tuberías.

Tabla 9
Velocidades de conducción Recomendables en instalaciones

Tipo de instalaciones	Velocidad en m/s	Velocidad en m/s
Redes urbanas en general de baja y media presion y acometidas enterradas	25	30
Redes particulares de media presion y acometidas aéreas	20	20
Acometida de baja y media presion	10	10
Redes interiores de viviendas en baja presion	6	10

Fuente: Echandia Moreno, (2021)

Nota: La tabla N°9 presenta las velocidades máximas recomendadas según el tipo de instalación.

La ecuación para obtener la velocidad del gas que recorre un tramo es la siguiente:

$$V = \frac{354 * Q}{P_f * D^2} \quad (5)$$

V: $Velocidad\ de\ recorrido\ del\ gas$

P_f: $Presion\ absoluta\ final\ (bar)$

Q: $Caudal\ del\ gas\ (m^3/h)$

D: $Diámetro\ interior\ de\ la\ tubería\ comercial\ elegida\ (mm)$

Es importante considerar que, para la aplicación de la ecuación de Renouard la relación entre el caudal y el diámetro interior de la tubería debe ser inferior a 150.

$$\frac{Q}{D} < 150 \quad (6)$$

Q: $Caudal\ del\ gas\ (m^3/h)$

D: $Diámetro\ interior\ de\ la\ tubería (mm)$

1.19.6. Longitud equivalente

La longitud equivalente es un concepto empleado en el dimensionamiento de tuberías para sistemas de GLP (Gas Licuado de Petróleo), que se refiere a la longitud ficticia de tubería que tiene el mismo efecto sobre la caída de presión que una sección de tubería real que incluye accesorios, codos, válvulas y otras conexiones. Esta longitud adicional permite simplificar los cálculos, considerando las pérdidas de presión producidas por los accesorios como si fueran una sección de tubería recta adicional.

Cuando se incluye un 20% adicional en la longitud equivalente, se hace una corrección para cubrir el margen de desviaciones o variaciones que puedan ocurrir debido a factores como la rugosidad de los materiales de las tuberías, la temperatura del gas, y las condiciones operativas variables. Este 20% adicional ayuda a garantizar que las pérdidas de presión sean consideradas con una mayor precisión y asegura que el sistema de tuberías funcione dentro de los parámetros de seguridad y eficiencia deseados (Aguirre, J. 2017).

1.20. Calderas industriales

Las calderas de vapor son utilizadas en diversos segmentos, como la industria alimentaria, automotriz y los hospitales debido a que estas proporcionan energía en forma de agua caliente o vapor para procesos industriales. Estas calderas están compuestas por varios componentes clave que garantizan un funcionamiento eficiente y seguro, según la Norma reguladora 13, estas calderas están diseñadas para generar y almacenar vapor a presiones mayores que la atmosférica, empleando cualquier tipo de fuente energética y cumpliendo con los códigos y normativas aplicables.

La eficiencia energética y la productividad en las calderas industriales dependen en gran medida del tipo de combustible utilizado. Seleccionar el combustible correcto no solo permitirá mejorar la eficiencia de las calderas, sino que también favorecerá la sostenibilidad ambiental y disminuirá los gastos operativos.

El proceso de generación de vapor en una caldera industrial implica calentar agua hasta su punto de ebullición, convirtiéndola en vapor, este vapor se acumula en la parte superior de la caldera y se distribuye a través de un sistema de tuberas hacia los equipos industriales que lo requieran. Es fundamental que la caldera este equipada con válvulas de seguridad para controlar la presión interna y prevenir posibles accidentes (Tractian, 2025).

1.20.2. Tipos de calderas

Actualmente las calderas industriales son divididas en tres grupos:

- ✓ Calderas pirotubulares
- ✓ Calderas acuotubulares
- ✓ Calderas mixtas - hibridas

Estas se caracterizan por la posición de sus tuberías, el posicionamiento del horno u otros aspectos desarrollados en su construcción.

A. CALDERAS PIROTUBULARES

Las calderas pirotubulares son conocidas como calderas de tubos de fuegos, se caracterizan porque poseen un diseño donde los gases de combustión circulan a través de tubos que están rodeados por agua que se calienta y convierte en vapor, son adecuadas para aplicaciones de menor capacidad y requieran un mantenimiento mínimo.

Consta de una cámara de combustión donde se quema el combustible y una serie de tubos de fuego por donde circular los gases calientes, los gases de combustión generados en la cámara de combustión circulan a través de los tubos de fuego transfiriendo su calor al agua circundante, este proceso calienta el agua, convirtiéndola en vapor que se acumula en la parte superior de la caldera (Feuser Sandri, 2024).

La capacidad de generación de una caldera pirotubular se encuentra en un rango desde 3 BHP hasta 1 000 BHP, la producción de vapor varias desde 782 kg/h hasta 28 000 kg/h, este tipo de calderas posee una presión de diseño entre 150 psi y 300 psi, poseen un alto rendimiento, su diseño puede ser horizontal o vertical, con uno, dos o tres pasos de gases esto con el fin de optimizar la transferencia de calor, son diseñadas y construidas de acuerdo al código ASME sección I (Distral, 2018).

B. CALDERAS ACUOTUBULARES

Las calderas acuotubulares son equipos esenciales en diversas aplicaciones industriales debido a su capacidad para generar vapor a altas presiones y temperaturas, se caracteriza por que está diseñada para que el agua fluya por los tubos mientras que los gases calientes de la combustión circulan alrededor de ellos, el calor generado por dichos gases se transfiere a través de las paredes de los tubos, calentando el agua interna y generando vapor. Están diseñadas para aplicaciones que requieren de presiones superiores a 21 bar, clasificadas como categoría A según la norma NR 13, son ideales para producir vapor saturado como sobrecalentado, dependiendo de las necesidades del proceso, puede alcanzar una producción de vapor superior a 500 ton/h, siendo ideales para industrias que demandan grandes volúmenes de vapor. El agua de alimentación para esta caldera debe de ser tratadas rigurosamente para evitar problemas

como incrustaciones y corrosión lo que podría comprometer la eficiencia y la seguridad de la caldera (Feuser Sandri, 2024).

C. CALDERAS MIXTAS (CALDERAS HIBRIDAS)

Las calderas mixtas combinan características de las calderas pirotubulares y acuotubulares, ofreciendo una solución hibrida que maximiza las ventajas de ambos tipos, en su estructura incorporan tubos de agua (acuotubulares) y tubos de fuego (pirotubulares), el calor generado en el horno de la caldera calienta los tubos de agua que pasan a través de esta zona (parte acuotubular), posteriormente los gases calientes de combustión fluyen a través de tubos (parte pirotubular) antes de salir por la chimenea, en la sección acuotubular, el agua dentro de los tubos absorbe el calor directo del horno mientras que en la sección pirotubular, los gases de combustión calientan el agua que rodea los tubos de fuego (Feuser Sandri, 2024).

1.21. Autoclaves

La autoclave es un equipo que aprovecha ciertas características del vapor, esteriliza eficazmente materiales, razón por la cual a menudo se le conoce como “esterilizador”. Este equipo que utiliza el calor húmedo, es el más usado en laboratorios o centros médicos debido a que esteriliza grandes cantidades, eliminando eficazmente agentes infecciosos y protege los materiales durante el proceso (Marino Sanllehi, 2018).

a) Autoclaves de Esterilización

Las autoclaves de esterilización de equipos médicos son muy importantes ya que ayudara a prevenir infecciones nosocomiales las cuales suelen ser adquiridas en el sector hospitalario, existen diversas autoclaves de esterilización como son:

- CLASE N: La esterilización del instrumento debe ser realizada dentro del empaque de lo contrario solo se realizará una desinfección.
- CLASE S: Se puede esterilizar productos sólidos desempacados, sin embargos los productos porosos o huecos deberán de ser empacados.
- CLASE B: Son autoclaves eficaces capaz de esterilizar productos sólidos, huecos y porosos, desempacados o empacados.

Por lo cual es importante conocer el tipo el tipo de material que se quiere esterilizar para la adquisición de la autoclave correcta (Donatelli, 2023).

b) Autoclaves para Tratamiento de Residuos

Las autoclaves de residuos sólidos emplean vapor a presión el cual es un método eficaz para eliminar agentes patógenos. Este proceso de esterilización, utiliza una cámara con una envoltura de vapor, expone los residuos biocontaminados a altas temperaturas, una vez cargada y cerrada la autoclave, se introduce vapor en la cámara de esterilización. La temperatura varía entre 135 °C y 137 °C, y el tiempo puede ser aproximadamente de 30 min, estos parámetros son cruciales para asegurar la destrucción de los microorganismos (Ministerio de Salud, 1998).

1.22. Calentadores a GLP

Los calentadores de agua son dispositivos que elevan la temperatura del agua mediante un proceso termodinámico, cuenta con un sensor de flujo que detecta la cantidad de agua que pasa por la tubería, cuando este sensor se activa, permite el paso del combustible al quemador y enciende la chispa para iniciar la combustión, lo que resulta en un calentamiento casi instantáneo del agua. Estos calentadores pueden usar GLP como combustible, aunque también existen modelos

que utilizan gas natural, que es más económico, pero menos común (Jimenez Patiño & Llivichusca Chacha, 2014).

1.23. Consumidores directos

Según lo establecido en el Decreto Supremo Nº 009-2020-EM, un consumidor directo de GLP es una persona (natural o jurídica) que opera una instalación para recibir y almacenar GLP a granel, esta instalación debe estar inscrita en el Registro de Hidrocarburos, lo cual formaliza y regula su actividad, esta persona puede poseer tanques estacionarios propio o cedidos en uso por un distribuidor a granel o empresa envasadora, el GLP almacenado es estrictamente para uso interno (Osinergmin, 2002).

CAPITULO II: ESTUDIO DE MERCADO

2.1. Descripción, características y usos de vapor de agua

El vapor es una forma del agua que se obtiene cuando esta cambia de fase, pasando de líquida a gaseosa. Este proceso ocurre al alcanzar temperaturas próximas a su punto de ebullición. Aunque el vapor en sí no tiene color ni olor, puede parecer blanco y opaco cuando se mezcla con diminutas gotas de agua en estado líquido (Baltodano Salgado, 2021)

2.1.1. Tipos de vapor de agua

- **Vapor saturado**

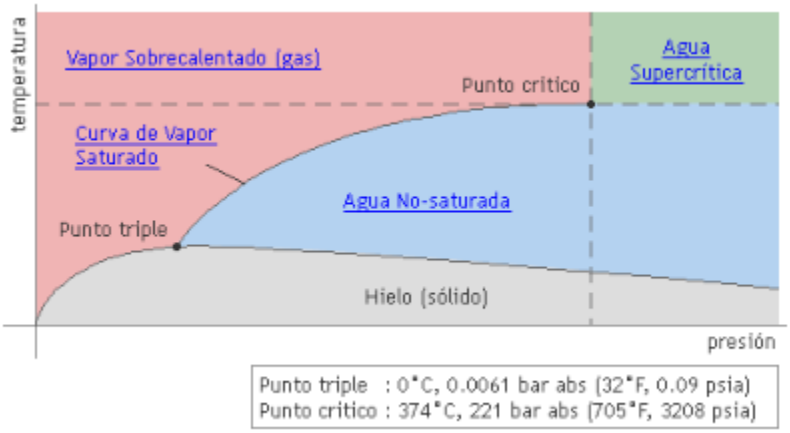
Al calentar agua, se avanza en una gráfica hasta alcanzar la curva correspondiente al vapor saturado. Este tipo de vapor se genera cuando la presión y la temperatura permiten que el líquido y el gas coexistan en equilibrio. Un ejemplo cotidiano de esto es el vapor que se produce en una ducha.

- **Vapor sobrecalentado**

El vapor sobrecalentado resulta del calentamiento adicional del vapor saturado. Para su uso, se requieren sistemas que minimicen la formación de condensado, así como equipos especialmente diseñados para resistir elevadas temperaturas y presiones.

En la representación gráfica, se muestra cómo el agua, al recibir calor, alcanza su punto de ebullición (calor sensible), y luego se evapora al recibir más energía (calor latente). Si tras esto se continúa aplicando calor, el vapor se convierte en vapor sobrecalentado, nuevamente a través de calor sensible.

Figura 10
Curva de vapor de agua



Fuente: TLV, (2025)

Nota: La figura N°10 presenta el comportamiento del agua en función de la temperatura y la presión.

En el sur del Perú, la oferta de vapor de agua en centros de salud generalmente se centra en las áreas de cocina, lavandería, esterilización y agua caliente sanitaria. Estos centros de salud, que pueden ser desde postas médicas hasta hospitales, requieren vapor para diversas funciones vitales como.

- Cocina: El vapor se utiliza para cocinar alimentos, especialmente en grandes cantidades para pacientes y personal.
- Lavandería: El vapor es esencial para el lavado y desinfección de ropa de cama y ropa de pacientes.
- Esterilización: En centros de salud, el vapor a alta temperatura se utiliza para esterilizar equipos médicos y quirúrgicos, garantizando la seguridad de los pacientes.
- Agua Caliente Sanitaria: El vapor se utiliza para calentar el agua para uso en baños, duchas y otras necesidades sanitarias del centro de salud.

2.1.2. Demanda de vapor en centros de salud en el sur del país

La demanda de vapor en centros de salud del sur del Perú, específicamente para servicios como lavandería, cocina, esterilización y agua caliente sanitaria, varía según el tamaño del centro y la cantidad de equipos utilizados. Es crucial dimensionar adecuadamente las calderas y redes de distribución para asegurar un suministro eficiente y evitar pérdidas por sobredimensionamiento o falta de capacidad.

Factores que influyen en la demanda de vapor:

- Servicios específicos: Cada servicio (lavandería, cocina, esterilización, etc.) tiene requerimientos de vapor distintos, con equipos que consumen cantidades variables.
- Tamaño del centro de salud: Hospitales más grandes y con mayor número de camas o pacientes necesitarán mayor cantidad de vapor.
- Equipos utilizados: La cantidad y tipo de equipos (lavadoras, autoclaves, etc.) influyen directamente en la demanda.
- Eficiencia de la red de distribución: Una red eficiente, con buen aislamiento y dimensionamiento adecuado, reduce pérdidas y optimiza el uso del vapor.

Consideraciones para centros de salud en el sur del Perú:

- Clima: En zonas frías, la demanda de agua caliente sanitaria puede ser mayor, afectando la demanda general de vapor.
- Altitud: La altitud puede influir en el rendimiento de las calderas y en la eficiencia de los equipos.
- Disponibilidad de recursos: La disponibilidad de gas natural u otros combustibles para generar vapor también debe considerarse.

También se debe considerar factores como:

- Número de camas: A mayor cantidad, mayor necesidad de ciclos de esterilización.
- Procedimientos quirúrgicos: Cada cirugía demanda instrumentales esterilizados.
- Categoría del establecimiento: Hospitales II–III tienen mayor rotación de materiales.
- Normativas sanitarias: Requieren control estricto de bioseguridad.

Tabla 10
Estimación por tipo de hospital

Tipo de hospital	Camas promedio	Kg de vapor por día (estimado)
Hospital I-4 (provincial)	20–50	80–250 kg
Hospital II	50–150	300–1,000 kg
Hospital III (regional)	150–300	1,000–2,000 kg
Hospital IV (alta complejidad)	>400	>3,000 kg

Fuente: MINSA N° 031-2011-SA y Spirax Sarco (2023).

Nota: La tabla N°10 señala la estimación de consumo de vapor de agua en Kg por día según el tipo de hospital.

2.1.3. Demanda insatisfecha

Entre las causas principales se tiene

- Calderas no operativas por falta de mantenimiento o repuestos.
- Autoclaves manuales sin automatización ni trazabilidad.
- Falta de agua tratada o desmineralizada.
- Cortes de energía o escasez de combustible

Tabla 11
Estimación de la demanda insatisfecha

Región	Hospitales principales	Demanda insatisfecha (%)
Arequipa	5	20–25 %
Cusco	6	30–40 %
Puno	4	35–50 %
Moquegua/Tacna/Apurímac	5	30–45 %

Fuente: DIRESA,(2024)

Nota: La tabla N°11 indica el porcentaje de demanda insatisfecha en las regiones de Arequipa, Cusco, Puno, Moquegua, Tacna y Apurímac.

La existencia de una demanda no cubierta de vapor de agua puede generar diversas consecuencias negativas, tales como:

- Mayor probabilidad de aparición de infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS).
- Necesidad de trasladar los residuos contaminados a otros establecimientos, lo que incrementa los costos operativos.
- Uso creciente de métodos de esterilización alternativos que no garantizan la misma eficacia ni seguridad.
- Suspensión de procedimientos quirúrgicos debido a la falta de instrumentos adecuadamente esterilizados.

2.2. Descripción y usos del agua caliente

El agua caliente sanitaria (ACS) se refiere al suministro de agua a temperatura controlada destinada exclusivamente a satisfacer las necesidades de higiene personal del recurso humano que labora en establecimientos de salud. Este uso incluye principalmente:

- Duchas corporales al inicio o término de turnos clínicos
- Lavado de manos en zonas donde las bajas temperaturas afectan el confort térmico

Este tipo de ACS no incluye procesos hospitalarios como esterilización, lavandería o cocina, sino que se centra en mejorar el bienestar, confort térmico y condiciones sanitarias del personal médico, técnico y auxiliar.

2.2.1. Demanda de agua caliente en centros de salud en el sur del país

La demanda de agua caliente sanitaria está orientada exclusivamente al uso del personal de salud (médicos, enfermeros, técnicos y personal auxiliar) en centros de salud del sur del Perú, cuyo uso principal corresponde a duchas personales y, en menor medida, al lavado de manos con agua temperada en zonas frías.

2.2.2. Segmento del mercado objetivo

a. Clientes institucionales:

- Centros de salud del Ministerio de Salud (categoría I-3, I-4 y hospitales I y II)
- Clínicas privadas regionales
- Proyectos de salud rurales impulsados por gobiernos regionales y ONG

b. Ubicación geográfica prioritaria:

- Regiones: Cusco, Puno, Apurímac, Arequipa, Moquegua y Tacna
- Zonas con temperaturas promedio menores a 12 °C
- Centros con al menos 15 trabajadores de salud

2.2.3. Demanda estimada

Se estable la demanda estimada de acuerdo a los siguientes parámetros

- Personas por establecimiento: 49 Personas
- Ducha por persona/día: 2
- Volumen de agua por ducha: 13 litros por un tiempo de 5 min por persona
- Temperatura objetivo: 35 °C
- Temperatura inicial del agua: 8 °C

Se identifica una oportunidad de mercado significativa en la provisión de sistemas de agua caliente sanitaria destinados a la higiene del personal de salud, especialmente en más de 5,000 centros de salud ubicados en zonas altoandinas del Perú que actualmente carecen de infraestructura adecuada para este fin. La demanda insatisfecha, combinada con políticas públicas impulsadas por el MINSA orientadas a mejorar las condiciones laborales y la infraestructura sanitaria básica, configura un nicho atractivo para empresas que ofrezcan soluciones eficientes y sostenibles, adaptadas a contextos rurales y de baja disponibilidad energética.

2.3. Descripción, características y usos de agua para caldera

El agua dulce constituye uno de los recursos más esenciales para la humanidad, ya que interviene en todas las esferas sociales, económicas y ambientales. Es considerada una condición indispensable para la existencia de la vida humana y del planeta, según lo establece la Organización de las Naciones Unidas (ONU), que en el año 2010 reconoció el acceso al agua potable y al saneamiento como un Derecho Humano fundamental (Baltodano Salgado, 2021).

2.3.1. Agua en la industria

De acuerdo a los usos principales del agua en la industria son:

- Sanitario: Emplean en inodoros, duchas e instalaciones que garanticen la higiene personal.

- Transmisión de calor o refrigeración: Es, como mucho, el uso industrial que más cantidad de agua emplea. Aproximadamente el 80 % del agua industrial corresponde a esta aplicación, siendo las centrales térmicas y nucleares las instalaciones que más agua necesitan.
- Producción de vapor: Suele estar dirigida a la obtención de un medio de calentamiento del producto que se desea elaborar.
- Materia prima: El agua puede ser incorporada al producto final, como en el caso de la producción de bebidas, o puede suministrar un medio adecuado a determinadas reacciones químicas.
- Utilización como disolvente en los diferentes procesos productivos.
- Labores de limpieza de las instalaciones.
- Obtención de energía: Referido a las centrales hidroeléctricas y - a las actividades que usan vapor de agua para el movimiento de turbinas.

2.3.2. Características del agua utilizada

La calidad del agua utilizada en la alimentación de calderas está directamente relacionada con la cantidad y el tipo de impurezas que contiene. Actualmente, se aplican distintos tratamientos químicos dentro del generador con el objetivo de prevenir inconvenientes como la corrosión, el desgaste o el bloqueo de tuberías. Estos procesos pueden realizarse tanto interna como externamente, y su finalidad es asegurar la producción de un vapor lo más limpio y puro posible.

Los principales parámetros involucrados en el tratamiento del agua de una caldera, son los siguientes:

- pH. El pH representa las características ácidas o alcalinas del agua, por lo que su control es esencial para prevenir problemas de corrosión (bajo pH) y depósitos (alto pH).
- Dureza. La dureza del agua cuantifica principalmente la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, los que favorecen la formación de depósitos e incrustaciones difíciles de remover sobre las superficies de transferencia de calor de un generador.
- Oxígeno. El oxígeno presente en el agua favorece la corrosión de los componentes metálicos de un generador. La presión y temperatura aumentan la velocidad con que se produce la corrosión.
- Hierro y cobre. El hierro y el cobre forman depósitos que deterioran la transferencia de calor. Se pueden utilizar filtros para remover estas sustancias.
- Dióxido de carbono. El dióxido de carbono, al igual que el oxígeno, favorece la corrosión. Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de ranuras y no de tubérculos como los resultantes de la corrosión por oxígeno.
- La corrosión. En las líneas de retorno de condensado generalmente es causada por el dióxido de carbono. El CO2 se disuelve en agua (condensado), produciendo ácido carbónico. La corrosión causada por el ácido carbónico ocurrirá bajo el nivel del agua y puede ser identificada por las ranuras o canales que se forman en el metal.
- Aceite. El aceite favorece la formación de espuma y como consecuencia el arrastre al vapor.
- Alcalinidad. Representa la cantidad de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y silicatos o fosfatos en el agua. La alcalinidad del agua de alimentación.

Las consecuencias de un mal tratamiento de agua pueden ser:

- Incrustaciones
- Pitting o picaduras
- Corrosión
- Sedimentación

2.3.3. Oferta y demanda de agua

La oferta estimada de agua en el centro de salud representa la cantidad de agua disponible efectivamente para el funcionamiento diario de las actividades asistenciales, administrativas y auxiliares, considerando tanto las fuentes de suministro como los sistemas de almacenamiento.

En el caso del Centro de Salud de Ocutuan (Chinchero), la oferta se evalúa a partir de:

- Suministro externo: Red pública o sistema local
- Fuente principal: Sistema de agua potable administrado por la municipalidad o junta local.

Se debe verificar:

- Caudal disponible (L/h o m^3/día)
- Horas de disponibilidad diaria
- Presión del servicio
- Frecuencia de interrupciones

La demanda en el centro de salud de Ocutuan depende del personal, pacientes atendidos, y de los servicios auxiliares (esterilización, tratamiento de residuos y calentadores de agua).

Factores a considerar de acuerdo a OMS, y guías de diseño sanitario hospitalario.

- Elemento: Consumo aproximado (L/persona/día)
- Personal (médico, enfermería): 100 – 200 L/día

- Consultas externas: 20 – 50 L/paciente
- Esterilización/autoclave: 50 – 100 L por ciclo
- Servicios generales (limpieza): 10 – 20 L/m² de área diaria

2.4. Descripción, características y usos de GLP

El Gas licuado de petróleo (GLP), es una mezcla de hidrocarburos ligeros compuesta principalmente por propano C_3H_8 y butano C_4H_{10}, en proporciones variables, dependiendo de las especificaciones y del mercado al que se destina. Además, puede contener pequeñas cantidades de hidrocarburos como propileno y butileno, que se generan en los procesos de refinación y producción.

Entre las propiedades se debe tener en cuenta que este es inflamable debido a que cuando se combina en proporciones específicas, el GLP constituye una mezcla altamente inflamable a temperatura y presión ambiente, dado que sus componentes principales son gases. El propano presenta un rango de inflamabilidad en aire entre el 2.15% y el 9.60%, mientras que el butano varía entre el 1.55% y el 8.60%. Sin embargo, bajo presión moderada o bajas temperaturas, se licuan, facilitando su almacenamiento y transporte.

Se encuentra en estado gaseoso a condiciones normales presión atmosférica (1 atm) y temperatura ambiente (20 °C); no obstante, para que el GLP se licúe a temperatura ambiente, es necesario aplicarle presión, el butano requiere más de 2 atmósferas, mientras que el propano necesita superar las 8 atmósferas, en estado líquido su volumen es 250 veces menor que en estado gaseoso, facilitando su almacenamiento y transporte de forma eficiente y económica.

Su comercialización se da por el almacenamiento de GLP en recipientes de presión para su distribución, como cilindros o tanques.

El Gas licuado de petróleo se obtiene a partir de dos fuentes principales los que se encuentran asociados al petróleo crudo donde se utilizan procesos como destilación primaria, reformado catalítico, cracking catalítico, Steam cracking, Polimerización, alquilación y cracking térmico. El asociado al gas natural donde se desarrolla un proceso de destilación fraccionada en dos etapas.

El GLP es usado como combustible domestico (cocción de alimentos, calefacción y calentamiento), vehicular (alternativa económica y limpia frente a combustibles como el diésel y el gasohol), industrial (combustible en procesos de fabricación, hornos y calderas), comercial (restaurantes, panaderías y lavanderías), agrícola (secadoras de granos y calefacción para criaderos de animales). El GLP vienen siendo un recurso energético clave debido a su versatilidad, accesibilidad y bajo impacto ambiental en comparación con otros combustibles fósiles. (OSINERGMIN, 2011)

2.4.1. Cadena de comercializaciones GLP

La cadena de comercialización del Gas Licuado de Petróleo (GLP) en el Perú abarca todos los procesos necesarios para que este energético llegue desde los puntos de producción o importación hasta los consumidores finales, entre los agentes asociados a esta cadena de distribución se tienen:

- ✓ **Productores**
- ✓ **Importadores**
- ✓ **Plantas de abastecimiento**
- ✓ **Plantas envasadoras**

Las empresas envasadoras de GLP desempeñan un papel crucial en la cadena de comercialización del GLP, ya que permiten que este combustible llegue a los consumidores, por lo que tienen una función clave en garantizar la seguridad, calidad y disponibilidad del producto para los usuarios finales. Su responsabilidad está estrictamente regulada para minimizar riesgos y garantizar un servicio confiable.

Las plantas envasadoras son responsables del almacenamiento, envasado, trasvase y entrega de GLP a los clientes. Deben garantizar que los cilindros bajo su propiedad, identificados con su marca y distintivos, se mantengan en condiciones seguras para los usuarios en todo momento. Está prohibido envasar GLP en cilindros rotulados en kilogramos que no les pertenezcan, así como participar en el procedimiento de intercambio de cilindros establecido en el reglamento de comercialización de GLP, diseñado para optimizar la logística; sin embargo, los riesgos asociados al GLP están directamente relacionados con los cilindros por condiciones deficientes como corrosión o golpes, que pueden comprometer su integridad estructural, o fuga de gas por válvulas defectuosas o mal ajustadas (OSINERGMIN, 2011).

Tabla 12

Capacidad de Almacenamiento de Plantas Envasadoras

Región	Numero	Volumen (BLS)
Lima	32	10 637
Callao	6	5 595
Arequipa	9	4 762
La Libertad	7	3 760
Lambayeque	6	3 548
Junín	9	2 912
Piura	4	2 905
Loreto	1	1 905
Ica	4	1 667

Puno	2	1 667
Ancash	2	952
Ayacucho	2	814
Cusco	4	762
Ucayali	2	740
Cajamarca	2	476
San Martin	2	429
Huánuco	2	357
Apurímac	1	286
TOTAL	**95**	**44174.00**

Fuente: OSINERGMIN, (2011)

Nota: La Tabla Nº12 presenta la distribución regional del número de plantas envasadoras, destacándose que la región Cusco cuenta con un total de cuatro instalaciones.

- ✓ **Distribuidor de GLP a Granel**

Los distribuidores de GLP a granel juegan un papel crucial en la cadena de comercialización del Gas licuado de Petróleo (GLP), ya que son responsables de la entrega de GLP en grandes cantidades, generalmente a consumidores finales, estos distribuidores utilizan vehículos especializados como camiones tanque o camiones cisterna para transportar el GLP y distribuirlo en su forma líquida.

Los principales clientes de los distribuidores de GLP a granel son los consumidores directos, que usan el GLP para actividades como la cocina o calefacción y las redes de distribución de GLP que entregan el producto a los hogares o empresas (OSINERGMIN, 2011).

- ✓ **Transportista de GLP a Granel**

Se encarga del movimiento de GLP en estado líquido desde las plantas de abastecimiento hacia los consumidores directos o distribuidores.

2.5. Mercado nacional de GLP

El mercado de GLP en el Perú refleja una importante adopción tanto a nivel doméstico como empresarial, consolidándose como un combustible clave en la canasta energética del país, según la Sociedad Peruana de Gas Licuado (SPGL), existe una cobertura de más de 7 millones de hogares (aproximadamente 28 millones de personas) utilizan GLP, principalmente para la cocción de alimentos, este consumo contribuyo a la reducción del usos de combustibles tradicionales como leña, carbón, kerosene y estiércol, aproximadamente 5.5 millones de hogares que usan GLP pertenecen a los niveles socioeconómicos D y E, de menores ingresos, esto resalta el rol social del GLP de mejorar las condiciones de vida de familias y reducir la dependencia de combustibles menos eficiente y más contaminantes, aproximadamente se comercializan al menos 8 millones de cilindros de GLP debido a que se posee una amplia red de envasadoras y distribución que llega incluso a zonas de difícil acceso, actualmente el GLP viene siendo utilizado en diversas actividades empresariales como centros comerciales, industria avícola, hornos industriales, calderos y secadoras de ropa, centro de salud, debido a que su versatilidad lo convierte en una opción confiable y eficiente para diversas aplicaciones industriales y comerciales (América GLP, 2024).

2.5.1. Demanda de GLP en el Perú

El mercado peruano de GLP esta segmentado en dos categorías principales:

- ✓ GLP para envasado (GLP – E)
- ✓ GLP a granel (GLP – G)

Cada una de estas con características y usos específicos que reflejan su importancia en el ámbito doméstico, comercial e industrial.

a. Glp envasado (GLP – E)

Es usado principalmente en hogares como combustible para la cocción de alimentos; así mismo, puede ser usado en pequeños negocios o medianas empresas especialmente en sectores como panaderías y restaurantes. Según la Encuesta Nacional de Hogares ENAHO, (2022), uno de cada dos hogares en Perú utiliza GLP – E como su principal combustible para cocinar, la adopción es mayor en las regiones de la costa y centro del país, donde más del 50% de los hogares dependen de este energético (Osinergmin, 2023).

b. Glp a granel (GLP – G)

El GLP a granel es usado por consumidores directos en sectores industriales y comerciales, así mismo, es usado como combustible vehicular aproximadamente más de 650 000 vehículos particulares y de servicio público adoptaron GLP-G como su principal fuente de energía en 2023, es un combustible económico a comparación del gasohol y diésel y posee una reducción de emisiones contaminantes.

El GLP en Perú es un pilar energético que combina accesibilidad, eficiencia y sostenibilidad. La amplia adopción de GLP-E en los hogares y el crecimiento sostenido del GLP-G en el transporte y la industria reflejan su versatilidad y relevancia. Sin embargo, aún existen oportunidades para expandir su uso en regiones menos favorecidas y promover su papel en transición energética del país (Osinergmin, 2023).

2.6. Estudio de precios

2.6.1. Estudio de precios de agua

Según (SedaCusco, 2024) se estableció aprobar la nueva estructura tarifaria de la EPS seda Cusco aplicable al servicio de agua potable en la localidad del Cusco.

Figura 11

Tabla de precios para la localidad de Cusco

Clase	Categoría	Rango de Consumo (m^3)	Tarifa Agua Potable (S/ / m^3)	Tarifa Alcantarillado (S/ / m^3)	Cargo Fijo (S/. por mes)
RESIDENCIAL	Social	0 a 8	1.0674	0.9103	5.11
		9 a más	1.8349	1.5686	
	Doméstico	0 a 8	1.0674	0.9103	5.11
		9 a 22	1.8349	1.5686	
		23 a más	4.5263	3.8681	
NO RESIDENCIAL	Comercial I	0 a 30	4.5263	3.8681	5.11
		31 a 50	6.0061	5.1341	
		51 a más	8.8804	7.5902	
	Comercial II	0 a 30	3.0452	2.6019	5.11
		31 a 50	6.0061	5.1341	
		51 a más	8.8804	7.5902	
	Industrial	0 a 100	5.9221	5.0598	5.11
		101 a más	11.2680	9.6330	
	Estatal	0 a 70	3.0452	2.6019	5.11
		71 a más	4.5263	3.8681	

Fuente: (SedaCusco, 2024)

Nota: La Figura Nº11 presenta los precios del servicio de agua potable en la localidad del Cusco. No obstante, el marco tarifario aplicable a las instituciones del Estado, incluidos los centros de salud, contempla una tarifa variable, con un cargo fijo mensual que fluctúa entre S/ 2.00 y S/ 4.00 por m^3.

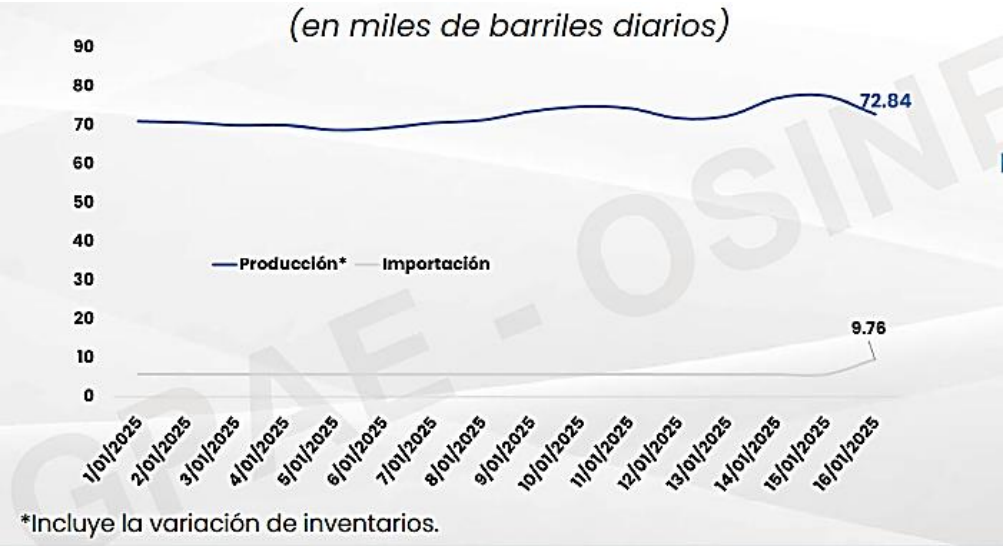
2.6.2. Variación de precio GLP

Publicaciones recientes sobre el análisis económico de hidrocarburos de la gerencia de políticas y análisis financiero mencionan la disminución de la producción de GLP a inicios de año donde se menciona lo siguiente:

La producción promedio disminuyo en -1% alcanzando los 72.84 miles de barriles diarios, además que las importaciones promedio se incrementaron en +66% con respecto a índices pasados.

Figura 12

Importación y producción promedio móvil mensual de GLP Perú

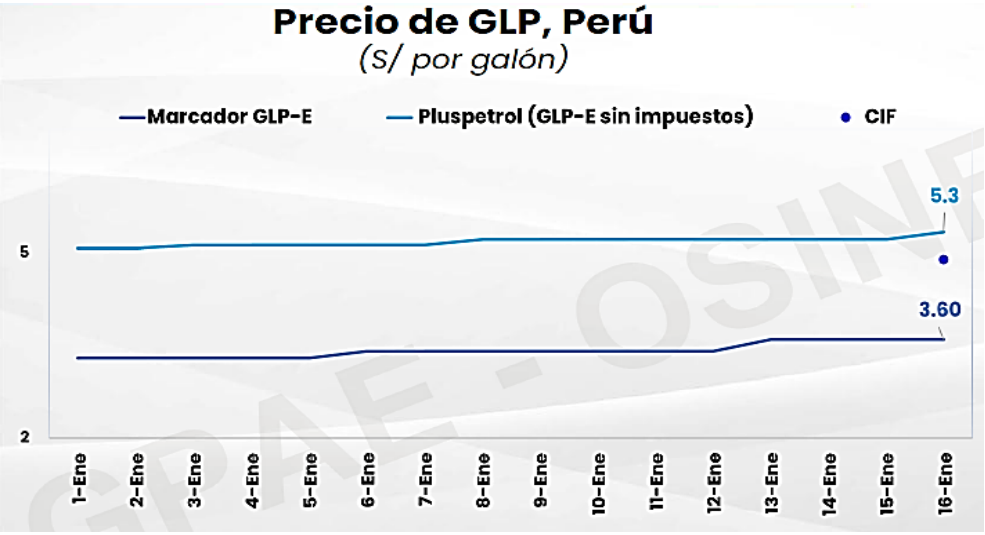


Fuente : Gerencia de Politicas y Analisis Economico, (2025)

En referencia al precio mayorista de GLP comercializado por Pluspetrol se incrementó en +2% alcanzando los s/ 5.30 por galón. El marcador se incrementó en +6% con respecto a precios pasados además que durante el mes de enero solo se registró una importación de GLP con un valor de s/ 4.90 por galón.

Figura 13

Precio de GLP en Perú

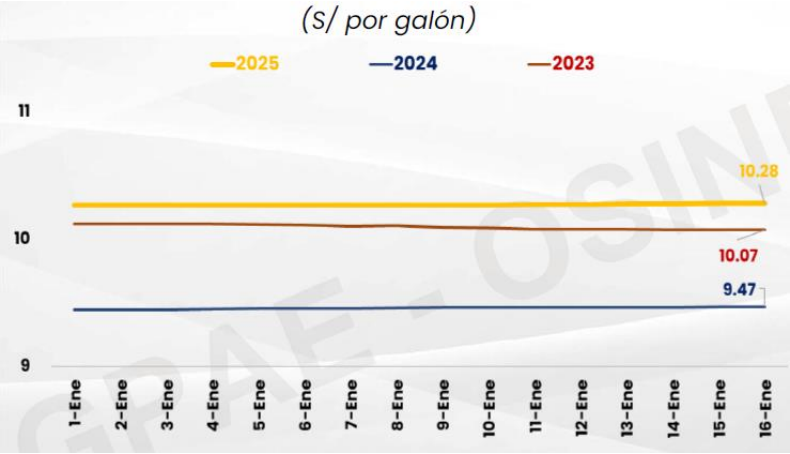


Fuente: Gerencia de Politicas y Analisis Economico, (2025)

Nota: Desde la salida del GLP del FEPC el 28/06/2024, Pluspetrol ha registrado un solo precio mayorista para el GLP sin distinguir entre GLP a granel y envasado, este precio corresponde al promedio de las plantas de Pisco y Callao.

El precio minorista del GLP envasado se mantuvo constante, en comparación con fechas pasadas el precio promedio de venta al usuario final del GLP envasado se mantuvo constante alcanzando los S/. 10.28 por galón, el GLP envasado aumento +4% por encima de lo registrado el primer día de su salida del FEPC, en términos anuales el precio actual es un +9% suprior al del 2024 y un +2% mayor al 2023.

Figura 14
Precio de GLP envasado en Perú



Fuente: Gerencia de Politicas y Analisis Economico, (2025)

Nota: La figura N°14 indica el incremento del precio de GLP envasado por galón en los años 2023 al 2025.

2.7. Dinámica poblacional

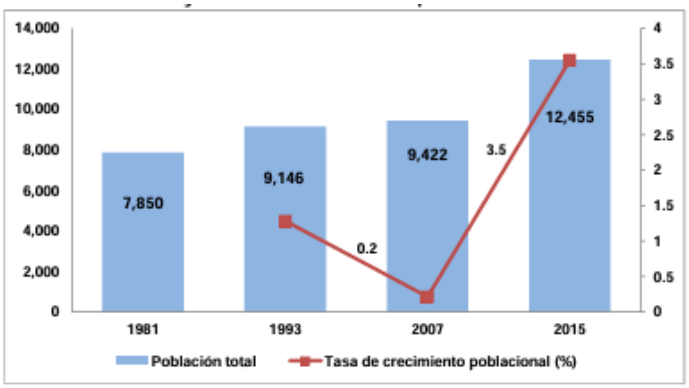
Según los resultados de los censos realizados en los años 1981, 1993, 2007 y proyecciones futuras del instituto nacional de Estadística e Informática (INEI), el distrito de chinchero en el 2015 alcanzo 12 455 habitantes el cual representa el 18.5% de la población provincial y el 0.95% del total regional, se debe de tener en cuenta que a lo largo de los años es decir que entre 1981 y

2015 la población creció 1.6 veces, lo cual es considerado como un aumento sostenido, teniendo una tasa de crecimiento del 1.4% lo cual implicaría dinámicas económica, sociales y demográficas importantes para la región.

Cabe destacar que el distrito de chinchero actúa como nexo entre la ciudad del Cusco y el Valle Sagrado de los Incas, la accesibilidad de este lugar ha facilitado la ocupación progresiva del centro poblado y la expansión hacia sectores cercanos, el turismo regional también es un factor clave en la dinámica económica y social por lo que se destaca una necesidad de planificación estratégica y adecuada para abordar desafíos asociados al crecimiento urbano y turístico. (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2016)

Figura 15

Tasa de crecimiento poblacional - Chinchero



Fuente: Municipalidad Distrital de Chinchero, (2016)

Nota: La figura N°15 detalla el crecimiento poblacional en la localidad de chinchero entre los años 1981 al 2015 considerando una tasa de crecimiento de 1.4%.

2.8. Distribución poblacional

El distrito de Chinchero provincia de Urubamba a lo largo de los años fue desarrollando una dinámica social y económicas las cuales fueron impactando en la distribución poblacional y las características del distrito a través del crecimiento poblacional el cual está acompañado por una

transición en la distribución entre las áreas urbanas y rurales; así mismo, la población urbana paso del 13.8% en 1981 al 34.8% en 2015, mientras que la población rural disminuyo del 86.2% al 65.2% en el mismo periodo, el incremento de la densidad poblacional paso de 83 hab/km^2 en 1981 a 132 hab/km^2 en 2015.

Figura 16: Distribución Sectorial del Distrito de Chinchero

N°	Nombre de la comunidad o sector		Poblacion
	Area Urbana		
1	Mateo Pumaccahua	Centro Poblado	970.00
2	Calle Garcilaso	Centro Poblado	622.00
3	Cuper Pueblo	Sector	546.00
4	Querapata	Sector	955.00
5	Nueva Victoria	Sector	589.00
6	Tambocancha	Sector	322.00
7	Nuevo Triunfo	Sector	219.00
8	Kjamu	Sector	108.00
Total poblacion area Urbana			**4331.00**
N°	**Area Rural**		**Poblacion**
	Cooperativa Huaypo		
1	Muyuri	Sector	147.00
2	Andenes	Sector	109.00
3	Vallecito	Sector	74.00
4	Charac	Sector	183.00
5	Tangabamba	Comunidad	290.00
6	Ramos Ccacca	Sector	80.00
7	Virgenes de las Mercedes	Sector	243.00
8	San Isidro	Sector	46.00
9	San Jose	Sector	370.00
10	San Juan Bautista	Sector	350.00
11	Miraflores	Sector	89.00
N°	**Comunidad Ccoimarca**		**Poblacion**
1	Ccorimarca	Comunidad	290.00
N°	**Asociacion**		
1	Piuray	Sector	290.00
N°	**Comunidad de Yanacona**		**Poblacion**
1	Olones	Sector	173.00
2	Chaqquelccocha	Sector	35.00
3	Queullaccocha	Sector	103.00
4	Huatata	Sector	520.00
5	Umanes	Sector	260.00
N°	**Comunidad de Ayllopongo**		**Poblacion**
1	Huila Huila	Sector	370.00
2	Allpachaca	Sector	19.00
N°	**Comunidad de Cuper**		**Poblacion**
1	Cuper Bajo	Sector	260.00
2	Cuper Alto	Sector	262.00
3	Pucamarca	Sector	323.00
N°	**Otras comunidades y Asociaciones**		**Poblacion**
1	Taucca	Comunidad	191.00
2	Ccorccor	Comunidad	215.00
3	Umasbamba	Comunidad	347.00
4	Ocutuan	Comunidad	350.00
5	Pongobamba	Comunidad	509.00
6	Valle de Chosica	Comunidad	390.00
7	Ccoricancha	Comunidad	363.00
8	Simataucca	Comunidad	440.00
9	Ayamaca	Comunidad	246.00
10	Asociacion de vivienda Nueva Yanaoca	Asociacion	228.00
Total poblacion area rural			**8165.00**

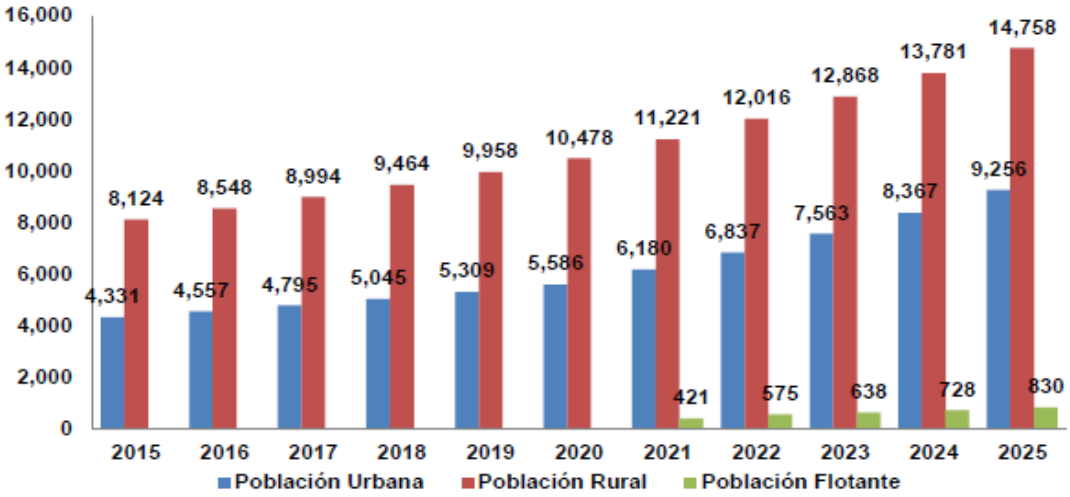
Fuente: Municipalidad Distrital de Chinchero, (2016)

2.8.1. Proyecciones

Según el estudio realizado y plasmado en el "PLAN DE DESARROLLO LOCAL CONCENTRADO CHINCHERO AL 2021" (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2016), se tiene una proyección poblacional para el 2025 de 24.844 habitantes, lo cual reflejara un crecimiento significativo vinculado a factores económicos y sociales, dicha proyección representa un notable incremento en comparación con el año 2015, se presentan una distribución poblacional del 37% en zonas urbanas impulsadas por actividades económicas y mayor accesibilidad, 59% en zonas rurales, y 3% población flotante dicha población esta relacionara con la dinámica económica temporal, como construcción y turismo, se debe destacar que los factores que impulsaran este crecimiento será la construcción y operación del nuevo aeropuerto el cual incrementara la actividad económica y atraerá población flotante y permanente, la consolidación como producto turístico a través del fomento de actividades culturales, recreativas y comerciales y el desarrollo de actividades agrícolas y logísticas; todos estos cambios reflejaran una transformación estructural en el distrito de Chinchero, con implicaciones en infraestructura, servicios públicos y sostenibilidad.

Figura 17

Proyección de crecimiento Poblacional - Chinchero al 2025



Fuente: Municipalidad Distrital de Chinchero, (2016)

Nota: La figura N°17 representa el crecimiento poblacional del 2015 al 2025 según el estudio realizado por la Municipalidad Distrital de Chinchero.

2.9. Servicio de salud

El análisis de la gestión del servicio de Salud en el distrito de Chinchero resalta desafíos significativos, especialmente en infraestructura, equipamiento, recursos humanos y cobertura de atención medica; el CLAS Chinchero, junto con el puesto de salud de Ocutuan y el puesto de salud de contingencia de Huaypo, son responsables de la gestión y cobertura de los servicios, teniendo como objetivo mejorar la atención del primer nivel a través de la cogestión con la comunidad; sin embargo, se tiene una cobertura limitada ya que una parte considerable de la población sigue sin acceso a los servicios de salud, teniendo una estadística de 49.1% de la población no cuenta con seguro, 47.4% se encuentran adscritos al SIS, el 2.1% en ESSALUD y el 1.4% en otros sistemas.

La infraestructura y equipamiento de estos centros médicos son deficiente ya que no cumplen con las normas técnicas establecidas, lo cual limita la calidad de la atención (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2016).

2.10. Demanda de GLP en el centro de salud de Ocutuan

La figura N°18 presenta el incremento del consumo de GLP (en m^3) desde el año 2017 hasta la proyección del año 2026, evidenciando un crecimiento sostenido a lo largo del periodo. Este incremento se relaciona directamente con el crecimiento poblacional en la localidad de Chinchero y el aumento progresivo de las atenciones médicas en el centro de salud, lo que ha generado una mayor demanda energética.

Cabe destacar que, actualmente, el centro de salud posee un punto de consumo de GLP conformado por dos calentadores de agua de 13 litros, destinados principalmente a la provisión de agua caliente para actividades clínicas y sanitarias. A pesar de esta infraestructura limitada, el

consumo de GLP ha experimentado un aumento significativo, pasando de 17.49 m³ en 2017 a una proyección de 32.39 m³ en 2026, lo cual representa un incremento superior al 85%.

Este comportamiento resalta la necesidad de evaluar la eficiencia energética de los sistemas actuales y planificar adecuadamente la capacidad operativa futura, considerando tanto el crecimiento en la demanda de servicios como la sostenibilidad del suministro de GLP.

Tabla 13
Proyección de atenciones del 2026 al 2030

Servicios	Servicios Preventivos	Control De Crecimiento Y Desarrollo	Control Prenatal	Servicios Recuperativos (Medicina General, Enfermería, Odontología, Obstetricia)	Consulta Externa	TOTAL
2017	841	655	186	5109	5109	11900
2018	901	701	199	5471	5471	12743
2019	964	751	213	5859	5859	13646
2020	1033	804	228	6274	6274	14613
2021	1106	861	245	6719	6719	15650
2022	1185	923	262	7196	7196	16762
2023	1268	988	281	7706	7706	17949
2024	1358	1058	300	8252	8252	19220
2025	1455	1133	322	8837	8837	20584
2026	1558	1213	345	9464	9464	22044
2027	1580	1230	350	9596	9596	22353
2028	1602	1247	355	9731	9731	22666
2029	1624	1265	360	9867	9867	22983
2030	1647	1282	365	10005	10005	23305

Fuente: (Municipalidad Distrital de Chinchero, 2016)

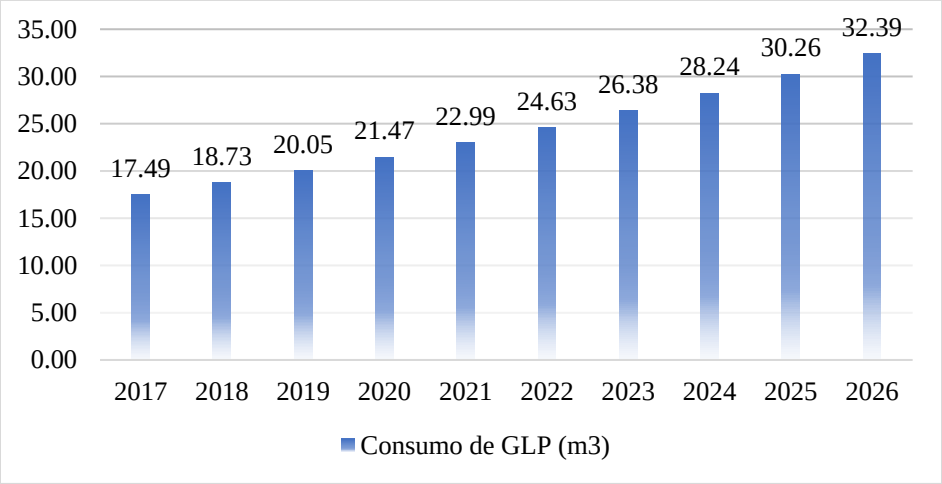
Nota: La tabla N°13 indica la proyección de atenciones al 2030 de acuerdo al estudio realizado por la Municipalidad Distrital de Chinchero.

Tabla 14
Consumo de GLP

Año	Total, de Atenciones	Consumo de GLP (m3)
2017	11900	17.49
2018	12743	18.73
2019	13646	20.05
2020	14613	21.47
2021	15650	22.99
2022	16762	24.63
2023	17949	26.38
2024	19220	28.24
2025	20584	30.26
2026	22044	32.39

La Tabla N.º 14 presenta el consumo estimado de GLP, expresado en metros cúbicos m³, calculado a partir del funcionamiento de dos calentadores de agua de 13 litros de capacidad. Esta estimación se basa en el número total de atenciones anuales registradas durante el período comprendido entre 2017 y 2026.

Figura 18
Proyección de Consumo de GLP 2017-2026



Nota: La figura N°18 muestra la proyección del consumo de GLP en m3 por año.

CAPITULO III: ESTUDIO TÉCNICO DEL PROYECTO

El presente estudio técnico tiene como finalidad determinar la viabilidad operativa del proyecto, mediante el análisis detallado de los factores de localización y recursos que condicionan su implementación, este análisis constituye un pilar esencial en la formulación del proyecto, ya que permitirá identificar la mejor ubicación geográfica, evaluar el proceso involucrado y definir las características técnicas necesarias para su desarrollo.

3.1. Localización del proyecto

Como parte de la implementación del proyecto, se ha determinado la necesidad de contar con un sistema centralizado de Gas Licuado de Petróleo, que garantice el suministro eficiente y seguro del combustible requerido para las operaciones del establecimiento. En ese sentido, la instalación del sistema centralizado de GLP se llevará a cabo en el centro de Salud de Ocutuan, ubicado en el distrito de Chinchero, provincia de Urubamba, región del Cusco.

3.1.1. Macrolocalización

El distrito de Chinchero, situado en la provincia de Urubamba en la región Cusco, fue establecido por la Ley N°59 el 9 de septiembre de 1905 y posteriormente declarado pueblo mediante la Ley N°12301 el 3 de mayo de 1955. Está ubicado a 29 kilómetros al noreste de la ciudad de Cusco.

Tabla 15
Localización Geográfica

LOCALIZACION GEOGRAFICA	
Latitud	13° 24’ 30’’
Longitud	72° 04’ 15’’
Altitud	3 762 m.s.n.m
EXTENSION TERRITORIAL	
Superficie	94.57 km^2

Densidad Poblacional	105 habitantes/km^2
LIMITES	
Norte	Distrito de Huayllabamba
Sur	Distrito de Cachimayo
Este	Distritos de Cusco, Coya y Calca
Oeste	Distritos de Anta y Maras

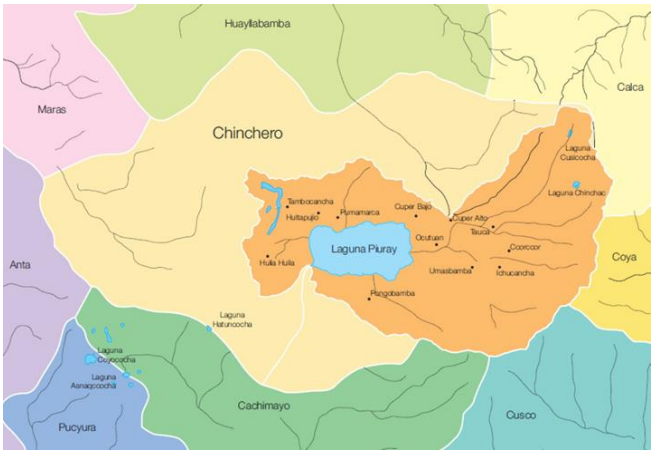
Nota: La tabla N°15 indica la localización geográfica, extensión territorial y límites del distrito de Chinchero.

Tabla 16
Localización Geográfica Centro de Salud de Ocutuan

LOCALIZACION GEOGRAFICA	
Latitud	-13.416218
Altitud	-70.012847

Nota: La tabla N°16 indica la localización geográfica, del centro de salud de Ocutuan.

Figura 19
Sectores Asociadas al distrito de Chinchero



Fuente: Ministerio del Ambiente, (2020)

Nota: La Figura Nº19 muestra los sectores aledaños al centro de salud de Ocutuan que se encuentran dentro de su ámbito de atención ambulatoria.

3.1.2. Microlocalización

El estudio de la localización del proyecto tiene como objetivo evaluar diversas opciones de ubicación para el mismo, identificando los lugares más adecuados para ubicar el proyecto,

buscando aquel que brinde mayores beneficios y costos más favorables. Esto significara elegir el sitio que permita obtener mayor ganancia en el caso de una empresa privada o menores costo unitario si se tratase de un proyecto social (Corrillo Machicado & Gutierrez Quiroga, 2016).

Cabe mencionar que la instalación del sistema centralizado de GLP se da a raíz de una necesidad que presenta el centro médico por lo que se evaluará la localización del sistema dentro del área de salud siguiendo aspectos estrictos de ubicación como normativas y regulaciones técnicas vigentes como son:

- ✓ Norma Técnica Peruana (NTP) 321.123 :2012 “Gas Licuado de Petróleo – Instalaciones para consumidores Directos y Redes de Distribución”
- ✓ Norma Técnica Peruana (NTP) 321.121:2013 “Instalaciones Internas de GLP para Consumidores Directos y Redes de Distribución”
- ✓ NFPA 58: Liquefied Petroleum Gas Code
- ✓ NFPA 99: Health Care Facilities

Se utilizó la tabla N°17 y se seleccionó el de mayor ponderación según corresponde. El peso de ponderación se basó en el siguiente criterio:

Tabla 17
Peso de ponderación

Importancia del criterio	**Peso sugerido**
Muy Alto - Critico	20 – 30%
Alto	15 – 20%
Medio	10 – 15%
Bajo	5 – 10%

La escala de puntuación se basará en la siguiente tabla:

Tabla 18
Valoración de ponderación

Valoración	Puntuación
Bajo	1 – 3
Moderado	4 – 6
Bueno	7 – 8
Optimo	9 - 10

Tabla 19
Tabla de Ponderación para la localización del sistema

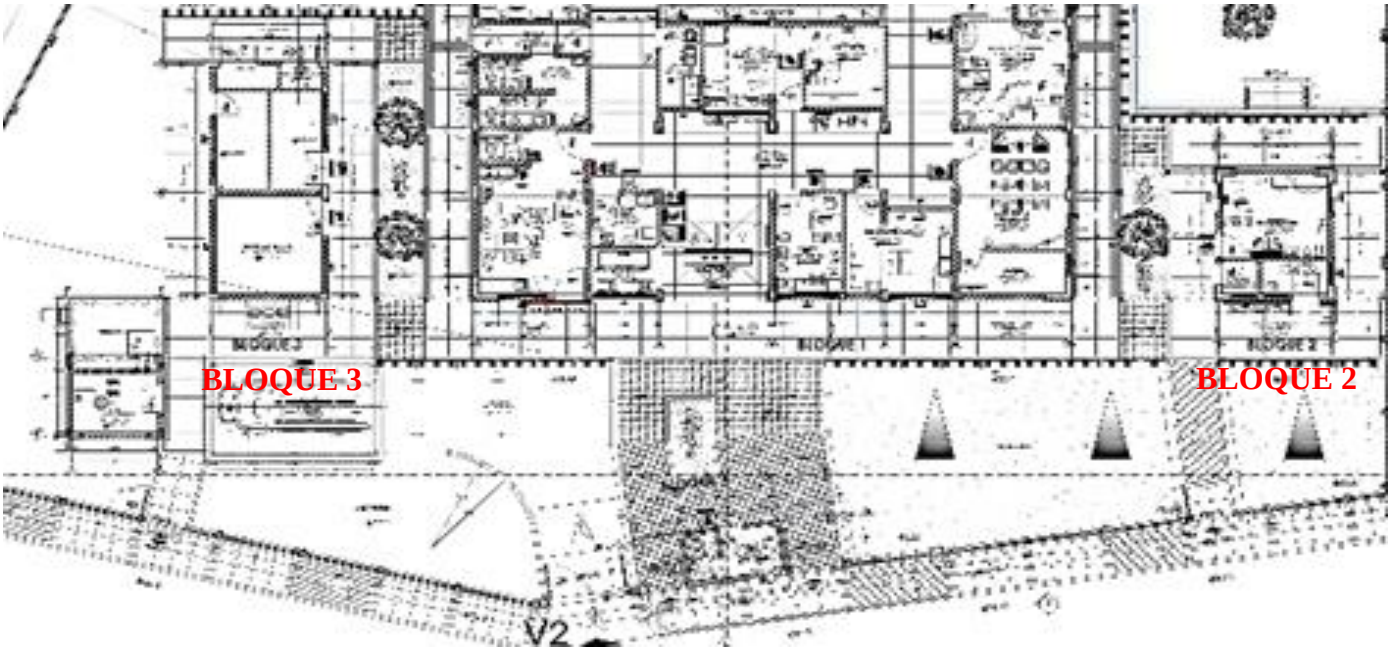
	Factor de localización	Peso ponderado de cada factor W_i	Puntaje del factor para cada localización			
			Bloque III		Bloque II	
			F_{y_1}	P	F_{y_2}	P
1	Ubicación y accesibilidad	25%	7	1.75	6	1.5
2	Distancia a equipos	20%	8	1.60	3	0.6
3	Distancias Normativas (NTP 321.123)	23%	9	2.07	9	2.07
4	Distancias Seguras de áreas Criticas (quirófanos, hospitalización) (NTP 321.123).	22%	9	2.25	9	2.25
5	Ventilación natural y entorno abierto	10%	10	1.50	10	1.5
	$S_j = \sum_{i=1}^{m} W_i \times F_y$	100%		9.17		7.92

Donde:

- ✓ S_j : $Puntuacion\ global\ de\ cada\ alternativa\ j$
- ✓ W_i : $Es\ el\ Peso\ ponderado\ de\ cada\ factor$
- ✓ F_y : $Es\ la\ puntuacion\ de\ las\ alternativas\ j\ por\ cada\ uno\ de\ los\ factores$
- ✓ P: Es la calificación ponderada = $W_i \times F_y$

De acuerdo con los criterios evaluados, la ubicación próxima al bloque III alcanzó el puntaje ponderado más alto, con un valor de 9.17, lo que la convierte en la opción más adecuada para la instalación del tanque de GLP. Esta ubicación proporciona un equilibrio optimo entre seguridad, accesibilidad y cumplimiento de la normativa, considerando también su localización, facilidad de acceso y la distancia optima entre los equipos.

Figura 20
Ubicación de bloques II y III



Fuente: Gerencia Regional de Gestión de Inversiones de Infraestructura, (2022).

También se establece una tabla de ponderación para la selección del sistema de GLP a desarrollarse en función al siguiente factor de ponderación:

Tabla 20
Factor de ponderación

Ponderación	Valoración
1	Relevante
2	Importante
3	Muy Importante

Se establece los puntajes de calificación de los criterios

Tabla 21
Puntajes de valoración

Puntaje	Valoración
1	Muy malo
2	Malo
3	Regular
4	Bueno
5	Excelente

Tabla 22
Tabla de Ponderación para la selección del sistema centralizado de GLP

Factor	Ponderación (P)	Sistema de Manifold		Tanque 500 gal		Tanque 250 gl + vaporizador	
		Puntaje (p)	P x p	Puntaje (p)	P x p	Puntaje (p)	P x p
Demanda Consumo Energético	3	2	6	5	15	4	12
Capacidad de almacenamiento	2	2	4	4	8	4	8
Costo operativo	3	3	9	4	12	3	9
Espacio disponible	2	3	6	4	8	4	8
Mantenimiento y operación	2	3	6	5	10	4	8
Flexibilidad de expansión	2	1	2	5	10	4	8
Seguridad	1	2	4	5	10	5	10
$\sum P.p$		37		73		63	
(%)= (Pt/Pideal (90)		41%		81%		70%	

La tabla N°22 presenta la evaluación para la elección de tecnología en la que el tanque de 500 galones obtuvo un puntaje de 81%, seguido por el tanque de 250 galones más vaporizador con 70% y finalmente el sistema de manifold con 41%. Se determinó que el sistema de tanque de 500 galones es la mejor opción para la tecnología a usarse debido a su mayor ponderación en base a los criterios señalados.

CAPITULO IV: INGENIERIA DEL PROYECTO

En este capítulo, se desarrolló el diseño del sistema centralizado de GLP y condiciones para su instalación; además, se realizó el dimensionamiento del sistema de almacenamiento GLP y se estableció los parámetros y características de los equipos a usar para todo el sistema propuesto de GLP.

El estudio técnico del proyecto es fundamental en la planificación y desarrollo debido a que este se enfocará en analizar y definir todos los aspectos relacionados con la viabilidad técnica y operativa.

Así mismo, se puede indicar que el estudio técnico de un proyecto es un proceso dinámico el cual implica una revisión constante a otras investigaciones, estos estudios reflejan el conocimiento detallado de los planificadores del proyecto sobre características claves. Se debe de tener en cuenta que cualquier tipo de producción industrial se entiende como el uso de mano de obra, materia prima y energía, esto con el propósito de alcanzar objetivos productivos; además, implica el uso de recursos específicos de producción como maquinaria y equipo el cual permitirá un enfoque tecnológico determinado (Erossa Martin, 2016).

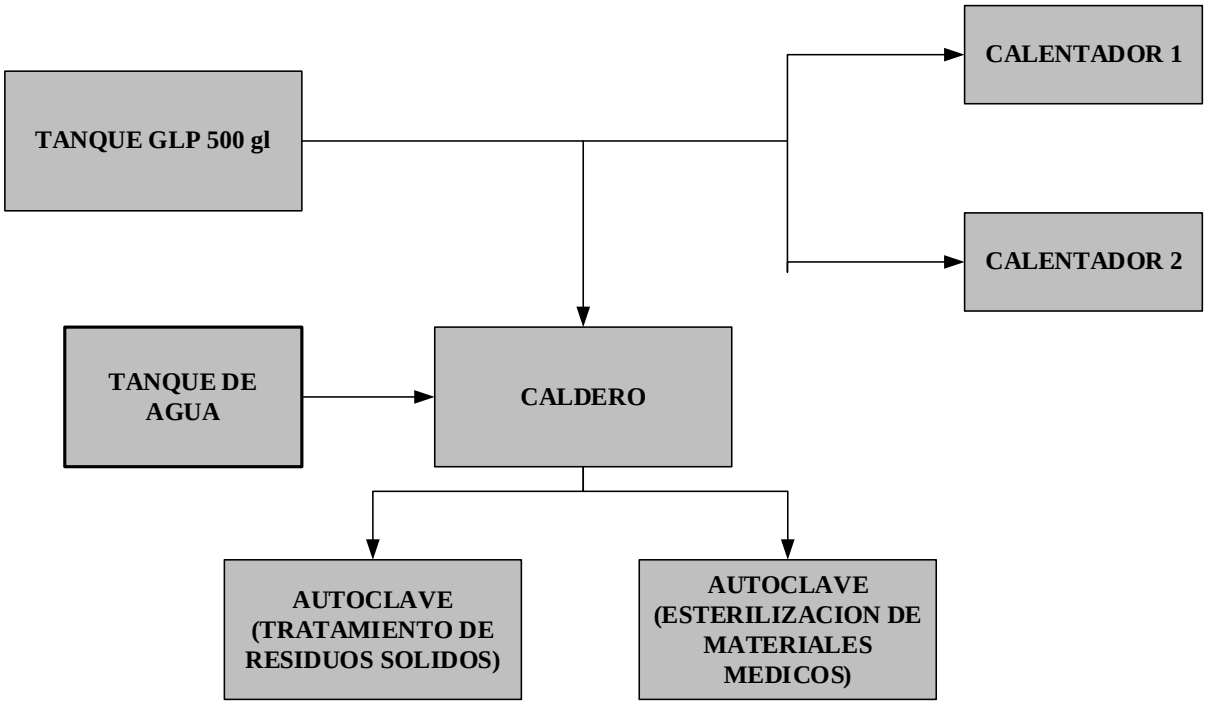
El estudio técnico se puede desglosar en rubros como:

- Selección del proceso de producción.
- Especificaciones de maquinarias y equipos para montaje y operación.
- Lay Out de edificaciones y distribución.
- Programas de trabajo.
- Proyectos complementarios de Ingeniería.

4.1. Diagrama de flujo del proceso productivo

El sistema comienza en el tanque de GLP de 500 galones. Desde aquí, el gas se extrae y se dirige a la caldera y calentadores de agua, el vapor generado en la caldera posteriormente se dirigirá a la autoclave para el tratamiento de residuos sólidos y otra para el proceso de esterilización de materiales médicos. En todo el sistema se usará válvulas para controlar el ingreso y salida de vapor, así como reguladores.

Figura 21
Diagrama de flujo del sistema centralizado de GLP



Para el diseño del sistema centralizado de GLP, se consideró el plano de infraestructura, las condiciones climáticas del lugar y las zonas de atención del centro médico.

La tabla N°23 muestra las condiciones atmosféricas del distrito de Chinchero, la cual es de gran relevancia para determinar la eficiencia en la vaporización de GLP.

Tabla 23
Condiciones atmosféricas del distrito de Chinchero – Cusco

Parámetro	Valores
Altura	3 762 m.s.n.m
Temperatura	-1 a 17°C

Para dimensionar el volumen del tanque de almacenamiento de GLP, es necesario realizar un análisis detallado del requerimiento energético asociado a los servicios operativos del centro de salud. Específicamente, se contempla la incorporación de equipos de esterilización destinados tanto al tratamiento de instrumental médico como a la gestión de residuos biomédicos generados en las instalaciones.

4.2. Balance de materia y energía

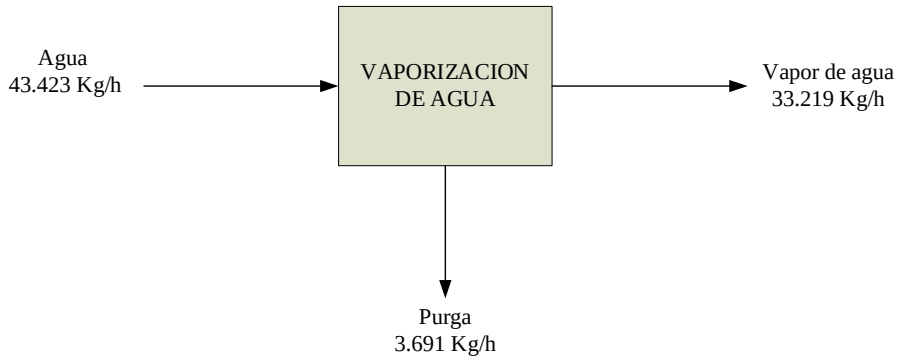
4.2.1. Balance de materia

El balance de materia en el proceso de generación de vapor se desarrolla considerando el caudal de agua tratada que ingresa a la caldera, la cual ha sido previamente acondicionada mediante un proceso de ablandamiento, con el fin de prevenir la formación de incrustaciones en los componentes internos del equipo. Este análisis se fundamenta en el principio de conservación de la masa, conforme a los fundamentos de la termodinámica, representado por la ecuación:

$$Masa\ de\ entrada\ =\ Masa\ de\ salida \qquad (7)$$

La figura N°22 ilustra el esquema de flujo del proceso, donde se detallan las corrientes de entrada y salida involucradas en la transformación del agua en vapor, destinado al funcionamiento de autoclaves para la esterilización de instrumental médico y para el tratamiento térmico de residuos sólidos.

Figura 22
Balance de materia para la vaporización de agua



La estimación de la cantidad de vapor de agua generado por la caldera se realiza aplicando la ecuación correspondiente descrita en la expresión (8):

$$\dot{m}\_agua = \dot{m}\_vapor + \dot{m}\_purga + \dot{m}\_perdidas \quad (8)$$

Donde:

$\dot{m}_{agua}$: $Flujo\ masico\ de\ agua\ de\ alimentacion\ \left(\frac{Kg}{h}\right)$

$\dot{m}_{vapor}$: $Flujo\ masico\ de\ vapor\ generado\ \left(\frac{Kg}{h}\right)$

$\dot{m}_{purga}$: $Flujo\ masico\ de\ purga\ del\ sistema\ \left(\frac{Kg}{h}\right)$

$\dot{m}_{perdidas}$: $Perdidas\ por\ fugas\ \left(\frac{Kg}{h}\right)$

Para el cálculo de flujo masico de purga del sistema aplicamos la ecuación (9):

$$Purga\ \left(\frac{Kg}{h}\right) = \frac{\dot{m}_{vapor}}{C-1} \quad (9)$$

Donde:

$\dot{m}_{vapor}$: $Flujo\ masico\ de\ vapor\ generado\ \left(\frac{Kg}{h}\right)$

C: $Ciclo\ de\ concentracion$

Sustituyendo los valores en la ecuación correspondiente al cálculo de purga, y considerando un ciclo de concentración de 10 valor típico para calderas de baja presión (inferior a 10 bar) así como un requerimiento de vapor de 25.33 kg/h destinado al funcionamiento de ambas autoclaves, se obtiene el siguiente resultado:

$$Purga\ \left(\frac{Kg}{h}\right) = \frac{33.219\frac{Kg}{h}}{10-1} = 3.691\frac{Kg}{h}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (8), considerando que la caldera posee una eficiencia del 85%, se obtiene:

$$\dot{m}_{agua} = 33.219\ \frac{Kg}{h} + 3.691\frac{Kg}{h} + 0.15\ \dot{m}_{agua}$$

$$0.85 * \dot{m}_{agua} = 33.219\ \frac{Kg}{h} + 3.691\frac{Kg}{h}$$

$$\dot{m}_{agua} = 43.423\frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

4.2.1.1. Balance de materia - Vapor requerido

A continuación, se presenta el detalle del requerimiento de vapor para los equipos autoclaves:

a) Autoclave de Esterilización de Material Médico – 150 L

El cálculo de la masa de vapor necesaria para el funcionamiento de la autoclave de 150 litros destinada a la esterilización de material médico se realiza utilizando la siguiente ecuación:

$$Masa\ de\ vapor\ requerido = \frac{E^{\circ}_{requerida}}{H_V} \qquad (10)$$

Donde:

$E°_{requerida}$: $Energia\ requerida\ por\ el\ equipo\ (KJ)$

H_V: $Entalpia\ de\ vapor\ 2654.688\frac{KJ}{Kg}\ (a\ temperatura\ de\ 87\ °C\ y\ presion\ de\ 0.697\ bar)$

Reemplazando los datos en la ecuación (10), considerando 02 ciclos de operación:

$$Masa\ de\ vapor\ requerido = \frac{79115.400\ KJ}{2654.688\ KJ/Kg}$$

$$Masa\ de\ vapor\ requerido = 29.802\frac{Kg}{ciclo} * 2\ ciclos = 59.604\frac{Kg}{dia}$$

b) Autoclave para tratamiento de residuos sólidos – 200 L

El requerimiento de vapor para la autoclave destinada al tratamiento térmico de residuos sólidos, con una capacidad de 200 litros, se determina mediante la aplicación de la siguiente ecuación (10):

$$Masa\ de\ vapor\ requerido = \frac{E°_{requerida}}{H_V}$$

Donde:

$E°_{requerida}$: $Energia\ requerida\ por\ el\ equipo\ (KJ)$

H_V: $Entalpia\ de\ vapor\ 2654.688\frac{KJ}{Kg}\ (a\ temperatura\ de\ 87\ °C\ y\ presion\ de\ 0.697\ bar)$

Reemplazando los datos en la ecuación (10), considerando 01 ciclo de operación:

$$Masa\ de\ vapor\ requerido = \frac{106324.400\ KJ}{2654.688\ KJ/Kg}$$

$$Masa\ de\ vapor\ requerido = 40.052\frac{Kg}{ciclo} * 1\ ciclo = 40.052\frac{Kg}{dia}$$

El total de vapor requerido por las autoclaves es de $99.656\ \frac{Kg}{dia} \approx 33.219\ \frac{Kg}{h}$.

- **Consumo de GLP en la caldera:**

$$C_{caldera} = Q_{caldera} * T_{caldera} \quad (11)$$

Donde:

$C_{caldera}$: $Consumo\ de\ GLP\ de\ la\ caldera\ \left(\frac{m3}{dia}\right)$

$Q_{caldera}$: $Calor\ de\ la\ caldera\ \left(\frac{m3}{h}\right)$

$T_{caldera}$: $Tiempo\ de\ trabajo\ de\ la\ caldera\ \left(\frac{h}{dia}\right)$

Teniendo en cuenta que la estimación del calor de la caldera se obtiene a partir de la aplicación de la ecuación (12):

$$Q_{caldera} = \frac{P_{caldera}}{H_s} \quad (12)$$

Donde:

$Q_{caldera}$: $Calor\ de\ la\ caldera\ \left(\frac{m3}{h}\right)$

$P_{caldera}$: $Potencia\ de\ la\ caldera\ (Kw)$

H_s: $Poder\ calorifico\ del\ GLP = 29.23\ \frac{kW.h}{m3}\ \approx 13.94\ \frac{kW.h}{Kg}$

Considerando que la caldera tiene una potencia térmica de 30 kW y un tiempo de funcionamiento de 8 horas, al sustituir estos valores en las ecuaciones (11) y (12), se determina lo siguiente:

$$Q_{caldera} = \frac{30\ kW}{29.23\ \frac{kW.h}{m3}} = 1.026\frac{m3}{h} * 8\frac{h}{dia} = 8.211\frac{m3}{dia}$$

En consecuencia, se determina que el consumo diario de GLP por parte de la caldera es de 8.211 $\frac{m3}{dia}$, equivalente a 17.202 $\frac{Kg}{dia}$.

- **Combustión del GLP en la caldera**

Considerando que la composición típica del GLP comercial corresponde a un 60 % de propano (C_3H_8) y un 40 % de butano (C_4H_{10}), la reacción química que representa el proceso de combustión del GLP se expresa de la siguiente manera:

a) Propano

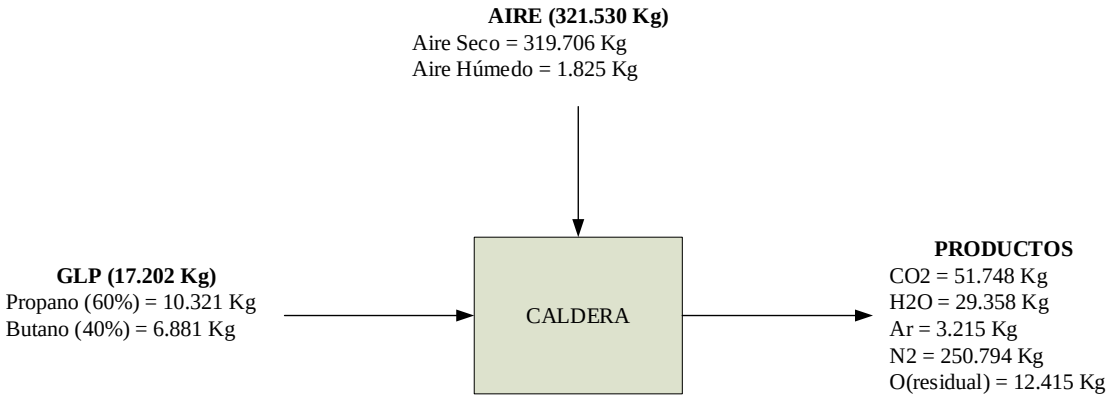
$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O \quad (13)$$

b) Butano

$$C_4H_{10} + \frac{13}{2}O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O \quad (14)$$

La figura N°23 ilustra el esquema de flujo de la reacción química de combustión generada en la caldera.

Figura 23
Balance de materia en la Caldera - Reacción de combustión



La Tabla N°24 presenta la masa molar de cada compuesto involucrado en la reacción química, junto con la proporción porcentual de propano y butano que conforman la mezcla de GLP.

Tabla 24
Masa molar de compuestos químicos

Compuesto	Composición - GLP	Masa molar (g/mol)
Propano	60%	44.100
Butano	40%	58.100
CO2	-	44.009
H2O	-	18.015
N2	-	28.013
Ar	-	39,948
O2	-	31.998

Dado que el aire involucrado en la reacción de combustión dentro de la caldera corresponde a aire real, se contempla la presencia de humedad y un 20% de exceso de aire. Para su determinación, el cálculo del aire real se realiza mediante la ecuación (15):

Cantidad de aire real:

$$Aire_{real} = Aire_{seco} + Aire_{exceso} \quad (15)$$

Cantidad de masa de aire total

$$Masa_{\,aire\,-total} = Masa_{aire\,-\,seco} * (1 + Aire_{exceso}) * (1 + \omega) \quad (16)$$

Donde:

$Masa_{\,aire\,-total}$: $Masa\ de\ aire\ total\ (g, Kg)$

$Masa_{aire\,-\,seco}$: $Masa\ de\ aire\ seco\ (g, Kg)$

$Aire_{exceso}$: exceso del 20%

ω: $humedad\ especifica\ \frac{Kg\ de\ H_2O}{Kg_{aire\ seco}}$

Considerando:

Masa de GLP = 17.202 Kg

- ✓ Propano 60% = $0.60 * 17.202\ Kg = 10.321\ Kg \approx 10321.200\ g \approx 234.041\ mol$
- ✓ Butano 40% = $0.40 * 17.202\ Kg = 6.881\ Kg \approx 6880.800\ g \approx 118.430\ mol$

A partir de las ecuaciones generales de combustión del propano y del butano (13) y (14), así como los coeficientes estequiométricos obtenidos del balance, se determina la cantidad de O_2 requerido:

- Cantidad de Oxigeno (O_2).

$$\mathbf{234.041\ mol\ C_3H_8 * 5 = 1\ 170.204\ mol\ O_2}$$

$$\mathbf{118.430\ mol\ C_4H_{10} * \frac{13}{2} = 769.797\ mol\ O_2}$$

Para la reacción de combustión, que demanda un total de 1 940.001 moles de O_2 tomando en cuenta la Tabla N°24, y considerando su conversión a masa, se requieren 62 076.151 g de oxígeno, equivalentes a 62.076 kg.

El cálculo estequiométrico de la masa de aire necesaria se basa en el contenido másico de oxígeno en el aire, equivalente al 23.3%. En función de este valor, se determina una masa total de aire requerida de 266.421 kg.

Considerando un exceso de aire del 20%, se obtiene una masa total de aire de 319.706 kg, valor calculado a partir de la ecuación (17):

$$Masa\ \ de\ aire_{total} = Masa\ de\ aire\ _{requerido} * 1.20 \qquad (17)$$

Reemplazando los datos en la ecuación (17):

$$Masa\ \ de\ aire_{total} = 266.421 * 1.20 = \ \ 319.706\ Kg$$

El cálculo de la humedad específica del aire, se realiza considerando los siguientes aspectos:

Temperatura de aire: 8 °C

Presión atmosférica: 0.697 atm ≈ 70.606 kPa

Humedad relativa: 60%

Cálculo de la humedad especifica:

- La humedad específica será calculada empleando la ecuación (18):

$$\omega = 0.622 * \frac{P_V}{P - P_V} \tag{18}$$

Donde:

ω: $Humedad\ especifica\ \frac{Kg\ de\ H_2O}{Kg_{aire\ seco}}$

P: $Presion\ atmosferica\ (kPa)$

P_V: $Presion\ parcial\ de\ vapor\ de\ agua\ (kPa)$

- La presión parcial de vapor de agua será calculada a partir de la ecuación (19):

$$P_v = X_v * P_t \tag{19}$$

P_v: $Presion\ parcial\ de\ vapor\ de\ agua\ (kPa)$

X_v: $Fraccion\ de\ vapor$

P_t: $Presion\ de\ saturacion\ de\ vapor\ de\ agua\ a\ 8°C\ (1.07\ kPa)$

Reemplazando los datos en la ecuación (18) y (19):

$$P_v = 0.60 * 1.07\ kPa = 0.642\ kPa$$

$$\omega = 0.622 * \frac{0.642\ kPa}{70.606\ kPa - 0.642\ kPa} = 0.006\ \frac{Kg\ de\ H_2O}{Kg_{aire\ seco}}$$

La masa de vapor de agua contenida en el aire, considerando la masa total de aire con un 20% de exceso y el valor de la humedad específica, resulta ser de 1.825 kg.

Reemplazando los datos en la ecuación (16):

$Masa_{\ aire\ -total} = 319.706 + 1.825 = 321.530$ Kg

Tomando en cuenta los productos generados durante la reacción de combustión, se identifican los siguientes compuestos: CO_2, H_2O, Ar, O_2 y N_2

- Cantidad de dióxido de carbono (CO_2) como producto de la reacción química

$234.041\ mol\ C_3H_8 * 3 = 702.122\ mol\ CO_2 \approx 30\ 899.707\ g\ \approx 30.900\ Kg$

$118.430\ mol\ C_4H_{10} * 4 = 473.721\ mol\ CO_2\ \approx 20\ 847.995\ g\ \approx 20.848\ Kg$

- Cantidad de agua (H_2O) como producto de la reacción química

$234.041\ mol\ C_3H_8 * 4 = 936.163\ mol\ H_2O\ \approx 16\ 865.243\ g\ \approx 16.865\ Kg$

$118.430\ mol\ C_4H_{10} * 5 = 592.151\ mol\ H_2O\ \approx 10\ 667.774\ g\ \approx 10.668\ Kg$

Considerando que la masa de vapor de agua presente en el aire húmedo es de 1.825 kg, la cantidad total de H_2O generada como producto de la combustión asciende a 29.358 kg

- Cantidad de argón (Ar) involucrada en la reacción química, es importante señalar que, se asocian aproximadamente 1% de masa de Ar en el aire.

$0.01 * 321.530\ Kg = 3.215\ Kg$

- Cantidad de nitrógeno (N_2) presente en la reacción química, es relevante indicar que se asocian aproximadamente 78 % de masa de N_2 en el aire.

$0.78 * 321.530\ Kg = 250.794\ Kg$

- La cantidad de oxígeno residual (O_2) presente en la reacción química corresponde al oxígeno que no ha reaccionado durante el proceso de combustión. Este valor se determina como la diferencia entre el oxígeno total aportado por el aire y el oxígeno consumido estequiométricamente en la reacción.
  - ✓ Oxigeno presente en el aire (total) = 74.491 Kg
  - ✓ Oxigeno requerido = 62.076 Kg
  - ✓ Oxigeno residual = 74.491 Kg - 62.076 Kg = 12.415 Kg

a) Consumo de GLP del calentador:

Considerando que el calentador de agua posee una capacidad de 13 L, con una temperatura inicial del agua de 8 °C y una temperatura final de 30 °C, así como un calor específico del agua de 4.18 kJ/kg·°C y una eficiencia térmica del equipo del 85%, se determina el consumo de GLP requerido mediante la siguiente ecuación

- Calor requerido

$$Q_{req} = m * c * \Delta T \quad (20)$$

Donde:

Q_{req}: $Calor\ requerido\ (Kcal\ o\ KJ)$

m: $masa\ de\ fluido\ (Kg)$

c: $Calor\ especifico\ del\ agua\ \left(4.18\frac{KJ}{Kg.°C}\right)$

ΔT: $(Temperatura\ final\ °C - Temperatura\ inicial\ °C)$

Reemplazando los datos en la ecuación (20):

$$Q_{req} = 13\ Kg * 4.18\frac{\text{KJ}}{\text{Kg}\ .\ °\text{C}} * (30 - 8)°C = 1\ 195.48\ KJ$$

Energía que entrega el GLP: $\frac{1\,195.48}{85\%} = 1\,406.447\ KJ$

La masa del GLP requerido se calcula a partir de la ecuación (21):

$$m_{GLP-req} = \frac{PCI}{E°} \tag{21}$$

Donde:

$m_{GLP-req}$: $Masa\ del\ GLP\ requerido\ (Kg)$

PCI: $Poder\ calorifico\ inferior\ del\ GLP\ \left(46\,000\frac{KJ}{Kg}\right)$

$E°$: $Energia\ entregada - GLP\ (KJ)$

Reemplazando los datos en la ecuación (21):

$$m_{GLP-req} = \frac{46\,000\frac{KJ}{Kg}}{1\,406.447\ KJ} = 0.0306\ Kg\ \approx 30.575\ g$$

4.2.1.2. Balance de materia - calentador

Dado que la composición promedio del GLP comercial está constituida por un 60 % de propano (C_3H_8) y un 40 % de butano (C_4H_{10}), la ecuación química que describe el proceso de combustión del GLP se representa de la siguiente forma

- Propano

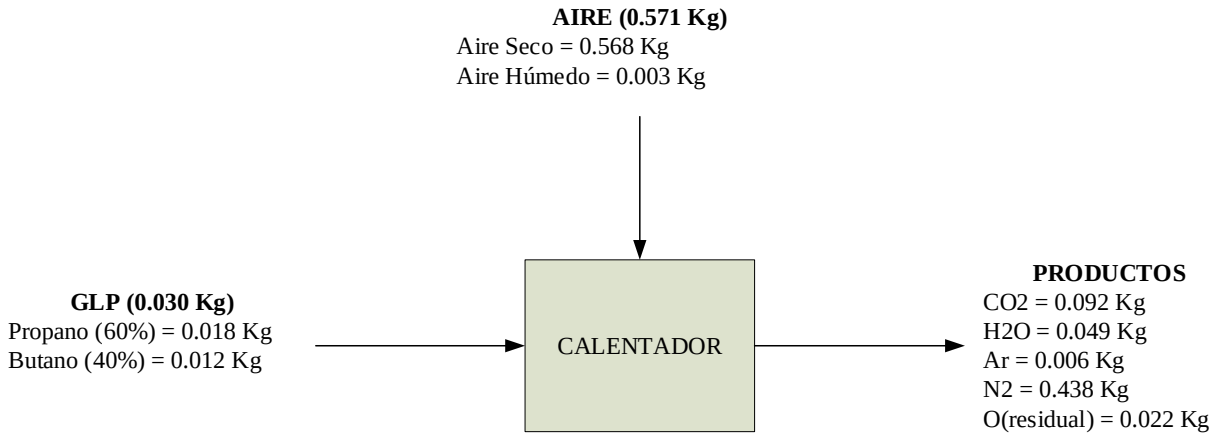
$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O \tag{22}$$

- Butano

$$C_4H_{10} + \frac{13}{2}O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O \tag{23}$$

La figura N°24 ilustra el esquema de flujo de la reacción química de combustión generada en el calentador de agua.

Figura 24
Balance de materia en el calentador de agua - reacción de combustión



Dado que el aire que interviene en la reacción de combustión dentro de la caldera se considera como aire real, se toma en cuenta la presencia de humedad y un 20 % de exceso de aire. Bajo estas condiciones, la masa de aire real se determina mediante la ecuación (16):

Considerando:

Masa de GLP = 30.575 g

- ✓ Propano 60% = $0.60 * 30.575\ g = 18.345\ g\ \approx 0.416\ mol$
- ✓ Butano 40% = $0.40 * 30.575\ g = 12.230\ g \approx 0.210\ mol$

Tomando en cuenta las ecuaciones generales de combustión del propano (22) y del butano (23), así como los coeficientes estequiométricos obtenidos del balance, se determina la cantidad de O_2 requerido:

- Cantidad de Oxigeno (O_2).

$$\mathbf{0.416\ mol\ C_3H_8 * 5 = 2.080\ mol\ O_2}$$

$$\mathbf{0.210\ mol\ mol\ C_4H_{10} * \frac{13}{2} = 1.368\ mol\ O_2}$$

Para la reacción de combustión, que demanda un total de 3.448 moles de O_2 tomando en cuenta la masa molar del O_2 indicada en la Tabla N°24, y considerando su conversión a masa, se requieren 110.335 g de O_2, equivalentes a 0.110 kg.

La determinación estequiométrica de la masa de aire se realiza tomando en cuenta que el contenido másico de O_2 en el aire es del 23.3%. En función de este valor, se calcula una masa total de aire requerida de 0.474 kg

Considerando el aire con un exceso del 20% se obtiene un total de 0.568 Kg.

Reemplazando los datos en la ecuación (17)

$$Masa\ \ de\ aire_{total} = 0.474 * 1.20 = \ \ 0.568\ Kg$$

Para la determinación de la humedad específica del aire, se contemplan los siguientes valores:

- ✓ Temperatura de aire: 8 °C
- ✓ Presión atmosférica: 0.697 atm ≈ 70.606 kPa
- ✓ Humedad relativa: 60%
- Cálculo de la humedad especifica:

La humedad especifica será calculada a partir de la ecuación (18):

Reemplazando los datos en la ecuación (18) y (19):

$$P_v = 0.60 * 1.07\ kPa = 0.642\ kPa$$

$$\omega = 0.622 * \frac{0.642\ kPa}{70.606\ kPa - 0.642\ kPa} = 0.006\ \frac{Kg\ de\ H_2O}{Kg_{aire\ seco}}$$

La masa de vapor de agua contenida en el aire, considerando un 20 % de exceso de aire y el valor de la humedad específica, corresponde a 0.003 kg.

Reemplazando los datos en la ecuación (16):

$Masa_{\ aire\ -total}$ *= 0.568 + 0.003 = 0.571 Kg*

Tomando en cuenta los productos generados durante la reacción de combustión en el calentador (CO2, H2O, Ar, O2 y N2).

- Cantidad de dióxido de carbono (CO_2) como producto de la reacción química

$0.416\ mol\ C_3H_8 * 3 = 1.248\ mol\ CO_2$

$0.210\ mol\ C_4H_{10} * 4 = 0.842\ mol\ CO_2$

Se determina un total de 2.090 moles de CO_2. Tomando como referencia la masa molar del CO_2 indicada en la tabla N°24, se obtiene una masa equivalente de 91.98 g, lo que corresponde a 0.092 kg de CO_2.

- Cantidad de agua (H_2O) como producto de la reacción química

$\mathbf{0.416\ mol\ C_3H_8 * 4 = 1.664\ mol\ H_2O}$

$\mathbf{0.210\ mol\ C_4H_{10} * 5 = 1.052\ mol\ H_2O}$

Se determina un total de 2.716 moles de H_2O. Considerando la masa molar del agua indicada en la tabla N°24, se obtiene una masa de 48.94 g. Adicionalmente, al incorporar la contribución de 0.003 g de vapor de agua presente en el aire húmedo, la masa total de H_2O generada asciende a 48.941 g, equivalentes a 0.049 kg

- Cantidad de argón (Ar) involucrada en la reacción química, es importante señalar que, se asocian aproximadamente 1% de masa de Ar en el aire.

$0.01 * 0.571\ Kg = 0.006\ Kg$

- Cantidad de nitrógeno (N_2) presente en la reacción química, es relevante indicar que se asocian aproximadamente 78 % de masa de N_2 en el aire.

$0.78 * 0.571\ Kg = 0.438\ Kg$

- Cantidad de Oxigeno residual (O_2) presente en la reacción química, es relevante indicar que existe la presencia de Oxigeno no reaccionado, esto se calcula a través de la diferencia entre la presencia de Oxígeno en el aire y el Oxigeno requerido para la reacción:
  - ✓ Oxigeno presente en el aire (total) = 0.110 Kg
  - ✓ Oxigeno requerido = 0.132 Kg
  - ✓ Oxigeno residual = 0.132 Kg - 0.110 Kg = 0.022 Kg

Balance de energía

El balance energético del sistema se desarrolla con el propósito de cuantificar el requerimiento de energía de cada uno de los equipos que intervienen en el proceso.

Este análisis se fundamenta en la primera ley de la termodinámica, la cual se expresa mediante la ecuación general que establece la conservación de la energía:

$$Energia\ que\ sale\ del\ sistema - Energia\ que\ entra\ al\ sistema = Energia\ tranferida\ en\ el\ sitema \quad (24)$$

4.2.1.3. Balance de energía - caldero

El calor sensible corresponde a la cantidad de energía necesaria para incrementar la temperatura de una sustancia dentro de una misma fase, es decir, sin provocar un cambio de estado físico.

$$Q_{sensible} = m * c * \Delta T \quad (25)$$

$Q_{sensible}: Calor\ sensible\ (Kcal\ o\ KJ)$
$m: masa\ de\ fluido\ (Kg)$
$c: Calor\ especifico\ del\ agua\ \left(4.18 \frac{KJ}{Kg.°C}\right)$
$\Delta T: (Temperatura\ final\ °C - Temperatura\ inicial\ °C)$

Reemplazando los datos en la ecuación (25):

$m = 33.219\ \frac{Kg}{h}$
$c = 4.18 \frac{KJ}{Kg.°C}$
$Temperatura\ final = 87\ °C$
$Temperatura\ inicial = 8\ °C$

$$Q_{sensible} = 33.219\ Kg * 4.186 \frac{KJ}{Kg.°C} * (87 - 8)\ °C$$

$$Q_{sensible1} = 10\ 985.324\ KJ$$

El calor latente representa la cantidad de energía necesaria para inducir el cambio de fase de una sustancia, en este caso de estado líquido a vapor, manteniendo constante la temperatura durante el proceso de transformación.

$$Q_{latente} = m * L \quad (26)$$

$Q_{latente}$: $Calor\ latente\ (Kcal\ o\ KJ)$

m: $Masa\ del\ fluido\ (Kg)$

L: $Calor\ latente\ de\ vaporizacion\ del\ agua\ \left(2\ 278\frac{KJ}{Kg}\right)$ a 87 °C

Reemplazando los datos en la ecuación (26):

$$Q_{latente} = 33.219\ Kg * 2278\frac{KJ}{Kg} = 75\ 672.882\ KJ$$

Se efectúa el cálculo del calor sensible requerido para elevar la temperatura desde 87 °C hasta la temperatura final de 135 °C, correspondiente a las condiciones operativas de las autoclaves. Aplicando la ecuación (25) y sustituyendo los valores respectivos, se obtiene:

$$Q_{sensible2} = 33.219\ Kg * 4.186\frac{KJ}{Kg.°C} * (135 - 87)\ °C = 7\ 045.511\ KJ$$

La energía total requerida para vaporizar el agua se da a partir de la ecuación (27)

$$Q_{total} = Q_{sensible1} + Q_{latente} + Q_{sensible2} \quad (27)$$

Reemplazando los datos en la ecuación (27)

$$Q_{total} = 10\ 985.324\ KJ + 75\ 672.882\ KJ + 7\ 045.511\ KJ = 93\ 703.717\ KJ$$

a) Energía requerida por la autoclave de 150 L

La determinación de la energía demandada por la autoclave de 150 litros destinada a la esterilización de equipos médicos se realiza aplicando la ecuación (28), considerando los siguientes parámetros:

$$Q_{autoclave150L} = m * c * \Delta T \quad (28)$$

$m = 150\ Kg$

$c = 4.186 \frac{KJ}{Kg.°C}$

$Temperatura\ final\ esterilizacion = 134\ °C$

$Temperatura\ inicial = 87\ °C$

Reemplazando los datos en la ecuación (28)

$$Q_{autoclave150L} = 150\ Kg * 4.186 \frac{KJ}{Kg.°C} * (134 - 87)°C = 29511.300\ KJ$$

Considerando 2 ciclos de esterilización por día se tiene 59 022.6 KJ/día.

b) Energía requerida por la autoclave de 200 L

La estimación de la energía necesaria para el funcionamiento de la autoclave de 200 litros, destinada al tratamiento térmico de residuos sólidos, se efectúa mediante la aplicación de la ecuación (29), considerando los siguientes parámetros:

$$Q_{autoclave200L} = m * c * \Delta T \quad (29)$$

$m = 200\ Kg$

$c = 4.186 \frac{KJ}{Kg.°C}$

$Temperatura\ final\ esterilizacion = 135\ °C$

$Temperatura\ inicial = 87\ °C$

Reemplazando los datos en la ecuación (29)

$$Q_{autoclave200L} = 200\ Kg * 4.186 \frac{KJ}{Kg.°C} * (135 - 87)°C = 80\ 371.2\ KJ$$

Considerando 1 ciclo por día se tiene 80 371.2 KJ/día.

La energía total requerida por día es de 139 393.800 KJ/día.

Considerando la capacidad del tanque de almacenamiento de 500 galones y el poder calorífico inferior (PCI) del GLP, estimado en 46 MJ/kg, se calcula que el contenido energético total del tanque asciende a 47,880.25 MJ.

4.2.1.4.Balance de energía - calentador:

$$m_{GLP-req} = \frac{46\,000\,\frac{KJ}{Kg}}{1\,406.447\,KJ} = 0.0306\,\frac{Kg}{ciclo} \approx 30.575\,\frac{g}{ciclo}$$

Dado que el calentador de agua operará durante un periodo de 5 minutos por persona y posee una capacidad de generación de 13 L/min agua caliente, considerando su uso durante las duchas al ingreso y salida del personal, se estima un consumo diario de GLP equivalente a 29.82 kg/día

Teniendo en cuenta:

- ✓ Eficiencia del calentador: 85%
- ✓ Poder calorífico inferior del GLP: 46 MJ/Kg

La energía útil será calculada a través de la siguiente ecuación (30):

$$Q_{util} = m_{combustible} * PCI * \eta \qquad (30)$$

Q_{util}: $Energia\ util\ \left(\frac{MJ}{dia}\right)$

$m_{combustible}$: $Consumo\ de\ GLP\ \left(\frac{Kg}{dia}\right)$

PCI: $Poder\ calorifico\ inferior\ \left(\frac{MJ}{Kg}\right)$

η: $Eficiencia\ termica\ del\ equipo$

Reemplazando datos en la ecuación (30):

$$Q_{util} = 29.82 \frac{Kg}{dia} * 46 \frac{MJ}{Kg} * 0.85 = 1165.962 \frac{MJ}{dia}$$

- Consumo de GLP de la caldera:

$$Q_{caldera} = \frac{30\ kW}{29.23\ \frac{kW.h}{m3}} = 1.026 \frac{m3}{h} * 8 \frac{h}{dia} = 8.211 \frac{m3}{dia}$$

Teniendo en cuenta:

- ✓ Eficiencia de la caldera: 85%
- ✓ Poder calorífico inferior del GLP: 46 MJ/Kg

Reemplazando datos en la ecuación (30)

$$Q_{util} = 17.202\ \frac{Kg}{dia} * 46 \frac{MJ}{Kg} * 0.85 = 672.598 \frac{MJ}{dia}$$

El sistema centralizado de GLP será utilizado para alimentar los calentadores de agua y la caldera, la cual alimentará 2 autoclaves (esterilización de equipos médicos y tratamiento de residuos sólidos). La configuración incluirá un tanque de GLP, una serie de tuberías y válvulas de control; así como, equipos de seguridad y monitoreo.

El tanque será instalado en una zona segura acorde a la normativa vigente alejada de las fuentes de calor y con ventilación adecuada; además, de contar con válvulas de alivio de presión, conexión de salida de gas hacia la caldera y calentadores de agua.

La caldera estará ubicada cerca de la zona de tanque y estará conectada mediante una tubería de alta presión y válvulas de control para la conexión hacia las 2 autoclaves por un sistema de tuberías de vapor.

La proyección del consumo de GLP (en m^3) en el centro de salud de Ocutuan para el período 2025–2030, evidenciando un incremento sostenido desde 13 104.22 galones en 2025 hasta 14 836.23 en 2030. Este aumento está directamente vinculado al crecimiento poblacional en la localidad de Chinchero, la demanda de atenciones médicas y, especialmente, a la incorporación de nuevos puntos de consumo.

En este escenario, además de los dos calentadores de agua de 13 litros ya en operación, se proyecta la implementación de una caldera para el abastecimiento de dos autoclaves adicionales: una para esterilización de instrumental médico y otra destinada al tratamiento de residuos sólidos hospitalarios.

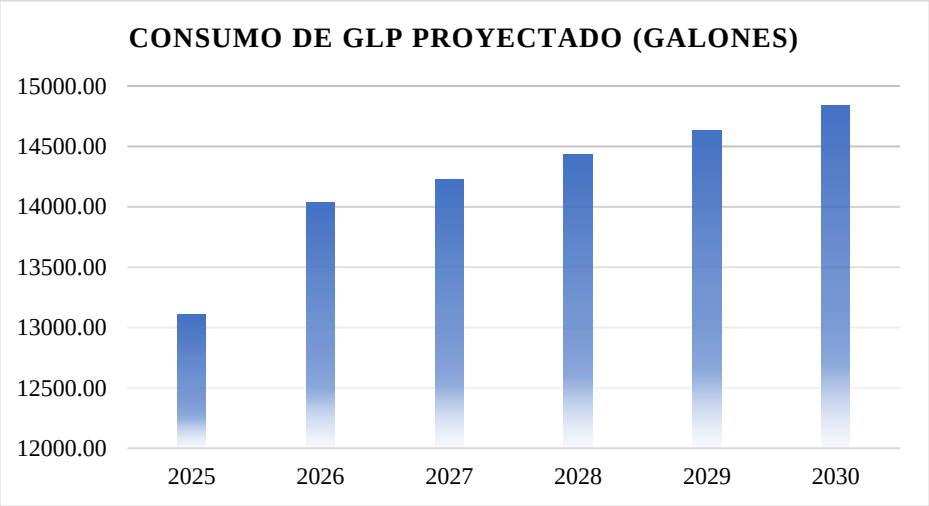
La estimación de consumo proyectada subraya la necesidad de planificar adecuadamente la infraestructura de abastecimiento, almacenamiento y mantenimiento del sistema de GLP, asegurando su capacidad para responder al crecimiento operativo del centro de salud sin comprometer la continuidad del servicio.

Tabla 25
Proyección de consumo de GLP 2025-2030

Año	Total, de Atenciones	Consumo de GLP (galones)
2025	20584	13104.22
2026	22044	14033.69
2027	22353	14230.16
2028	22666	14429.38
2029	22983	14631.39
2030	23305	14836.23

Nota: La tabla N°25 muestra la proyección del consumo de GLP en galones según el total de atenciones proyectadas entre los años 2025 al 2030.

Figura 25
Proyección de consumo de GLP 2025-2030



Nota: la figura N°25 representa el consumo de GLP proyectado en galones

4.3. Requerimiento energético de equipos

A continuación, se detallará los servicios que sea ampliaran para el centro médico de Ocutuan:

4.3.1. Servicio de Esterilización

Para la capacidad volumétrica de la esterilización de los equipos médicos se considera que por cada atención se requiere 1 unidad de esterilización, considerando un máximo de 10 atenciones por día, se deberá de tener 10 unidades de esterilización disponibles por día. Cabe mencionar que la atención medica es de 8 horas.

Figura 26
Autoclave Jampar 150 L

Fuente: Jampar, (2025)

Considerando 10 a 8 = 1.25 unidades de esterilización por hora.

Considerando que una unidad técnica de esterilización (UTE), tiene una capacidad máxima de 54 litros.

La capacidad total volumétrica de Esterilización es: 1.25 x 54 = 67.5 litros

Sin embargo, para este proyecto se opta por un esterilizador con capacidad de 150 litros, ya que cumple con los requerimientos de consumo estimado del centro médico. Esta decisión se fundamenta en el crecimiento poblacional continuo, reflejado en un estudio que indica un aumento del 1.4%, lo que conlleva un incremento en la demanda de servicios esenciales, así como en la actividad económica y social.

Consumo para la unidad de Esterilización de 150 litros de acuerdo a ficha técnica:

- Potencia: 15 KW
- Presión: 0.22 MPa
- Eficiencia: 85%

4.3.2. Autoclave para Tratamiento de Residuos Solidos

Para la determinación de las capacidades de operación de la autoclave para residuos sólidos, se ha considerado la generación de residuos por día en el centro médico (Reinter, 2022):

- Residuos Biocontaminados por día: 6.835 Kg
- Residuos Especiales: 5.745 Kg

Total, de Residuos Generados por día: 12.58 Kg

Densidad de productos contaminados (agregar) : 0.20 Kg/litro

Figura 27
Autoclave Steriflash de 200 L

Fuente: *Steriflash*, (2025)

Cálculo de Volumen de Residuos Biocontaminados y Especiales

$$Volumen\ de\ Residuos = \frac{Masa\ de\ residuos\ contaminados}{Densidad\ de\ producto\ contaminados} \quad (31)$$

$$Volumen\ de\ Residuos\ Generados = \frac{12.58\ Kg}{0.2\ Kg/L} = 62.9\ L$$

Para este proyecto se ha seleccionado una autoclave de 200 litros para el tratamiento de residuos sólidos, ya que su capacidad permite cubrir de manera eficiente el volumen estimado de desechos generados por el centro médico. Esta elección se basa en un estudio que proyecta un crecimiento poblacional sostenido del 1.4%, lo cual implica un aumento progresivo en la demanda de servicios médicos y, por ende, en la generación de residuos sanitarios. Además, el modelo elegido garantiza ciclos de esterilización confiables, eficiencia energética y cumplimiento con las normativas ambientales vigentes, lo que lo convierte en una solución adecuada tanto a corto como a largo plazo.

Consumo para la unidad de Tratamiento de Residuos Sólidos, esterilizador de 200 litros de acuerdo a la ficha técnica:

- Potencia: 20 KW
- Presión: 0.30 MPa
- Eficiencia: 85%

Según lo establecido por el ministerio del ambiente del Perú “Guía técnica para el manejo de residuos sólidos hospitalarios” las autoclaves para tratamiento de residuos sólidos, se clasifican según el tamaño y la capacidad de tratamiento por ciclo, tomando como referencia la tabla N°26.

Tabla 26
Clasificación de autoclaves por tamaño

CLASIFICACION DE AUTOCLAVES - TRATAMIENTO DE RESIDUOS (CENTROS DE SALUD)			
Capacidad (Litros)	**Capacidad (Kg/ciclo)**	**Tipo de establecimiento**	**Uso**
25 - 50 L	3 - 6 Kg	Consultorios, clínicas pequeñas	Esterilización de material limitado
100 - 200 L	10 - 25 Kg	Centros de salud, hospitales nivel I	Tratamiento diario básico

250 - 400 L	25 - 40 Kg	Hospitales nivel II	Esterilización continua
500 - 1000 L	50 - 100 Kg	Hospitales grandes o regionales	Procesamiento centralizado
1500 - 5000 L	150 - 500 Kg	Plantas de tratamiento externas	Recolección de residuos regionales

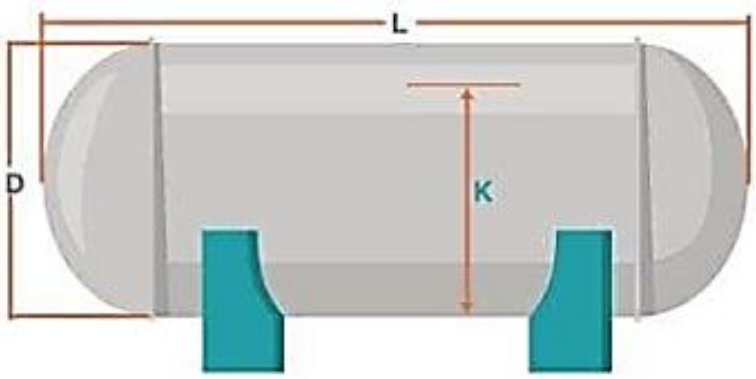
Fuente: MINAM, (2011)

Nota: La tabla N°26 indica las capacidades de las autoclaves para manejo de residuos hospitalarios considerando la capacidad y el tipo de establecimiento.

4.4. Calculo para la Implementación del Sistema GLP

a) Cálculo de Vaporización Natural del Tanque

Figura 28
Taque de GLP referencial para cálculo de vaporización



Fuente: Kinenergy, (2024)

Donde:

D: diámetro (in)

L: longitud total (in)

K: Constante para el porcentaje de volumen liquido en el recipiente

Se realiza la propuesta de implementación de un tanque de 500 galones, para el cálculo de vaporización del tanque de GLP, se tomarán en cuenta datos ubicados en la tabla N°27.

Tabla 27

Capacidad de vaporización natural para uso intermitente

Tanques instalados sobre superficie o aéreos							
Capacidad de vaporización natural para uso intermitente							
%Vol liquido	Factor k	Capacidad nominal de tanque cilíndrico horizontal (BTU/hr)					
		120	250	500	1000	5500	10000
60%	100	632 352	1 051.522	1 631 595	3 180 976	8 809 970	15 917 664
50%	90	569 116	946 370	1 468 436	2 862 881	7 928 973	14 325 897
40%	80	505 881	841 218	1 305 276	2 544 783	7 047 976	12 734 131
30%	70	442 646	736 065	1 142 117	2 226 685	6 166 979	11 142 365
20%	60	379 411	630 913	978 957	1 908 587	5 285 982	9 550 599
10%	45	284 558	473 185	734 218	1 431 440	3 964 486	7 162 949

Fuente: Kinenergy, (2024)

Nota: La tabla N°27 indica la capacidad de vaporación natural para uso intermitente considerando factores de corrección, el porcentaje de volumen líquido y la capacidad nominal del tanque (BTU/h)

Haciendo uso de la ecuación (1)

$$\boldsymbol{Qv = L * D * K * T}$$

$$\boldsymbol{Qv: Vaporizacion\ Natural\ (\frac{BTU}{H})}$$

Donde:

D: Diámetro Exterior del tanque (pulgadas)

L: Longitud total del tanque (pulgadas)

K: Constante para el porcentaje de volumen de líquido en el recipiente

T: Factor de corrección de temperatura, tomando en cuenta la temperatura mínima del medio ambiente.

a) Tomando como referencia la tabla N°27, se tendrá en cuenta un volumen de líquido del 20%.

b) Cabe mencionar que las condiciones climatológicas del lugar son un factor importante al momento de la vaporización natural del tanque, por lo que según los antecedentes expuesto en la tabla N°3 el distrito de Chinchero presenta un Clima variado con temperaturas de:

- Tmax: 17 °C
- Tmin: -1 °C ≈ 30.2 °F

Reemplazando los datos en la ecuación (1)

$Qv = 37.4\ pulg * 117.7165\ pulg *\ 60 * 2.25$ = 594,350.609 BTU/hr

c) Se realiza el cálculo del sistema tomando en cuenta las características del GLP

Poder Calorífico del GLP: $H_S = 29.23\ \frac{Kw.h}{m^3} \approx 13.94\ \frac{Kw.h}{Kg}$

d) Cálculo de Calor del Sistema (BTU/h)

$$Q_{sistema} = Q_{Caldera} + Q_{Calentadores} \quad (32)$$

- Cálculo de Calor de la Caldera

$$\mathrm{Q_{caldera}}\left(\frac{m^3}{h}\right) = \frac{\mathrm{P_{caldera}}}{\mathrm{H_S}} \quad (33)$$

$$\mathrm{P_{caldera}} : Potencia\ de\ la\ caldera$$

Reemplazando datos en la ecuación (33)

$$\mathrm{Q_{caldera}} = \frac{30\ Kw}{29.23\ \frac{Kw.h}{m^3}} = 1.026\frac{m^3}{h}$$

- Cálculo de Calor de los calentadores

$$Q_{calentador} = \frac{P_{calentador}}{H_S} \quad (34)$$

$$P_{calentador} : Potencia\ del\ calentador$$

Reemplazando datos en la ecuación (34)

$$Q_{calentador} = \frac{26\ Kw}{29.23\ \frac{Kw.h}{m^3}} = 0.889 \frac{m^3}{h} * 2 = 1.779\ \frac{m^3}{h}$$

Nota. Se debe de tener en cuenta que dicha instalación cuenta con 02 calentadores de agua con 26 KW de potencia cada uno.

Reemplazando los datos en la ecuación (32)

$$Q_{sistema} = 1.026 \frac{m^3}{h} + 1.779\ \frac{m^3}{h} = 2.805\ \frac{m^3}{h}$$

e) Cálculo del consumo diario

$$C_D = C_{Caldera} + C_{Calentadores} \quad (35)$$

- Cálculo de consumo diario de la caldera

$$C_{caldera} = Q_{caldera} * T_{caldera} \quad (36)$$

Tiempo de trabajo de la caldera ($T_{caldera}$)

$$T_{caldera} = horas * turno = \frac{h}{dia} \quad (37)$$

Considerando 8 horas de trabajo por turno

$$T_{caldera} = 8 \frac{h}{dia}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (36)

$$C_{caldera} = 1.026 \frac{m^3}{h} * 8 \frac{h}{dia} = 8.211 \frac{m^3}{dia}$$

- Cálculo de consumo diario de los calentadores

$$C_{calentador1} = Q_{calentador1} * T_{calentador1} \quad (38)$$

Tiempo de trabajo del calentador ($T_{calentador\ 1}$)

$$T_{calentador1} = horas * turno = \frac{h}{dia} \quad (39)$$

Considerando 8 horas de trabajo por turno

$$T_{calentador1} = 8 \frac{h}{dia}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (38)

$$C_{calentador1} = 0.889 \frac{m^3}{h} * 8 \frac{h}{dia} = 7.116 \frac{m^3}{dia} * 2 = 14.232 \frac{m^3}{dia}$$

Nota. Se debe de tener en cuenta que dicha instalación cuenta con 02 calentadores de agua con 26 KW de potencia cada uno.

Reemplazando los datos en la ecuación (35)

$$C_D = 8.211 \frac{m^3}{dia} + 14.232 \frac{m^3}{dia} = 22.443 \frac{m^3}{dia}$$

f) Autonomía del sistema

$$\text{Contenido de GLP} = \text{N° dias x } C_D \quad (40)$$

$$\text{Contenido de GLP} = 10 \text{ dias x } 22.443 \frac{m^3}{dia} = 224.427\ m^3$$

$$Masa\ del\ GLP\ liquido = 510\ \frac{Kg}{m^3}$$

$$Masa\ del\ GLP\ gaseoso = 2.095\ \frac{Kg}{m^3}$$

Cantidad equivalente = $224.427\ m^3 * 2.095\ \frac{Kg}{m^3} = 470.175\ Kg$

Cantidad de GLP en 60% = $\frac{470.175\ Kg}{510\ \frac{Kg}{m^3} * 0.60} = 1.537\ m^3$

Conversión de m^3 a galones de GLP

Capacidad del tanque GLP = $1.537\ m^3 = 405.949\ galones \approx 500\ galones$

g) Cálculo de Autonomía real, haciendo uso de la ecuación (2)

$$A_{real} = \frac{V_{real} * 60\% * Masa\ del\ GLP\ liquido}{C_D}$$

Reemplazando los datos en la ecuación (2)

$$A_{real} = \frac{1.537\ m^3 * 0.60 * 510}{22.443\ \frac{m^3}{dia}} = 20.95 \text{ días}$$

Teniendo en cuenta que:

Vaporización Natural: Qv = 594,350.609 BTU/hr

$$Q_{sistema} = 2.805\ \frac{m^3}{h} * 2.095\ \frac{Kg}{m^3} * 47{,}597.09 \frac{BTU}{Kg} = 279\ 703.109\ \frac{BTU}{h}$$

En caso se requiera el uso de un vaporizador se debe cumplir lo siguiente:

$$Q_S > Q_v$$

Al realizar el cálculo de la vaporización Natural y el Calor requerido del sistema este no requiere de un vaporizador adicional ya que la vaporización natural del sistema satisface la demanda de los equipos.

4.5. Selección de reguladores

La elección de los reguladores de presión en un sistema de GLP es fundamental debido a que el Gas Licuado de petróleo es un gas inflamable y altamente volátil y la mala selección de un regulador puede producir una presión excesiva que llegue a sobrecargar la tubería o equipo, la existencia de alguna falla al momento de controlar la presión puede causar una fuga o explosión; así mismo, debemos de tener en cuenta que cada equipo requiere de una presión específica para su correcto funcionamiento.

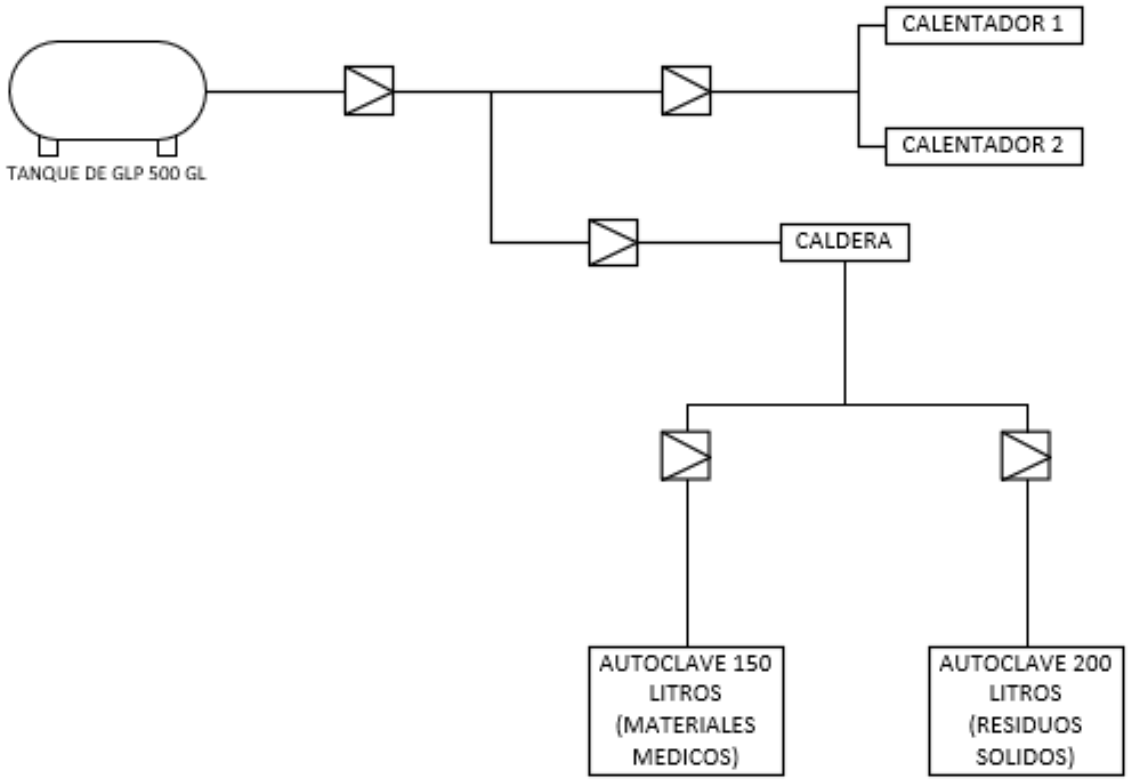
La selección de los reguladores se realizó considerando aspectos clave como la presión de entrada, salida y el caudal requerido. En el diseño propuesto, se realizará la instalación de un regulador de primera etapa a la salida del tanque en la línea de vapor natural, seguido de dos reguladores de segunda etapa: el primero estará ubicado al ingreso de las líneas que abastecerán a los calentadores y el segundo estará en la línea que alimenta a la caldera.

Así mismo, se realizó la selección de dos reguladores de vapor los cuales estarán instalados antes de las autoclaves uno en cada caso. Todos estos reguladores serán seleccionados cuidadosamente siguiendo las recomendaciones técnicas de los fabricantes.

Para esta instalación, se ha optado por un sistema de regulación en dos etapas debido a que este tipo de sistemas permite una regulación más precisa, proporciona una presión y flujo constante. Es recomendable cuando existen varios equipos usados a la vez, el mantenimiento del

sistema suele ser más sencillo; además, permite identificar alguna falla y reemplazar una sola parte del sistema.

Figura 29
Diagrama de distribución de reguladores



Nota: La figura N°29 muestra el diagrama de distribución de reguladores en los que se considera reguladores de primera etapa y segunda etapa.

A. Selección de Regulador de Primera Etapa

El regulador seleccionado deberá ser capaz de cubrir la demanda máxima requerida por los equipos de consumo, el cual es de 279 703.109 BTU/h. Se realizó la selección del regulador de primera etapa teniendo en cuenta los parámetros mostrados en la tabla N°28 con especificaciones de funcionamiento de reguladores de la marca REGO.

Figura 30
Regulador de primera etapa 1584VN

Fuente: Rego, (2021)

Tabla 28
Especificaciones de regulador de primera etapa

Tipo	Conexión de entrada	Conexión de salida	Rango de Presión de Descarga	Presión Regulada	Capacidad BTU/h
1584VN	1/2"	1/2"	3-30 PSIG	20 PSIG	7 000000

Fuente: Rego, (2021)

Nota: La tabla N°28 describe las especificaciones del regulador de primera etapa seleccionado para la instalación, considerando la presión y capacidad requerida (BTU/h).

Figura 31

Especificaciones de reguladores de primera etapa

Numero de parte	Servicio	Metodo de Ajuste	Conexiones de entrada y salida	Rango recomendado de presion de Servicio (PSIG)	Ancho A	Altura B (max)	Capacidad determinada a una pres. de Conf. De PSIG	Capacidad
AA1582MW	NH3	Manija en T	1/4" NPT F.	3-25	23/16"	4 1/8"	20	2,100 CFH NH3
AA1582MK		Cabeza Hexagonal						
AA1582ML		Manija en T		20-50			30	2,400 CFH NH3
AA1582MH				45-125			60	2,600 CFH NH4
1584VN	GAS LP		1/2" NPT F.	3-30	215/16"	4 7/8"	20	7,000,000 BTU/hora LPG
1584VL				25-50			30	7,500,000 BTU/hora LPG
1584VH				45-125			60	8,000,000 BTU/hora LPG
AA1584VW	NH3			3-25			20	4,500 CFH NH3
AA1584VL				20-50			30	4,800 CFH NH4
AA1584VH				45-125			60	5,100 CFH NH5
1586VN	GAS LP		3/4" NPT F.	3-30	3 1/2"	7"	20	11,000,000 BTU/hora LPG
1586VL				25-50			30	12,000,000 BTU/hora LPG
1586 VH				45-125			60	14,000,000 BTU/hora LPG
AA1586VW	NH3			3-25			20	7,000 CFH NH5
AA1586VL				20-50			30	7,700 CFH NH6
AA1586VH				45-125			60	8,900 CFH NH7
1588VN	GAS LP		1" NPT F.	3-30			20	11,000,000 BTU/hora LPG
1588VL				25-50			30	12,000,000 BTU/hora LPG
1588VH				45-125			60	14,000,000 BTU/hora LPG

Fuente: Rego, (2021)

Nota: La figura N°31 describe las especificaciones de los reguladores de primera etapa tomando en consideración el tipo de servicio (GLP-NH3), así mismo detalla el rango recomendado de presion de servicio (PSIG) y la capacidad en BTU/h.

B. Selección de Regulador de Segunda Etapa

- **Regulador de segunda etapa – Calentadores**

La selección del regulador de segunda etapa será dimensionada en función de la demanda de consumo de ambos calentadores y la presión de trabajo, para lo cual se tiene que la demanda

por calentador es de 88 660 BTU/h; considerando que este regulador será distribuido para dos calentadores se tienen una demanda total de 177 320 BTU/h, con una presión de entrada de 15 PSIG, y una presión de trabajo de 12.85 W.C. Se realizó la selección del regulador de segunda etapa teniendo en cuenta los parámetros mostrados en la tabla N°29, tabla con especificaciones de funcionamiento de reguladores de la marca REGO.

Figura 32
Regulador de segunda etapa LV5503G4

Fuente: Rego, (2021)

Tabla 29
Especificaciones de regulador de segunda etapa

Numero de Parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Tamaño de Orificio	Presion de Servicio de Fabrica	Rango de Ajuste	Posicion del Ventilador del Bonete	Capacidad de Vapor BTU/hora de Propano
LV5503G4	1/2" NTP F.	3/4" NTP F.	1/4"	15" w.c. a una entrada de 15 PSIG	8" - 18" w.c.	Arriba de la entrada	1,750,000

Fuente: Rego, (2021)

Nota: La tabla N°29 describe las especificaciones del regulador de segunda etapa seleccionado para la instalación, considerando la presión y capacidad requerida (BTU/h).

El regulador de segunda etapa LV5503G4 está diseñado para trabajar con una presión de entrada de 15 PSIG y cuenta con un rango de ajuste que va de 8 a 18 W.C.. Su capacidad de suministro de vapor alcanza los 1 75000 BTU/h. Considerando que la presión de salida del regulador de primera etapa es compatible, y que los calentadores utilizados operan a una presión de trabajo de 12.85 W.C., este regulador resulta altamente eficiente y adecuado para garantizar un funcionamiento optimo del sistema.

- **Regulador de segunda etapa – Caldera**

La selección del regulador de segunda etapa se dimensionó conforme a los requerimientos específicos del caudal y la presión de operación de la caldera. Para este caso, se establece una demanda térmica de 100 215.72 BTU/h, con una presión de ingreso al regulador de 15 PSIG y una presión de salida requerida de 15 W.C. basándose en estos parámetros operativos y tomando como referencia la tabla N°30. La cual presenta las características de desempeño y la capacidad de los reguladores fabricados por REGO.

Figura 33
Regulador de segunda etapa LV5503G4

Fuente: Rego, (2021)

Tabla 30
Especificaciones de regulador de segunda etapa

Numero de Parte	Conexión de Entrada	Conexión de Salida	Tamaño de Orificio	Presion de Servicio de Fabrica	Rango de Ajuste	Posicion del Ventilador del Bonete	Capacidad de Vapor BTU/hora de Propano
LV5503G4	1/2" NTP F.	3/4" NTP F.	1/4"	15" w.c. a una entrada de 15 PSIG	8" - 18" w.c.	Arriba de la entrada	1,750,000

Fuente: Rego, (2021)

Nota: La tabla N°30 describe las especificaciones del regulador de segunda etapa seleccionado para la instalación, considerando la presión y capacidad requerida (BTU/h).

El regulador de segunda etapa LV5503G4 ha sido diseñado para operar con una presión de entrada de hasta 15 PSIG, y posee un rango de regulación comprendido entre 8 a 18 W.C. Su capacidad máxima de suministro de vapor es de 1 75000 BTU/h. Dado que la presión de salida del regulador de primera etapa se encuentra dentro del rango admisible y que la caldera requiere una presión de operación de 15 W.C., este regulador se considera técnicamente apropiado para garantizar un suministro estable y eficiente, asegurando así el desempeño optimo del sistema.

4.6. Selección de Reguladores de Vapor de Agua

Los reguladores de vapor cumplirán una función importante dentro del sistema de generación y distribución de vapor, tenemos que tener en cuenta que el vapor se genera a alta presión en las calderas, pero no todos los equipos pueden operar a esa presión, por lo que los reguladores permitirán ajustar la presión del vapor a los niveles requeridos para las autoclaves, evitando así daños y optimizando el funcionamiento, la implementación de estos reguladores permitirán reducir perdidas térmica en las redes, adaptar el sistema a diferentes demandas de carga,

y la estabilidad del proceso de esterilización garantizando resultados, ya que un regulador bien calibrado garantiza fluctuaciones en la caldera o en consumo.

En el mercado existen distintos tipos de reguladores, desde los de acción directa que funcionan con un resorte que contrarresta la presión del vapor, hasta los reguladores pilotados, los cuales emplean una válvula auxiliar de menor tamaño que regula la presión en una cámara, la cual a su vez acciona el actuador principal. Estos dispositivos variaran en cuanto a sus características, precisión, costos, mantenimiento y tipo de aplicación. No obstante, es fundamental considerar que, independientemente del tipo de regulador, el sistema de vapor debe estar diseñado para garantizar la seguridad, eficiencia y durabilidad del equipo. Por ello es necesario incorporar elementos como un separador de humedad o una trampa de vapor, una rampa de distribución de vapor que dirija el flujo hacia diferentes líneas o equipos, y una válvula de seguridad que permita liberar la presión excedente en caso de sobrepasar los límites seguros, previniendo así posibles explosiones o fallos. Actualmente, algunas marcas ofrecen reguladores de presión que integran todos estos componentes en un solo sistema, simplificando la instalación y optimizando el rendimiento operativo. Un ejemplo es el modelo COSPECT de TLV, que cuenta con un separador ciclónico de alta eficiencia capaz de eliminar hasta el 98% del condensado; así como, una trampa de vapor con flotador libre para eliminar el condensado restante. Este tipo de reguladores es especialmente adecuado para aplicaciones industriales que requieren un control preciso y protección eficaz contra el condensado.

La selección del regulador de vapor de agua será dimensionada en función de la demanda de consumo de las autoclaves de esterilización de equipos médicos y autoclave para el tratamiento de residuos sólidos cada uno independientemente; además, se tendrá en cuenta la presión de trabajo, para lo cual se tiene que la demanda del autoclave de esterilización de equipos médicos de

51 182.125 BTU/h, con una presión de entrada de 8.24 bar, y una presión de trabajo de 2.2 bar y la autoclave de tratamiento de residuos sólidos de 68 242.833 BTU/h, con una presión de entrada de 8.24 bar, y una presión de trabajo de 3.0 bar. Se realizó la selección del regulador de vapor teniendo en cuenta los parámetros mostrados en la tabla N°31 con especificaciones de funcionamiento de reguladores de la marca TLV.

Figura 34
Regulador de vapor TLV DR20

Fuente: TLV, (2021)

Tabla 31
Especificaciones del regulador de vapor

Modelo	Conexión	Fluidos aplicables	Presión Máxima de Operación (barg)	Temperatura Máxima de Operación (°C)	Rango de presión primaria (barg)	Rango de presión ajustada (barg)	Capacida máxima c caudal (kg/h)
DR20	Roscada o bridada	Vapor o Aire	16	220	2 - 16	0.14 - 10	610

Fuente: TLV, (2021)

Nota: La tabla N°31 describe las especificaciones del regulador de vapor de la marca TLV seleccionada, la cual fue considera por el rango de presión y la capacidad máxima de caudal Kg/h.

Figura 35
Especificaciones de los reguladores de vapor

Modelo	Foto	Conexión	Material del cuerpo	Fluidos aplicables	PMO (barg)	TMO (°C)	Rango de presión primaria (barg)	Rango de presión ajustada (barg)	Capacidad máxima de caudal (kg/h)
DR20		Roscada o bridada	Acero Inox	Vapor o aire	16	220	2 - 16	0,14 - 10	610 kg/h
A-DR20		Roscada o bridada	Acero Inox	Aire	10	100	2 - 10	0,14 - 4	460 m^3/h
PN-DR		Roscada o bridada	Acero Inox	Vapor	16	220	2 - 16	0,14 - 6	550 kg/h
				Aire					620 m^3/h
A-PN-DR		Roscada	Acero Inox	Aire	7	100	2 - 7	0,14 - 2	63 m^3/h

- PMO = Presión máxima de operación
- TMO = Temperatura máxima de operación

Fuente: TLV, (2021)

Nota: La figura N°35 describe las características técnicas de los reguladores de vapor considerando el modelo, rango de presión primaria y ajustada, capacidad máxima de caudal y fluidos aplicables.

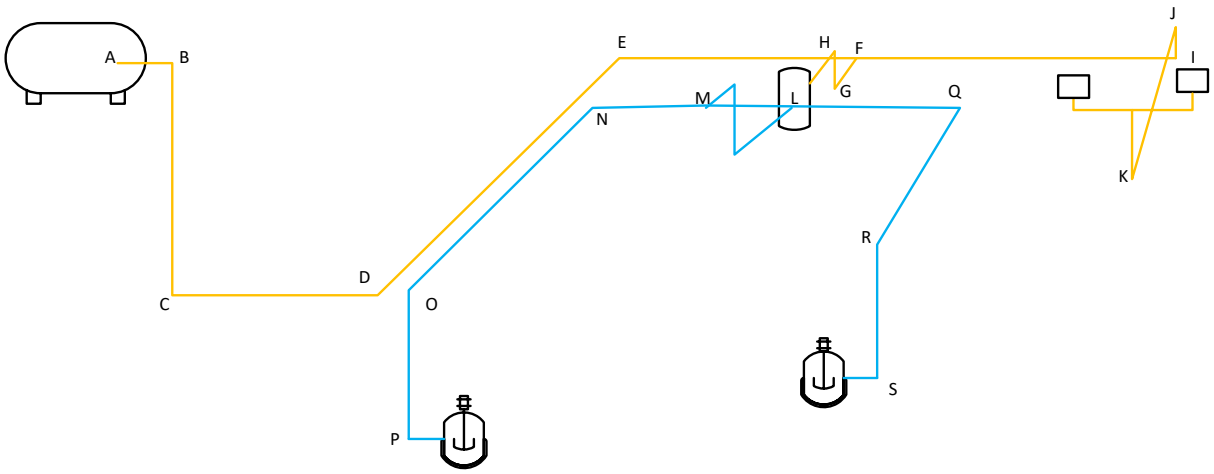
4.7. Dimensionamiento de tubería

El dimensionamiento adecuado de tuberías en un sistema de GLP es esencial, ya que permite mantener las presiones dentro de los rangos seguros y operativos. Un diseño incorrecto puede provocar presiones demasiado altas o bajas, lo cual representa un riesgo, presiones bajas pueden apagar los equipos, mientras presiones elevadas pueden dañar componentes o generar fugas. Además, un mal dimensionamiento incrementa la probabilidad de rupturas o perdidas en las tuberías. También es crucial que el diámetro de las tuberías sea el apropiado para garantizar el

suministro del caudal necesario a todos los equipos que funcionen simultáneamente. De lo contrario, se pueden producir caídas de presión que afectan la eficiencia y el rendimiento del sistema. Un diseño correcto asegura una distribución uniforme del GLP, sin fluctuaciones drásticas y contribuye a prolongar la vida útil de la instalación al evitar sobreesfuerzos en las tuberías. Todo esto se traduce en una mejor optimización de la inversión inicial y una reducción de los costos de operación y mantenimiento.

El dimensionamiento de las tuberías se realizará mediante la ecuación de Renouard, la cual permite evaluar presiones absolutas y relativas, facilitando la determinación del diámetro óptimo de la conducción en función de las condiciones de presión, las pérdidas de carga admisibles y los caudales requeridos por los distintos equipos.

Figura 36
Red de distribución de tramos



Nota: La figura N°36 muestra la red de distribución de GLP y vapor por tramos, la cual se considera para el dimensionamiento de tuberías.

Formula de Renouard Lineal: Trabaja con presiones inferiores a 0.05 bar, se hace uso de la ecuación (3):

$$P_1 - P_2 = 232000 * \delta_S * L_e * Q^{1.82} * D^{-4.82}$$

P_1: $Presion\ relativa\ inicial\ (mbar)$

P_2: $Presion\ relativa\ final\ (mbar)$

δ_S: $Densidad\ relativa\ del\ GLP$

L_e: $Longitud\ equivalente\ del\ tramo\ (m)$

Q: Caudal del gas (m^3/h)

D: Diámetro interior de la tubería (mm)

Formula de Renouard Cuadrática: Trabaja con presiones entre 0.05 bar hasta 5 bar, se hace uso de la ecuación (4):

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 * \delta_S * L_e * Q^{1.82} * D^{-4.82}$$

P_1: $Presion\ absoluta\ inicial\ (bar)$

P_2: $Presion\ absoluta\ final\ (bar)$

δ_S: $Densidad\ relativa\ del\ GLP$

L_e: $Longitud\ equivalente\ del\ tramo\ (m)$

Q: Caudal del gas (m^3/h)

D: Diámetro interior de la tubería (mm)

En el proceso de dimensionamiento de tuberías se aplicaron ambas fórmulas, seleccionando la más adecuada según el rango de presión presente en cada tramo analizado.

4.8. Cálculo de la velocidad para corrección de diámetros

La velocidad fue calculada en función del tipo de instalación de la tubería, ya sea enterrada o aérea, ya que dicha condición define la velocidad límite permitida con el objetivo de evitar niveles de ruido que puedan resultar perturbadores.

Tuberías enterradas: $V_{max} = 30\frac{m}{s}$

Tuberías aéreas: $V_{max} = 20\frac{m}{s}$

Tuberías en instalaciones comunes de edificios o individuales: $V_{max} = 10\frac{m}{s}$, considerando la ecuación (5):

$$\boldsymbol{V = \frac{354 * Q}{P_f * D^2}}$$

Donde:

V: $Velocidad\ de\ recorrido\ del\ gas$

P_f: $Presion\ absoluta\ final\ (bar)$

Q: $Caudal\ del\ gas\ (m^3/h)$

D: $Diámetro\ interior\ de\ la\ tubería\ comercial\ elegida\ (mm)$

Es importante considerar que, para la aplicación de la ecuación de Renouard la relación entre el caudal y el diámetro interior de la tubería debe ser inferior a 150, teniendo en cuenta la ecuación (6):

$$\boldsymbol{\frac{Q}{D} < 150}$$

Donde:

Q: caudal (m^3/h)

D: diámetro interior (mm)

El dimensionamiento de tuberías se realizará tramo por tramo de acuerdo a la figura N°36, considerando las siguientes condiciones de diseño:

Perdida de presión del 20% atribuida a los accesorios

Estas pérdidas deberán ser tomadas en cuenta para ajustar la presión disponible en cada tramo, asegurando que la presión final en el punto de consumos se mantenga dentro de los límites establecidos para el correcto funcionamiento del sistema.

Es importante señalar que las pérdidas de presión generadas por accesorios como válvulas, codos y tees pueden variar entre un 5% y 30%. No obstante, para fines prácticos, la NTP 321.121 establece una pérdida de presión del 20%.

4.9. Cálculo de poder calorífico superior del GLP-PCS

Para calcular el poder calorífico de la mezcla de propano y butano, se toma como base la composición del GLP establecida en la NTP 321.123, que indica un 60% de propano y un 40% de butano.

Se procede a determinar el poder calorífico superior expresado en Kcal/m³, el cual será útil para calcular el caudal de consumo de cada equipo. Este cálculo requiere tener en cuenta las proporciones molares de cada componente, las cuales se obtienen a partir de la masa específica de propano y butano mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{m}{M} \tag{41}$$

n: $Numero\ de\ moles$ (mol)

M: $Cantidad\ de\ masa$ (g)

m: $Peso\ atomico$ (g/mol)

Es relevante indicar que los pesos atómicos del carbono e hidrogeno son de 12 g/mol y 1 g/mol respectivamente. A partir de estos valores, se procede al cálculo de la masa correspondiente utilizando la ecuación (41)

$$\boldsymbol{M_{C_3H_8} = 12 * 3 + 8 * 1 = 44\ g/mol}$$

$$\boldsymbol{M_{C_4H_{10}} = 12 * 4 + 10 * 1 = 58\ g/mol}$$

Teniendo en la ecuación, calculamos el número de moles para el propano y butano según la composición volumétrica de 60% y 40%.

$$\boldsymbol{n_{C_3H_8} = \frac{0.60 cm^3 * 504 \frac{g}{cm^3}}{44 \frac{g}{mol}} = 6.873\ mol}$$

$$\boldsymbol{n_{C_4H_{10}} = \frac{0.40 cm^3 * 582 \frac{g}{cm^3}}{58 \frac{g}{mol}} = 4.014\ mol}$$

La cantidad total de moles presentes en el GLP corresponde a la suma de los moles de propano y butano, los cuales se determinan mediante la ecuación (34)

$$n_{GLP} = n_{C_3H_8} + n_{C_4H_{10}} \tag{42}$$

$$n_{GLP} = 6.873\ mol + 4.014\ mol = 10.887\ mol$$

El cálculo del poder calorífico superior del GLP, se establece a través de la siguiente ecuación:

$$PCS_{GLP} = X_{C_3H_8} * PCS_{C_3H_8} + X_{C_4H_{10}} * PCS_{C_4H_{10}} \tag{43}$$

$\boldsymbol{PCS}$: $\boldsymbol{Poder\ calorifico\ superior\ \left(\frac{Kcal}{m^3}\right)}$

$\boldsymbol{X}$: $\boldsymbol{Fraccion\ molar}$

Para el cálculo de la fracción molar emplearemos la ecuación (44)

$$X = \frac{n_{componente}}{n_{mezla}} \tag{44}$$

Donde:

$\boldsymbol{X}$: $\boldsymbol{Fraccion\ molar}$

$\boldsymbol{n_{componente}}$: $\boldsymbol{Numero\ de\ moles\ del\ componente\ (mol)}$

$\boldsymbol{n_{mezla}}$: $\boldsymbol{Numero\ total\ de\ moles\ de\ la\ mezcla\ (mol)}$

Tabla 32
Fracción molar del propano y butano

Fracción molar	
Propano	0.631
Butano	0.369

Tomando en cuenta los cálculos previos, se procede a determinar el poder calorífico superior de la mezcla de GLP a través de la ecuación (43)

$$PCS_{GLP} = 0.631 * 20909.87 + 0.369 * 24584.41 = 22\,264.65\ \frac{Kcal}{m^3}$$

- **Análisis Del Tramo A-B (Media presión)**

El análisis que corresponde al tramo A-B del sistema de distribución de GLP, se encuentra operando en condiciones de media presión, considerando una presión inicial de 1.034 bar, sin embargo, se debe tener en cuenta la presión atmosférica de 0.697 bar; así mismo, se considera el poder calorífico superior del GLP en estado gaseoso de 22,265 $\frac{Kcal}{m^3}$

Datos:

Poder calorífico superior "PCS" (GLP) = 22,265.0 $\frac{Kcal}{m^3}$

$Densidad\ relativa$: $\delta_S = 1.59$

$P_{atm} = 0.697\ bar$

$P_A = 1.034$

$P_{A_{abs}} = 1.731\ bar$

$P_B = 1.3848\ bar$

$L_{real} = 0.30\ m$

$L_{equivalente} = 0.30\ m * 1.2 = 0.36\ m$

Realizamos el cálculo del caudal teniendo en cuenta que este tramo de tubería alimenta a 03 consumos (caldera y 02 calentadores), y con un poder calorífico superior "PCS" de la mezcla de GLP de $22{,}265.0\,\frac{Kcal}{m^3}$, obteniendo un caudal total de $5.874\,\frac{m^3}{h}$:

$$Q = \frac{\sum consumo}{PCS} \tag{45}$$

$C_{caldera} = 25\,307\,\frac{Kcal}{h}$

$C_{calentador1} = 22{,}370.94\,\frac{Kcal}{h}$

$C_{calentador2} = 22{,}370.94\,\frac{Kcal}{h}$

Reemplazando los datos en la ecuación (45)

$$\boldsymbol{Q = \frac{25,307\,\frac{Kcal}{h} + 22,370.94\,\frac{Kcal}{h} + 22,370.94\,\frac{Kcal}{h}}{22\,265.0\,\frac{Kcal}{m^3}} = 3.146\ \frac{m^3}{h}}$$

Despejando la ecuación cuadrática general de Renouard en función del diámetro se obtiene la ecuación (46):

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{48.6 * \delta_S * L_e * Q^{1.82}}{P_1^2 - P_2^2}} \tag{46}$$

Reemplazamos todos los datos en la ecuación (46)

$$\boldsymbol{D = \sqrt[4.82]{\frac{48.6 * 1.59 * 0.36 * 3.146^{1.82}}{1.731^2 - 1.3848^2}} = 3.025\ mm}$$

Se propone la instalación de tubería de acero SCH80, seleccionando las dimensiones comerciales disponibles y verificando las velocidades del flujo mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones:

$$P_f = \sqrt{P_i^2 - 48.6 * \delta_S * L_e * \frac{Q^{1.82}}{D^{4.82}}} \quad (47)$$

P_i: $Presion\ absoluta\ inicial\ (bar)$

P_f: $Presion\ absoluta\ final\ (bar)$

δ_S: $Densidad\ relativa\ del\ GLP$

L_e: $Longitud\ equivalente\ del\ tramo\ (m)$

Q: Caudal del gas (m^3/h)

D: Diámetro interior de la tubería comercial elegida (mm)

Figura 37

Tabla de selección de la tubería comercial

Composicion Quimica %			
C. Max	Mn	P. Max	S. Max
0.3	1.2	0.05	0.06

Propiedades Mecanicas				
Resistencia Mecanica		Punto de Fluencia		Elongacion %Min
Kg/mm2	Psi	Kg/mm2	Psi	
42.2	60000	24.6	35000	30-35

DIAMETRO		
INTERIOR	EXTERIOR (D)	
pulg	mm	pulg
1/2"	21.3	0.84
3/4"	26.7	1.05
1"	33.4	1.31
1 1/4"	42.2	1.66
1 1/2"	48.3	1.9
2"	60.3	2.37
2 1/2"	73	2.87
3"	88.9	3.5
4"	114.3	4.5
5"	141.3	5.56
6"	168.3	6.62
8"	219.1	8.62
10"	273	10.75
12"	323.8	12.75

PROPIEDADES				
ESPESOR (e)		PRESION/PRUEBA		PESO
mm	pulg	Kg/cm2	lb/pulg2	Kg/mts
2.77	0.1	49	700	1.27
2.87	0.11	49	700	1.68
3.38	0.13	49	700	2.5
3.56	0.14	91	1300	3.38
3.68	0.14	91	1300	4.05
3.91	0.15	176	2500	5.44
5.16	0.2	176	2500	8.62
5.49	0.21	176	2500	11.29
6.02	0.23	155	2210	16.07
6.55	0.25	137	1950	21.78
7.11	0.28	125	1780	28.26
8.18	0.32	110	1570	42.53
9.27	0.36	101	1430	60.29
10.31	0.4	94	1340	79.65

Fuente: Acorsa, (2024)

Nota: La figura N°37 detalla las características de las tuberías comerciales considerando propiedades como espesor, presión de prueba, peso y los diámetros exteriores e interiores.

Considerando una tubería comercial de 1/2” y reemplazando los datos en la ecuación (47)

$$\boldsymbol{P_f = \sqrt{1.731^2 - 48.6 * 1.59 * 0.36 * \frac{3.146^{1.82}}{12.7^{4.82}}} = 1.731\ bar}$$

Se realiza el cálculo de la velocidad para corrección de diámetro considerando un caudal de $3.146\,\frac{m^3}{h}$, presion final atmosférica en el punto B de 1.731 bar y un diámetro nominal comercial de 1/2".

$$\boldsymbol{V = \frac{354 * 3.146}{1.731 * 12.7^2} = 3.990\ m/s}$$

El dimensionamiento de la tubería en el tramo A-B cumple con los estándares permitidos de velocidad considerando una velocidad de 3.990 m/s con una tubería de Acero SCH80 de 1/2", se realiza la selección de este material debido a que poseen un espesor de pared mayor proporcionando mayor resistencia mecánica ante impactos, vibraciones o cargas externas; así mismo, se considera una tubería ideal en entornos donde la tubería se encontrara expuesta.

- **Análisis Del Tramo B-C (Media presión)**

El análisis que corresponde al tramo B-C del sistema de distribución de GLP, se encuentra operando en condiciones de media presión, considerando una presión en el punto B de 1.3848 bar, así mismo se considera el poder calorífico superior del GLP en estado gaseoso de $22\ 265.0\,\frac{Kcal}{m^3}$, y una caída de presión del 20% por la presencia de accesorios.

Datos:

Poder calorífico superior "PCS" (GLP) = $22\ 265.0\,\frac{Kcal}{m^3}$

$\delta_S = 1.59$
$P_{atm} = 0.697\ bar$
$P_B = 1.3848\ bar$
$P_C = \ bar$
$L_{real} = 1.50\ m$
$L_{equivalente} = 1.50\ m * 1.2 = 1.80\ m$

Reemplazando datos en la Ecuación (5)

$Q = 3.146 \frac{m^3}{h}$

$D = 4.635\ mm$

$P_f = 1.383\ bar$

$V = 4.993\ m/s$

El dimensionamiento del segmento B-C es apropiado, habiéndose realizado un ajuste en los diámetros, lo que da lugar a una velocidad de 4.993 m/s con una tubería de acero SCH80 de 1/2", la cual se encuentra dentro de los valores de velocidad permitidos.

- **Análisis Del Tramo F-G (Baja Presión)**

El análisis del tramo F-G del sistema de distribución de GLP se realiza bajo condiciones de baja presión, considerando una presión en el punto F de $227.743\ mm\ w.c.$ Además, se utiliza un poder calorífico superior del GLP en fase gaseosa de $22\ 265.0\ \frac{Kcal}{m^3}$, y se contempla una pérdida de presión del 20% debido a la presencia de accesorios en la línea.

Donde:

Poder calorífico superior "PCS" (GLP) = $\mathbf{22\ 265.0\ \frac{Kcal}{m^3}}$

$\delta_S = 1.59$

$P_{atm} = 0.697\ bar$

$P_F = 227.743\ mm\ C.a.$

$P_G = 223.188\ mm\ C.a.$

$L_{real} = 0.30\ m$

$L_{equivalente} = 0.30\ m * 1.2 = 0.36\ m$

Calculamos el caudal de 01 equipo (caldera):

Reemplazando los datos en la ecuación (45)

$$Q = \frac{25\,307 \frac{Kcal}{h}}{22\,265.0 \frac{Kcal}{m^3}} = 1.137 \frac{m^3}{h}$$

Despejando la ecuación lineal de Renouard en función del diámetro:

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{232000 * \delta_S * L_e * Q^{1.82}}{\Delta P}} \quad (48)$$

Reemplazamos todos los datos en la ecuación (48) se obtiene un diámetro de 8.720 mm.

$$D = \sqrt[4.82]{\frac{232000 * 1.59 * 0.36 * 1.137^{1.82}}{4.555}} = 5.493\ mm$$

Se propone la instalación de tubería de HDPE, seleccionando las dimensiones comerciales disponibles.

Figura 38

Dimensiones comerciales disponibles de tubería HDPE

PE100	SDR	26		21		17		13.6		11		9	
	PRESION NOMINAL	PN6		PN8		PN10		PN12.5		PN16		PN20	
DIAMETRO NOMINAL (mm)	DIAMETRO NOMINAL (pulg)	Esp. Medio (mm)	Peso Medio (Kg/m)	Esp. Medio (mm)	Peso Medio (Kg/m)	Esp. Medio (mm)	Peso Medio (Kg/m)	Esp. Medio (mm)	Peso Medio (Kg/m)	Esp. Medio (mm)	Peso Medio (Kg/m)	Esp. Medio (mm)	Peso Medio (Kg/m)
20	1/2									2.3	0.1	2.5	0.1
25	3/4							2.2	0.2	2.5	0.2	3.2	0.2
32	1					2.2	0.2	2.6	0.2	3.2	0.3	3.9	0.3
40	1 1/4			2.2	0.3	2.6	0.3	3.3	0.4	4.0	0.4	4.8	0.5
50	1 1/2	2.2	0.3	2.6	0.4	3.2	0.5	4.0	0.6	4.9	0.7	6.0	0.8
63	2	2.7	0.5	3.2	0.6	4.1	0.7	5.0	0.9	6.2	1.1	7.6	1.3
75	2 1/2	3.1	0.7	3.9	0.8	4.8	1.0	6.0	1.2	7.2	1.5	8.9	1.8
90	3	3.8	1.0	4.6	1.2	5.8	1.5	7.1	1.8	8.7	2.1	10.7	2.6
110	4	4.5	1.4	5.7	1.8	7.0	2.2	8.6	2.6	10.6	3.2	13.0	3.8
125	5	5.1	1.9	6.4	2.3	7.9	2.8	9.8	3.4	12.1	4.1	14.8	4.9
140	5 1/2	5.8	2.3	7.1	2.9	8.8	3.5	10.9	4.3	13.4	5.1	16.6	6.2
160	6	6.6	3.1	8.2	3.7	10.1	4.6	12.5	5.6	15.4	6.7	18.9	8.0
180	7	7.3	3.8	9.1	4.7	11.3	5.8	14.1	7.0	17.3	8.5	21.2	10.2
200	8	8.2	4.7	10.2	5.8	12.6	7.1	15.5	8.6	19.2	10.5	23.6	12.6
225	9	9.1	5.9	11.4	7.4	14.2	9.0	17.5	11.0	21.6	13.3	26.6	15.9
250	10	10.2	7.4	12.6	9.0	15.6	11.0	19.4	13.5	23.9	16.3	29.4	19.6
280	11	11.3	9.2	14.2	11.4	17.5	13.9	21.7	16.9	26.8	20.5	33.0	24.6
315	12	12.8	11.7	15.8	14.3	19.7	17.6	24.5	21.5	30.1	25.9	37.1	31.1
355	14	14.4	14.8	17.8	18.1	22.3	22.4	27.5	27.2	33.9	32.9	41.8	39.5
400	16	16.2	18.7	20.2	23.1	25.0	28.3	31.0	34.5	38.2	41.7	47.0	50.1

Fuente: Acorsa, (2024)

Nota: La figura N°38 detalla las características como diámetro nominal y presion nominal de tuberias HDPE comerciales

Se verifica la velocidad del flujo mediante la sustitución de los datos correspondientes en las ecuaciones y se realiza la corrección de diámetro según corresponda.

$$P_f = P_i - \frac{232000 * \delta_S * L_e * Q^{1.82}}{D^{4.82}} \quad (49)$$

Reemplazando datos en la ecuación (49)

$$\boldsymbol{P_f = 227.743 - \frac{232000 * 1.59 * 0.36 * 1.137}{20^{4.82}} = 227.653\ mm\ w.c. \approx 0.023\ bar}$$

$$\boldsymbol{P_{fabs} = 0.023 + 0.697 = 0.720\ bar}$$

Reemplazando datos en la ecuación (5)

$$V = \frac{354 * 1.137}{0.720 * 20^2} = 1.398\ m/s$$

El diseño del tramo F-G cumple con los límites de velocidad, alcanzando una velocidad de 1.398 m/s al utilizar una tubería comercial de HDPE con un diámetro de 20 mm. Se opta por el uso de tubería de polietileno de alta densidad (HDPE) debido a que, al estar este tramo enterrado, este material ofrece una mayor resistencia a la corrosión. Por el contrario, las tuberías de acero son propensas a la corrosión cuando están expuestas a la humedad o a componentes presentes en el suelo. Además, la instalación de tuberías HDPE reduce los costos de mantenimiento y prolonga la vida útil del sistema. Es importante destacar que las tuberías HDPE se adaptan mejor a los movimientos del terreno, como los asentamientos o las expansiones térmicas, y su instalación suele ser más económica.

- **Análisis Del Tramo I-J**

El estudio correspondiente al tramo I-J del sistema de distribución de GLP se efectúa bajo condiciones de baja presión, considerando una presión en el punto I de $182.151\ mm\ w.c.$. Asimismo, se emplea un poder calorífico superior del GLP en estado gaseoso de $22{,}265.0\ \frac{Kcal}{m^3}$, y

se incorpora una pérdida de presión estimada del 20% asociada a la resistencia generada por los accesorios instalados en el recorrido.

Datos:

Poder calorífico superior "PCS" (GLP) = $\boldsymbol{22,265.0\frac{Kcal}{m^3}}$

$\delta_S = 1.59$

$P_{atm} = 0.697\ bar$

$P_I = 182.151\ mm\ w.c.$

$P_J = 178.508\ mm\ w.c.$

$L_{real} = 0.30\ m$

$L_{equivalente} = 0.30\ m * 1.2 = 0.36\ m$

Calculamos el caudal de 02 equipos (calentadores):

Reemplazando los datos en la ecuación (34), (48) y (49)

$$\boldsymbol{Q = 2.010\frac{m^3}{h}}$$

$$\boldsymbol{D = 7.135\ mm}$$

Se proyecta la instalación de tubería HDPE, seleccionando las dimensiones comerciales disponibles expuestas en la figura N°38. Se verifica la velocidad del flujo mediante la sustitución de los datos correspondientes en las ecuaciones y se realiza la corrección de diámetro según corresponda.

$$\boldsymbol{P_f = 181.897\ mm\ w.c. \approx 0.018\ bar}$$

$P_{fabs} = 0.715\ bar$

Reemplazando datos en la ecuación (5)

$V = 2.487\ m/s$

El dimensionamiento de tubería del tramo I-J resulta conforme a los criterios de velocidad, obteniéndose una velocidad de flujo de $2.487\ m/s$, al utilizar una tubería de HDPE de 20 mm de diámetro.

Se efectuó el dimensionamiento de las tuberías a lo largo de cada tramo del sistema, evaluando las presiones correspondientes para aplicar la ecuación de Renouard, en su forma lineal o cuadrática según el caso. Los resultados de los cálculos y la selección de tuberías se detallan según la tabla N°33.

Tabla 33
Cálculo de diámetros en tramos

Tramo	**Longitud real (m)**	**Longitud equivalente (m)**	**Q(m^3/h)**	**Diámetro (mm)**	**Diámetro (pulg)**	**Material**	**Pf (bar)**	**Q/D<150**	**Velocidad (m/s)**
AB	0.3	0.36	3.146	12.7	1/2	Acero SCH80	1.731	0.248	3.990
BC	1.5	1.8	3.146	12.7	1/2	Acero SCH80	1.383	0.248	4.993
CD	2.4	2.88	3.146	20	-	HDPE	1.107	0.157	2.514
DE	4.8	5.76	3.146	20	-	HDPE	0.885	0.157	3.145
EF	2	2.4	3.146	20	-	HDPE	0.708	0.157	3.930
FI	2.25	2.7	2.010	20	-	HDPE	0.567	0.100	3.137
FG	0.3	0.36	1.137	20	-	HDPE	0.023	0.057	1.398
GH	1.6	1.92	1.137	19.05	3/4	Acero SCH80	0.018	0.060	1.550
IJ	0.3	0.36	2.010	20	-	HDPE	0.018	0.100	2.487
JK	1.6	1.92	2.010	12.7	1/2	Acero SCH80	0.013	0.158	6.209

También es importante realizar el cálculo para el dimensionamiento de tuberías las cuales trabajarán con vapor, estas serán conectadas desde la salida del caldero pasando por los reguladores de presión de vapor hacia las autoclaves tanto de esterilización de equipos médicos como la de tratamiento de residuos sólidos.

Para ello, es importante considerar que el estándar de tuberías más utilizado proviene del American Petroleum Institute (API), que clasifica las tuberías según el espesor de su pared, denominado Schedule. Estos Schedule están vinculados con la presión nominal de la tubería y comprenden un total de once categorías: 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 140 y 160.

Se muestra la tabla N°34 con los diámetros de distintas tuberías para distintos Schedule.

Tabla 34
Diámetros de tubería

Tamaño de tubería (mm)		**15**	**20**	**25**	**32**	**40**	**50**	**65**	**80**	**100**	**125**	**150**
Diámetro (mm)	Schedule 40	15.8	21	26.6	35.1	40.9	52.5	62.7	77.9	102.3	128.2	154.1
	Schedule 80	13.8	18.9	24.3	32.5	38.1	49.2	59	73.7	97.2	122.3	146.4
	Schedule 160	11.7	15.6	20.7	29.5	34	42.8	53.9	66.6	87.3	109.5	131.8
	DIN 2448	17.3	22.3	28.5	37.2	43.1	60.3	70.3	82.5	107.1	131.7	159.3

Fuente: Spirax Sarco, (2023)

Nota: La tabla N°34 detalla las características de las tuberías comerciales SCH40, SCH80 Y SCH160 considerando el tamaño del diámetro en mm.

También se considera las capacidades de tuberías para vapor saturado a velocidades especificas considerando tuberías Schedule 80.

Tabla 35

Capacidades de tuberías para vapor saturado a velocidades específicas (tubería de Schedule 80)

Presión (bar)	Velocidad (m/s)	Caudal (Kg/h) Diametro (mm) 15	20	25	32	40	50	65	80	100	125
	15	7	14	24	37	52	99	145	213	394	648
0.4	**25**	10	25	40	62	92	162	265	384	675	972
	40	17	35	64	102	142	265	403	576	1037	1670
	15	7	16	25	40	59	109	166	250	431	680
0.7	**25**	12	25	45	72	100	182	287	430	716	1145
	40	18	37	68	106	167	298	428	630	1108	1712
	15	8	17	29	43	65	112	182	260	470	694
1	**25**	12	26	48	72	100	193	300	445	730	1160
	40	19	39	71	112	172	311	465	640	1150	1800
	15	12	25	45	70	100	182	280	410	715	1125
2	**25**	19	43	70	112	162	295	428	656	1215	1755
	40	30	64	115	178	275	475	745	1010	1895	2926
	15	16	37	60	93	127	245	385	535	925	1505
3	**25**	26	56	100	152	225	425	632	910	1580	2480
	40	41	87	157	250	375	595	1025	1460	2540	4050
	15	19	42	70	108	156	271	432	635	1166	1685
4	**25**	30	63	115	180	270	450	742	1080	1980	2925
	40	49	116	197	295	456	796	1247	1825	3120	4940
	15	22	49	87	128	187	352	526	770	1295	2105
5	**25**	36	81	135	211	308	548	885	1265	2110	3540
	40	59	131	225	338	495	855	1350	1890	3510	5400
	15	26	59	105	153	225	425	632	925	1555	2525
6	**25**	43	97	162	253	370	658	1065	1520	2530	4250
	40	71	157	270	405	595	1025	1620	2270	4210	6475
	15	29	63	110	165	260	445	705	952	1815	2765
7	**25**	49	114	190	288	450	785	1205	1750	3025	4815
	40	76	177	303	455	690	1210	1865	2520	4585	4560
	15	32	70	126	190	285	475	800	1125	1990	3025
8	**25**	54	122	205	320	465	810	1260	1870	3240	5220
	40	84	192	327	510	730	1370	2065	3120	5135	8695
	15	41	95	155	250	372	626	1012	1465	2495	3995
10	**25**	66	145	257	405	562	990	1530	2205	3825	6295
	40	104	216	408	615	910	1635	2545	3600	6230	9880
	15	50	121	205	310	465	810	1270	1870	3220	5215
14	**25**	85	195	331	520	740	1375	2080	3120	5200	8500
	40	126	305	555	825	1210	2195	3425	4735	8510	13050

Fuente: Spirax Sarco, (2023)

Nota: La tabla N°35 detalla las capacidades de las tuberías para vapor saturado a velocidades especificas tomando en cuenta la presión, velocidad y caudal específicas para tuberías de SCH80.

Tomando en consideración los siguientes datos para el dimensionamiento de tubería-vapor

- Cálculo de Caudal masico de vapor

$$\dot{m} = \frac{Q}{H_{fg}} \tag{50}$$

Nota:

$\dot{m} = caudal\ masico\ de\ vapor\ \left(\frac{Kg}{h}\right)$

$Q = potencia\ termica\ entregada\ por\ el\ sistema\ en \left(\frac{Kcal}{h}\right)$

$H_{fg}: entalpia\ de\ vaporizacion\ de\ agua\ \left(\frac{Kcal}{kg}\right) considerando\ la\ presion\ atmosferica\ de\ 0.65\ atm\ de$

$= 528{,}2\frac{kcal}{kg}$

Reemplazando en la ecuación (50) tenemos que el caudal masico es

$$\dot{\boldsymbol{m}} = \frac{\mathbf{25\ 307}\frac{\boldsymbol{Kcal}}{\boldsymbol{h}}}{\mathbf{528,2}\frac{\boldsymbol{kcal}}{\boldsymbol{kg}}} = \mathbf{47.912}\frac{\boldsymbol{Kg}}{\boldsymbol{h}}$$

Considerando el caudal masico de 47.9123 kg/h y a una presión de 8.25 bar procedente de la caldera se debe tener en consideración también una velocidad máxima de 15 m/s en la tubería que une la tubería principal y el equipo. Tomando en consideración los datos de caudal, presión y velocidad se hace uso de la tabla N°36.

Tabla 36

Capacidades de tuberías para vapor saturado a velocidades específicas (tubería de Schedule 80)

Presión (bar)	Velocidad (m/s)	Caudal (Kg/h) Diametro (mm) 15	20	25	32	40	50	65	80	100	125
	15	7	14	24	37	52	99	145	213	394	648
0.4	**25**	10	25	40	62	92	162	265	384	675	972
	40	17	35	64	102	142	265	403	576	1037	1670
	15	7	16	25	40	59	109	166	250	431	680
0.7	**25**	12	25	45	72	100	182	287	430	716	1145
	40	18	37	68	106	167	298	428	630	1108	1712
	15	8	17	29	43	65	112	182	260	470	694
1	**25**	12	26	48	72	100	193	300	445	730	1160
	40	19	39	71	112	172	311	465	640	1150	1800
	15	12	25	45	70	100	182	280	410	715	1125
2	**25**	19	43	70	112	162	295	428	656	1215	1755
	40	30	64	115	178	275	475	745	1010	1895	2926
	15	16	37	60	93	127	245	385	535	925	1505
3	**25**	26	56	100	152	225	425	632	910	1580	2480
	40	41	87	157	250	375	595	1025	1460	2540	4050
	15	19	42	70	108	156	271	432	635	1166	1685
4	**25**	30	63	115	180	270	450	742	1080	1980	2925
	40	49	116	197	295	456	796	1247	1825	3120	4940
	15	22	49	87	128	187	352	526	770	1295	2105
5	**25**	36	81	135	211	308	548	885	1265	2110	3540
	40	59	131	225	338	495	855	1350	1890	3510	5400
	15	26	59	105	153	225	425	632	925	1555	2525
6	**25**	43	97	162	253	370	658	1065	1520	2530	4250
	40	71	157	270	405	595	1025	1620	2270	4210	6475
	15	29	63	110	165	260	445	705	952	1815	2765
7	**25**	49	114	190	288	450	785	1205	1750	3025	4815
	40	76	177	303	455	690	1210	1865	2520	4585	4560
	15	32	70	126	190	285	475	800	1125	1990	3025
8	**25**	54	122	205	320	465	810	1260	1870	3240	5220
	40	84	192	327	510	730	1370	2065	3120	5135	8695
	15	41	95	155	250	372	626	1012	1465	2495	3995
10	**25**	66	145	257	405	562	990	1530	2205	3825	6295
	40	104	216	408	615	910	1635	2545	3600	6230	9880
	15	50	121	205	310	465	810	1270	1870	3220	5215
14	**25**	85	195	331	520	740	1375	2080	3120	5200	8500
	40	126	305	555	825	1210	2195	3425	4735	8510	13050

Fuente: Spirax Sarco, (2023)

De la tabla N°36 se tiene lo siguiente: para un caudal masico de 47.912 kg/h , una presión de 8.24 bar y una velocidad máxima de 15 m/s se considera una tubería de 20 mm (3/4) se considera la tubería de Sch 80.

Tabla 37
Diámetro de tuberías de vapor

Tramo	Longitud real (m)	Longitud equivalente (m)	Q(Kcal/h)	Diámetro (mm)	Diámetro (pulg)	Material
LM	2.1	2.52	47.912	20	3/4	Acero SCH80
MN	2	2.4	47.912	20	3/4	Acero SCH80
NO	4	4.8	47.912	20	3/4	Acero SCH80
OP	2.3	2.76	47.912	20	3/4	Acero SCH80
MQ	2	2.4	47.912	20	3/4	Acero SCH80
QR	1.1	1.32	47.912	20	3/4	Acero SCH80
RS	2.3	2.76	47.912	20	3/4	Acero SCH80

La tabla N°38 detalla los componentes del sistema de distribución de GLP y vapor, incluyendo tuberías y accesorios, los cuales han sido seleccionados conforme a los requerimientos técnicos del proyecto. Estos elementos garantizan la adecuada conducción del combustible y la seguridad operativa del sistema en concordancia con las normativas vigentes.

Tabla 38
Tubería y accesorios para el sistema de distribución de GLP y Vapor

Tubería y accesorios	
Descripción	**Característica**
Tubería SCH 80	1/2"
Tubería SCH 80	3/4"
Tubería SCH 80	1"
Tubería HDPE	20 mm
Válvula esférica Apollo	3/4"
Válvula esférica Apollo	1/2"
Válvula esférica Apollo	1"
Unión simple FN 300 lb	3/4"

Codo 90° FN 300 lb	3/4"
Tee FN 300 lb	1/2"
Tee FN 300 lb	1 1/4"
Unión universal FN 300 lb	1 1/4"
Unión universal FN 300 lb	1/2"
Reducción campana FN 300 lb	1” a 3/4
Reducción campana FN 300 lb	1" a 1/2"
Transición HDPE	20 mm
Acople HDPE	20 mm
Codo 90° HDPE	20 mm
Tee HDPE	20 mm

La tabla N°39 lista los tipos de reguladores de presión GLP-VAPOR y sus detalles de modelo. Es fundamental seleccionar el regulador adecuado para la aplicación específica, considerando las presiones de entrada y salida requeridas, así como el caudal de vapor o GLP. Los modelos aquí presentados son reguladores utilizados para la instalación del sistema GLP estos fueron evaluados de acuerdo a la presión y caudal del sistema.

Tabla 39
Reguladores de presión GLP -VAPOR

Reguladores de presión GLP-VAPOR	
Descripción	**Detalle**
Regulador de presión primera etapa + manómetro	REGO 1584VN
Regulador de presión segunda etapa + manómetro	REGO LV5503G4
Regulador de vapor para autoclave + manómetro	TLV DR20

Las características detalladas en la Tabla N°40 corresponden al modelo de caldera de vapor CVG-03. Es importante tener en cuenta que el rendimiento y los consumos reales pueden experimentar variaciones leves en función de las condiciones operativas del sistema y la calidad del combustible (GLP) utilizado.

Tabla 40
Especificaciones Caldero de vapor CVG-03

CALDERA DE VAPOR		
Detalle	**Unidad**	**Especificaciones**
Modelo		CVG-03
Potencia	HP	3
	Kcal/h	25 307
	Btu/h	100 215.72
Rendimiento de vapor	Kg/h	47
Área de calefacción	m^2	1.64
Presión de diseño	Kg/cm^2	10.5
Diámetro	mm	530
Altura	mm	1300
Salida de vapor	mm	930
Entrada de agua	mm	577
Purga	mm	434
Conexiones	Vapor	1/2"
	Agua	1/2"
	Purga	1/2"
	Gases	4"
Consumos máximos	Agua (l/h)	46.9
	GLP(gal/h)	1.03
Carga eléctrica	Tensión(V)	220
	Motor(Hp)	0.75
Peso de caldera	Vacío (Kg)	200
	Operación(Kg)	240

Fuente: AQUATERMICA, (2025)

La Tabla N°41 presenta las especificaciones técnicas de la autoclave de esterilización con capacidad de 150 litros. Los valores indicados son nominales y pueden variar según las condiciones de operación. Para lograr un desempeño óptimo en los ciclos de esterilización y secado, se recomienda seguir las instrucciones del fabricante y ajustar los parámetros conforme al tipo de material a esterilizar. A fin de asegurar la seguridad del personal y preservar la integridad de los materiales, tanto la operación como el mantenimiento deben ser realizados exclusivamente

por personal calificado, cumpliendo estrictamente con el manual del usuario y la normativa sanitaria vigente.

Tabla 41
Especificaciones Autoclave de esterilización

AUTOCLAVE ESTERILIZADOR 150 L	
Detalle	**Especificaciones**
Volumen de cámara de esterilizador	150 L / Ø440X1000
Presión de trabajo	0.22 Mpa
Rango de temperatura de ajuste	40 °C- 134 °C
Tiempo de esterilización	0-99 min
Tiempo de secado	0-99 min
Calor Promedio	$\leq^{+}_{-}$2 °C
Energía	9 KW/220 V
Dimensión	1400x650x1600
Dimensión de transporte	1560x820x1820
Peso neto	340 kg
Peso bruto	430 Kg

Fuente: Jampar, (2025)

Las especificaciones indicadas en la Tabla N°42 corresponden a la autoclave para tratamiento de residuos médicos con capacidad de 200 litros y constituyen parámetros operativos esenciales. El tiempo de esterilización de 20 minutos debe considerarse como el valor mínimo requerido para asegurar la inactivación efectiva de agentes microbiológicos. La operación del equipo debe estar restringida a personal debidamente capacitado y calificado, en estricto cumplimiento de los protocolos de seguridad aplicables al manejo de residuos hospitalarios, con el objetivo de salvaguardar la salud pública y minimizar el impacto ambiental.

Tabla 42
Especificaciones Autoclave tratamiento de residuos médicos

AUTOCLAVE TRATAMIENTO RESIDUOS MEDICOS 200 L	
Detalle	**Especificaciones**
Volumen de cámara de esterilizador	200 L
Presión de trabajo	3.2 BAR
Rango de temperatura de ajuste	135 °C
Tiempo de esterilización	20 min
Dimensión	1770x1055x2320

Fuente: Steriflash, (2025)

Las especificaciones técnicas presentadas en la Tabla N°43 para el calentador de 13 litros tienen carácter referencial y pueden experimentar ligeras variaciones en condiciones reales de funcionamiento. La realización de un mantenimiento periódico es fundamental para garantizar la eficiencia energética del equipo y prolongar su vida útil.

Tabla 43
Especificaciones calentadores de agua

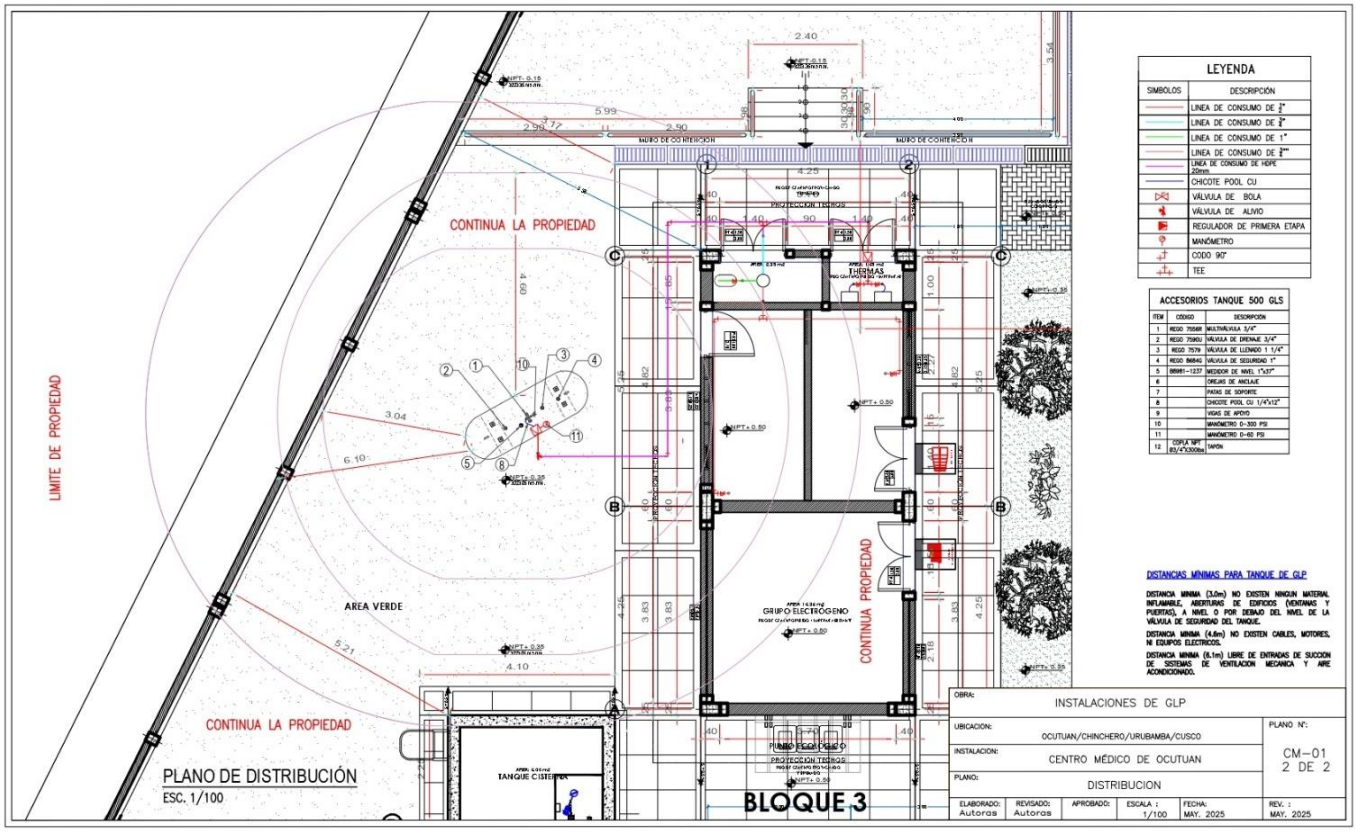
CALENTADOR 13 L	
Detalle	**Especificaciones**
Potencia	26 Kw
Ingreso y salida de agua	1/2"
Dimensiones Alx AnxFnd	63.6x35x22.5
Consumo de gas aprox	1.88 kg/h
Presión de agua	8 psi
Presión de gas	28/32 mbar

Fuente: Sole, (2025)

4.10. Plano de distribución

El diagrama de distribución del sistema de GLP comprende la zona de tanque la cual se encuentra en la parte exterior del BLOQUE III, cumpliendo el distanciamiento entre el tanque y linderos de la propiedad según lo especifica la normativa “NTP 321-123”; así mismo, se evidencia las áreas de esterilización de equipos médicos, tratamiento de residuos sólidos y la ubicación especifica de los calentadores.

Figura 39
Plano de distribución del sistema GLP y vapor



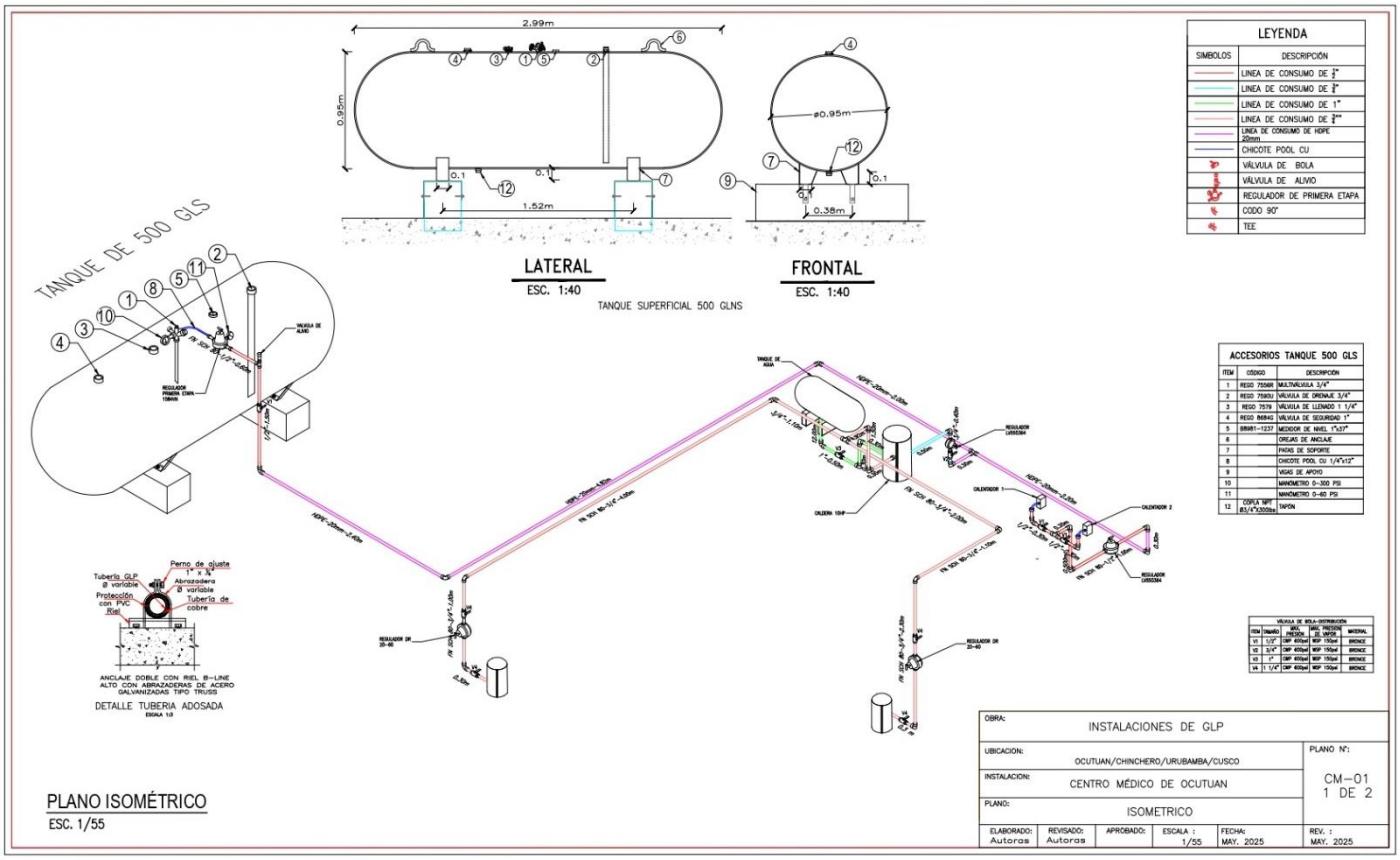
Nota: Ver Anexo 3

4.11. Plano isométrico

El plano isométrico representa de manera detallada la disposición del tanque, el trazado de las tuberías tanto aéreas como enterradas; así como, la ubicación de los puntos de consumo correspondientes a la caldera, los calentadores y las autoclaves, de la misma forma detalla los componentes del tanque, como accesorios en su distribución.

Figura 40

Plano isométrico del sistema GLP y vapor



Nota: Ver anexo 2

CAPITULO V: ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

5.1. Estudio de probables impactos ambientales y sociales

El estudio de los impactos ambientales para la instalación del sistema centralizado de Gas licuado de Petróleo (GLP) en el centro de salud de Ocutuan, considerara diversos aspectos relacionados con la instalación, operación y manejo de este combustible.

La identificación de los impactos ambientales potenciales se basará en:

- ✓ Riesgo de fugas o derrames: Analizar el impacto de posibles fugas de GLP en la atmosfera y el entorno inmediato, evaluar las medidas para la contención de derrames y su impacto en el suelo o cuerpos de agua cercanos.
- ✓ Generación de residuos: Identificar los residuos generados durante la instalación y mantenimiento del sistema (tuberías, o materiales de desecho).
- ✓ Ruido: Evaluar el impacto acústico de la operación del sistema (compresores, equipos de seguridad).
- ✓ Infraestructura del hospital: Evaluar si la infraestructura actual del centro médico es adecuada para soportar el sistema GLP (ubicación de tanque, redes de distribución), identificar modificaciones necesarias y su impacto ambiental.

Este estudio tiene como objetivo identificar, evaluar y proponer medidas para mitigar posibles impactos ambientales derivados de la instalación de un sistema de Gas licuado de Petróleo (GLP) en el centro de salud de Ocutuan. La implementación de este sistema tiene implicaciones tanto a nivel operativo como ambiental, su correcta gestión es crucial para asegurar la sostenibilidad y el cumplimiento de normativas ambientales.

Al realizar el estudio del impacto social se evalúa el impacto en la comunidad circundante, de manera que el centro médico junto a la población sea beneficiado con la instalación de este sistema a través de mejoras en atención y puestos de trabajo.

5.2. Evaluación de la magnitud e importancia

La evaluación de la magnitud e importancia de los impactos se basa en dos criterios fundamentales:

A. MAGNITUD

Este criterio se refiere a la gravedad o intensidad del impacto ambiental que se puede generar en función de la construcción, instalación y mantenimiento del sistema centralizado de GLP en el centro de salud, se evalúa que tan significativo es el efecto del impacto en el medio ambiente y el grado de reversibilidad que posee.

La magnitud es evaluada de acuerdo a la Tabla N°44

Tabla 44
Evaluación de la Magnitud

MAGNITUD		
Intensidad	**Reversibilidad**	**Puntuación**
Baja	Completamente Reversible	1
	Medianamente Reversible	2
	Parcialmente Reversible	3
Media	Completamente Reversible	4
	Medianamente Reversible	5
	Parcialmente Reversible	6
Alta	Medianamente Reversible	7
	Parcialmente Reversible	8
	Completamente Irreversible	9
Muy Alta	Completamente Irreversible	10

Fuente: Ttito, (2020)

B. IMPORTANCIA

Cuando hablamos de importancia del impacto, nos referimos a la capacidad de una acción para generar cambios significativos en el ambiente, y como esos cambios afectan su estado general (Ttito, 2020). Se evalúa las características como extensión y duración haciendo uso de la Tabla N°45.

Tabla 45
Evaluación de la Importancia

IMPORTANCIA		
Extensión	**Duración**	**Puntuación**
Puntual	Temporal	1
	Media	2
	Permanente	3
Local	Temporal	4
	Media	5
	Permanente	6
Regional	Temporal	7
	Media	8
	Permanente	9
Nacional	Permanente	10

Fuente: Ttito, (2020)

C. VALORACION

La medición o valoración del impacto se realiza a través de una evaluación de la manifestación cualitativa del efecto, lo cual indica su importancia, este indicador considera la intensidad de la alteración y las propiedades del efecto resultante (Dellavedova, 2011). La valoración se realiza bajo los parámetros establecidos en la tabla N°46.

Tabla 46
Valoración de Impactos Ambientales

Valoración de Impactos	
Impacto bajo	1 a 25
Impacto medio	25 a 50
Impacto Severo	50 a75
Impacto Critico	75

Fuente: Dellavedova, (2011)

Se realizo la elaboración de una Matriz Leopold la cual será utilizada para la identificación de los impactos ambientales generados en la construcción, instalación y mantenimiento del sistema GLP.

Tabla 47

Matriz Leopold para identificación de Impactos Ambientales

Componentes	Factores Ambientales		Fase de Construccion									Fase de Operación							Fase de Mantenimiento									Interacciones		Total del Proyecto			
			Movimiento de Tierras		Instalacion de Tanque GLP		Instalacion de Tuberias y Accesorios		Transito de Maquinaria Pesada		TOTAL	Almacenamiento de GLP		Puesta en Marcha del Sistema		Combustion de Caldera		TOTAL	Verificacion de Valvulas y Ductos		Recarga de GLP		Limpieza Tecnica del Sistema		Gestion de Residuos Menores (aceites, filtros)		TOTAL	Negativas	Positivas	Negativas		Positivas	
			Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia		Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia		Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia				Magnitud	Importancia	Magnitud	Importancia
AIRE	Emision de gases contaminantes		0	0	0	0	0	0	0	0		-1	1	-1	1	-1	1		-1	1	-1	1	0	0	0	0		5	5	5	5	0	0
	Particulas en suspensión		-1	1	0	0	-1	1	-1	1		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	-1	1		4	4	4	4		
AGUA	Fugas o derrames en areas cercanas a cuerpos de agua		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	-2	3	0	0	-2	3		2	2	4	6	0	0
SUELO	Contaminacion por derrame de sustancias peligrosas		-4	2	0	0	0	0	-5	4		0	0	0	0	0	0		0	0	-1	1	0	0	-2	1		4	4	12	8	0	0
	Generacion de residuos solidos		-1	1	-1	1	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	-1	1	-2	1		4	4	5	4	0	0
FLORA Y FAUNA	Modificacion visual del entorno		-5	3	0	0	0	0	-4	4		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	-1	1		3	3	10	8	0	0
INFRAESTRUCTURA	Cambio en la estrutura de la distribucion del centro medio		-3	3	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	3	3	0	0
SALUD HUMANA	Contaminacion por sustancias peligrosas o toxicas		-7	3	0	0	-5	2	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	-2	2	-1	1		4	4	15	8	0	0
POBLACION	Caracteristicas culturales		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
	Empleo		7	5	7	5	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0		0	4	0	0	14	10
	Accidentes laborales		-6	2	-5	2	0	0	-10	3		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0		3	3	21	7	0	0
Interacciones	Negativa		7	0	2	0	2	0	4	0		1	0	1	0	1	0		1	0	3	0	2	0	6	0		30					
	Positiva		1	8	1	3	0	2	0	4		0	1	0	1	0	1		0	1	0	3	0	2	0	6			34				
TOTAL	Negativa	Magnitud	27	0	6	0	6	0	20	0	**-59**	1	0	1	0	1	0	**-3**	1	0	4	0	3	0	9	0	**-17**			**79**			
		Importancia	0	15	0	3	0	3	0	12	**33**	0	1	0	1	0	1	**3**	0	1	0	5	0	3	0	8	**17**				**53**		
	Positiva	Magnitud	7	0	7	0	0	0	0	0	**-14**	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**					**14**	
		Importancia	0	5	0	5	0	0	0	0	**10**	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	0	0	0	0	**0**						**10**
RESULTADO (Impacto final)																														**2.63**	**1.77**	**0.177**	**0.13**

La matriz de Leopold presentada en la Tabla N°47 muestra la magnitud e importancia según cada actividad realizada en cada fase del proyecto y la implicancia frente a componentes ambientales y sociales.

- **Fase de Construcción**

De acuerdo a los resultados obtenidos en la matriz de Leopold, durante la fase de construcción se llevará a cabo actividades como el movimiento de tierras, instalación de tanque GLP, instalación de tuberías y accesorios; así como, el tránsito de maquinaria pesada. Estas acciones generan un impacto ambiental negativo con una magnitud -59 e importancia de 33, mientras que en el ámbito social presenta un impacto positivo con una magnitud de 14 e importancia de 14.

Uno de los factores ambientales críticos es el riesgo de contaminación por sustancias peligrosas o toxicas que pudieran afectar la salud del personal involucrados, por lo que será fundamental adoptar medidas de mitigación adecuadas.

Otro factor importante es la modificación visual del entorno debido a que se realizara la adecuación de infraestructura necesaria para la instalación del sistema GLP, la cual se considera necesaria para su operación.

- **Fase de Operación**

La evaluación correspondiente a la fase de Operación contempla actividades como almacenamiento de GLP, puesta en marcha del sistema, combustión en la caldera.

Estas actividades generan un impacto ambiental negativo de magnitud de -3 e importancia de 3. El componente ligeramente afectado es el aire, esto debido a la emisión de gases

contaminantes, sin embargo, es necesario indicar que este sistema estará ubicado en un espacio abierto y contará con válvulas de cierre de seguridad, lo cual permitirá controlar posibles fugas tanto durante la puesta en marcha como durante su funcionamiento regular.

- **Fase de Mantenimiento**

En la fase de Mantenimiento, la evaluación considera actividades de verificación de válvulas y ductos, recarga de GLP, limpieza técnica del sistema, gestión de residuos menores como aceites y lubricantes. Estas acciones generan un impacto ambiental negativo con una magnitud de -17 con una importancia de 17, Cabe mencionar que el componente regularmente afectado es el suelo, debido a que al utilizar aceites, lubricantes o pinturas conlleva al riesgo de derrames, para lo cual se establecerá las medidas de mitigación adecuadas para prevenir y controlar estos posibles impactos.

Es importante señalar que, al realizar la valoración de impacto ambiental y social total de todo el sistema GLP considerando sus tres fases; así como, las actividades ejecutadas y los componentes ambientales afectados, se obtuvieron valores de impacto ambiental total negativos de -2.6 con una importancia de 1.8 y valores de impacto positivo total de 0.2 con una importancia de 0.1. De acuerdo con los criterios establecidos en la tabla N°46, estos resultados corresponden a un impacto total bajo.

5.3. Medidas de mitigación y control

Las medidas de mitigación y prevención son muy importantes por lo que se deberá tener en cuenta tres puntos importantes, la prevención de Impactos ambientales, la respuesta ante emergencias y la capacitación y conciencia ambiental.

a) Prevención de Impactos ambientales

- Instalación de equipos eficientes: Uso de quemadores de baja emisión y sistemas de combustión adecuada para minimizar la liberación de gases contaminantes.
- Monitoreo constante: Implementación de sensores de GLP para detectar fugas de gas en tiempo real y evitar la acumulación de gas en el aire.
- Sistema de ventilación adecuada: en áreas cerradas donde se utilice GLP, garantizar una ventilación adecuada para evitar la acumulación de gases peligrosos.
- Sistemas de contención: Instalación de barreras de contención alrededores del tanque de GLP y áreas de almacenamiento para evitar derrames en el suelo o el agua.

b) Respuesta ante emergencias

- Plan de emergencia: Desarrollar un plan de emergencias que contemple procedimientos claros para manejar fugas, incendios, intoxicaciones y otros incidentes relacionados con el GLP.
- Simulacros periódicos: Realizar simulacros de emergencia para asegurar que el personal este capacitado en la respuesta ante emergencias relacionadas con GLP.

c) Capacitación y conciencia ambiental

- Entrenamiento al personal: Capacitar al personal en el manejo seguro del GLP, procedimientos de emergencia y el uso de protección personal.
- Concientización sobre impactos ambientales: Incluir el componente ambiental en los programas de capacitación para fomentar una cultura de responsabilidad ambiental.

La implementación de un sistema centralizado de GLP en un centro médico puede generar impactos ambientales significativos si no se toman las precauciones adecuadas. Sin embargo, mediante la instalación de equipos de monitoreo, sistemas de contención y la capacitación continua del personal, es posible minimizar estos riesgos y garantizar que el uso del GLP sea seguro y respetuoso con el medio ambiente.

Como parte de las medidas de mitigación del proyecto, se propone la implementación de un programa integral de educación ambiental comunitaria, orientado a fortalecer la prevención de riesgos asociados al uso y manejo del sistema centralizado de GLP. Esta estrategia contempla la capacitación periódica del personal involucrado (personal médico, administrativo y población cercana) en temas como el manejo seguro de combustibles, identificación de situaciones de riesgo, respuesta ante emergencias y conservación del entorno. Al promover una cultura preventiva y de responsabilidad ambiental, se busca reducir la vulnerabilidad ante incidentes, fomentando prácticas seguras y sostenibles, y fortaleciendo el compromiso colectivo con la seguridad operativa y la protección del entorno en el ámbito del centro de salud y su comunidad.

5.4. Plan de remediación de impactos ambientales y sociales

Para el plan de remediación de los impactos generados por la instalación del sistema centralizado de GLP, se debe considerar que, como parte del proceso de inscripción para la obtención de la ficha de registro, es obligatorio presentar un plan de contingencias. Este debe elaborarse en conformidad con lo dispuesto en el Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos, aprobado por el Decreto Supremo N.° 039-2014-EM y su modificatoria, el Decreto Supremo N.° 023-2018-EM. El objetivo es prevenir, controlar, contener y/o mitigar posibles fugas, escapes o derrames de hidrocarburos, productos derivados o sustancias

químicas que puedan generar incendios, explosiones u otras situaciones de emergencia en la unidad operativa.

5.4.1. Instalación del sistema centralizado de GLP:

La instalación de 1 tanque de 500 gal de capacidad; así como, tuberías, válvulas y accesorios para la distribución dentro de las instalaciones del centro de salud, para la selección de diámetros de tuberías, la elección de válvulas y accesorios serán determinadas en base al requerimiento de consumo y condiciones de operación. Se tendrá en cuenta las siguientes consideraciones:

- El tanque deberá ser instalado en un área especialmente acondicionada bajo las distancias mínimas de seguridad en base a lo señalado en la NTP 321.123.
- El tanque deberá estar equipado con los accesorios necesarios para la descarga, suministro y medición de GLP, y su construcción deberá cumplir con los estándares internacionales, como lo establecido en el Código ASME Sección VIII.
- El tanque deberá estar protegido contra la corrosión mediante la aplicación de pintura epóxica.
- El tanque estacionario deberá contar con el certificado de fabricación.
- El tanque deberá instalarse sobre una superficie nivelada y disponer de un espacio perimetral adecuado que facilite las labores de mantenimiento necesarias.

5.4.2. Sistema de recepción de GLP

El GLP que se usará para el abastecimiento del tanque será trasportado en camiones cisterna y estos a su vez recepcionado por el tanque estacionario ya sea de llenado directo o a través de una línea de llenado esto cuando el punto de transferencia de encuentra desplazado. Se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Una válvula de cierre rápido tipo bola o esfera que deberá estar ubicada cerca de una válvula check de ingreso de GLP en fase liquida.
- La descarga deberá efectuarse mediante una bomba de GLP fija instalada en el camión cisterna, el cual deberá estar equipado adicionalmente con un dispositivo matachispa.
- Durante la descarga el camión deberá estar conectado a pozo a tierra de manera permanente esto para minimizar la posible producción de chispa eléctrica.
- El llenado del tanque deberá realizarse bajo la supervisión de dos operadores: uno ubicado en los controles del vehículo de suministro de GLP y otro en los controles del tanque. La persona responsable de la transferencia será la encargada de implementar todas las medidas de seguridad necesarias para prevenir la presencia de fuentes de ignición durante el proceso.

5.4.3. Sistemas de seguridad y mitigación

El sistema centralizado de GLP debe estar adecuadamente protegido contra fuentes de ignición durante las operaciones de transferencia, así como durante las conexiones,

desconexiones o ventilaciones del gas a la atmósfera. Para ello, se deben considerar las siguientes medidas:

- Restricción de motores en funcionamiento: Dentro de un radio de 4.60 metros desde el punto de transferencia, no se deben operar motores de combustión interna mientras se realiza la transferencia de GLP. Se exceptúan los motores de los camiones cisterna, siempre que estén operando bombas de transferencia o compresores montados en los mismos vehículos para el llenado del tanque.
- Control de fuentes de ignición: No se permitirá la presencia de llamas abiertas, personas fumando, equipos de corte o soldadura, herramientas eléctricas, lámparas u otros elementos capaces de generar chispas o temperaturas elevadas que puedan encender el GLP dentro del mismo radio de 4.60 metros desde el punto de transferencia. Además, antes de iniciar la transferencia, debe asegurarse que cualquier material previamente calentado esté completamente enfriado para evitar riesgos de ignición.
- Ubicación del tanque estacionario: El tanque debe instalarse en un área con libre circulación de aire, a una distancia mínima de 3 metros de aberturas de edificaciones (como puertas o ventanas) que estén al nivel o por debajo de la válvula de alivio del tanque. Asimismo, debe mantenerse a al menos 6.1 metros de entradas de sistemas de ventilación mecánica o de aire acondicionado, medido según la trayectoria esperada del GLP.

Estas disposiciones son fundamentales para garantizar la seguridad durante la operación del sistema de GLP y deben cumplirse rigurosamente conforme a las normativas aplicables.

Además, de las consideraciones mencionadas la instalación deberá contar un sistema de protección contra incendio, de acuerdo a la normativa se tiene que:

- El sistema deberá estar equipado con al menos un extintor que cumpla las siguientes especificaciones de seguridad: Capacidad mínima, 9 kg (equivalente a 10 libras) de polvo químico seco (PQS), que sean aptos para fuegos de clase ABC, según la norma UL con una capacidad de extinción mínima de 4A:80B:C, conforme a pruebas de fuego especificadas en la NTP 350.062.

Además, la inspección, mantenimiento, recarga y prueba hidrostática de los extintores deberá seguir lo establecido en la NTP 350.043-1. Estas labores deberán ser ejecutadas exclusivamente por empresas autorizadas, que cuenten con el equipamiento técnico certificado según la NTP 833.026-1.

A continuación, se plantea las acciones a seguir en caso de:

a) Incendio: En caso de fuego, se deben implementar acciones inmediatas para evitar su rápida propagación y reducir al mínimo los daños. Es fundamental tener en cuenta que el fuego originado por GLP no debe apagarse hasta haber interrumpido la fuente de gas que lo alimenta.

   A continuación, se detallan las medidas mínimas a seguir ante un incendio:

   - Intervención de la Brigada de Emergencia: Solo si no se trata de una fuga en ignición, se intentará extinguir el fuego o contener su propagación utilizando los medios disponibles, como extintores, arena o agua.

- Accesos para equipos de emergencia: Se debe garantizar la existencia de caminos o accesos adecuados para el ingreso rápido del cuerpo de bomberos u otras unidades de emergencia.
- Comunicación con servicios de emergencia: En zonas cercanas a centros urbanos, se deberá coordinar la presencia del cuerpo de bomberos, para lo cual se dispondrán en lugares visibles los números telefónicos de emergencia, asegurando una respuesta rápida y efectiva ante el siniestro.

b) Fugas: En caso de una fuga de GLP, se deben aplicar estrictamente las siguientes medidas de seguridad para prevenir incendios, explosiones u otras situaciones críticas:

- Restringir el acceso: Se debe detener el paso de personas y vehículos en un radio mínimo de 100 metros alrededor del lugar donde se presenta la emergencia.
- Evacuación: Proceder a evacuar inmediatamente a todas las personas que se encuentren dentro del radio de 100 metros de la fuga.
- Equipamiento de emergencia: Tener listo y movilizar extintores y cualquier otro equipo necesario para el control de la situación.
- Dispersión de vapores: Si es posible, se debe rociar agua en forma de neblina (chorro niebla) para ayudar a dispersar los vapores del GLP acumulados en el ambiente.
- Eliminar fuentes de ignición: Cortar inmediatamente toda posible fuente de ignición, incluyendo la prohibición de accionar interruptores eléctricos.
- Apagar llamas: Sofocar de inmediato cualquier llama abierta que se encuentre cerca de la zona afectada.

- Extintor a la mano: Es recomendable mantener un extintor con clasificación UL próximo a la ubicación del tanque de almacenamiento de GLP para una respuesta inmediata.

Además, será fundamental establecer canales de comunicación directa e inmediata con instituciones clave del sector que puedan brindar apoyo en situaciones de emergencia relacionadas con el sistema centralizado de GLP. Las siguientes coordinaciones son esenciales:

- Enlace con los Comités de Defensa Civil Distritales y Provinciales: Se deberá contar con un vínculo directo y operativo con los comités de Defensa Civil, tanto a nivel distrital como provincial, para garantizar una respuesta coordinada y oportuna ante cualquier contingencia que pueda surgir.
- Enlace con el Cuerpo General de Bomberos Voluntarios del Perú (CGBVP):Se debe mantener comunicación constante con el CGBVP, que será la entidad encargada de actuar como primera línea de respuesta en caso de incendio, fuga o cualquier otra emergencia asociada al GLP.
- Enlace con la Policía Nacional del Perú (PNP): La Policía Nacional deberá estar debidamente informada y coordinada, ya que su presencia es crucial para garantizar la seguridad del perímetro, controlar accesos, facilitar evacuaciones y apoyar las labores de contención de la emergencia.

Es fundamental considerar los riesgos asociados al GLP como sustancia peligrosa. Sus propiedades físico-químicas lo convierten en un material que implica ciertos peligros. Al igual que otras fuentes de energía, tanto su manejo y uso como los residuos derivados de una combustión deficiente pueden generar situaciones riesgosas.

Desde una perspectiva física, el GLP se presenta en dos estados: líquido y gaseoso. En ambos casos, se cuenta con un amplio conocimiento sobre su comportamiento y las tecnologías para su control, por lo que los aspectos de seguridad están bien establecidos.

A continuación, se describen algunos de los principales riesgos vinculados al GLP:

- El riesgo más relevante es el incendio, debido a su alta inflamabilidad. En situaciones extremas, esta característica combinada con la presión puede ocasionar una explosión conocida como BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), que en español se traduce como Explosión de Vapores en Expansión y Líquidos en Ebullición.
- En el punto de uso, si los gases de combustión no se dispersan adecuadamente, puede acumularse monóxido de carbono (CO), un gas tóxico. La ventilación es clave para evitar esta acumulación.
- La inhalación intencional del vapor de GLP, conocida como “esnifado”, puede causar efectos narcóticos y asfixiantes que, en dosis elevadas, pueden provocar daños graves o la muerte.
- El contacto del GLP en estado líquido con la piel puede causar quemaduras. El propano, con un punto de ebullición más bajo, representa un mayor riesgo en este sentido en comparación con el butano, que en climas fríos se evapora y dispersa más lentamente.
- Debido a que el vapor de GLP es más pesado que el aire, en caso de fuga puede acumularse en espacios cerrados o en áreas bajas, aumentando el riesgo de ignición. La ventilación influye en la dispersión del gas.

- Un escape de GLP en fase líquida es mucho más peligroso que en fase gaseosa, ya que su volumen se incrementa más de 250 veces al evaporarse. Por ser más denso que el aire, el vapor tiende a mantenerse cerca del suelo, donde puede encontrar una fuente de ignición dentro de sus límites inflamables.
- El GLP líquido tiene una alta tasa de expansión térmica, por lo que los tanques y recipientes deben contar con un espacio libre que permita la expansión del líquido al aumentar la temperatura.

La instalación del sistema centralizado de GLP en el Centro de Salud Ocutuan – Chinchero no solo representa un avance en términos técnicos y operativos, sino que también tiene un profundo impacto social en la comunidad. Al garantizar un suministro energético más eficiente, continuo y seguro, se fortalecen directamente los servicios de salud, lo cual es fundamental para el bienestar y la calidad de vida de la población. Una mejora en la infraestructura energética permite la implementación y funcionamiento adecuado de equipos médicos esenciales, particularmente en servicios críticos como esterilización. Esto asegura una atención más oportuna, segura y de mayor calidad, reduciendo riesgos de infecciones intrahospitalarias.

Asimismo, este proyecto contribuye al fortalecimiento del primer nivel de atención en salud, que es el principal punto de contacto entre la población y el sistema de salud pública. El acceso a servicios con mejores condiciones genera confianza en la comunidad, incrementando la asistencia a controles médicos, vacunaciones, y programas preventivos.

Finalmente, este proyecto tiene un efecto multiplicador en el desarrollo local, ya que mejora las condiciones laborales del personal médico y administrativo, fomenta la inversión en infraestructura y fortalece la capacidad de respuesta ante emergencias sanitarias. Todo ello

contribuye a una mejor calidad de vida para los habitantes de Ocutuan – Chinchero y zonas aledañas, promoviendo un desarrollo más equitativo y sostenible.

En el marco de la gestión ambiental post-instalación del sistema centralizado de GLP, se ha elaborado un plan de seguimiento que contempla acciones técnicas, ambientales y sociales orientadas a asegurar la operación segura, eficiente y sostenible del sistema. Este plan incluye inspecciones periódicas de la infraestructura, verificación de parámetros operativos, control de residuos generados por el mantenimiento, así como actividades de educación ambiental comunitaria para fortalecer la prevención de riesgos. Asimismo, se incorpora un componente de participación social mediante encuestas de percepción y talleres de capacitación, garantizando un monitoreo integral y continuo, pese a que el estudio determinó la inexistencia de impactos negativos significativos. Con ello, se promueve una gestión preventiva que refuerza el compromiso con la seguridad, la sostenibilidad y el bienestar de la comunidad usuaria del centro de salud.(ANEXO 5)

CAPITULO VI: ESTUDIO LEGAL Y NORMATIVO

6.1. Cumplimiento normativo

Según la NTP 321.121, (2013) Las instalaciones internas destinadas al suministro de GLP deben ser diseñadas y dimensionadas de manera que aseguren un suministro adecuado para cubrir la demanda máxima, evitando caídas de presión significativas entre el regulador y los equipos que consumen el gas.

La norma NTP 321.123, que regula el gas licuado de petróleo para instalaciones de consumidores directos y redes de distribución, establece los requisitos mínimos que estas instalaciones deben cumplir.

De acuerdo a lo mencionado en el (NFPA 58, 2014) el sistema de GLP es un conjunto compuesto de uno o más recipientes con un medio para transportar GLP desde un recipiente hasta un dispositivo de suministro o de consumo que incorpora componentes que controlan la cantidad, flujo, presión y estado físico (líquido o gaseoso) del GLP.

Dicho código también nos menciona las siguientes consideraciones generales:

Los sistemas o componentes que se ensamblen para conformar los sistemas deberán contar con la aprobación conforme a lo indicado en la tabla N°48.

Tabla 48
Sistemas o componentes para ensamblado

Recipientes utilizados	Capacidad de agua		La aprobación se aplica a
	gal	m^3	
Cilindros	<120	<0.445	Válvulas de recipientes y conectores Múltiple de acople de válvulas Reguladores y dispositivos de alivio de presion
Recipientes ASME	≤2000	≤7.6	Sistema del recipiente, regulador incluido o recipiente completo y regulador separadamente Válvulas del recipiente Válvulas de exceso de flujo del recipiente, válvulas de chequeo de contraflujo o medios alternos para proveer esta proteccion como
Recipientes ASME	>2000	>7.6	válvulas internas controladas en forma remota. Dispositivo de medición del nivel del recipiente Reguladores y dispositivos de alivio de presion del recipiente.

Fuente: (NFPA 58, 2014)

Nota: La tabla N°48 presenta los sistemas o componentes para ensamblado considerando la capacidad de los recipientes de acuerdo al código ASME - Sección VIII .

La tubería utilizada debe ser de hierro maleable, acero (negro o galvanizado), bronce, cobre, poliamida o polietileno, cumpliendo con las siguientes normativas:

- Hierro maleable: Según ASME B36.10M, que cubre tuberías de acero maleable soldadas y sin costura.

- Acero: Debe cumplir con ASTM A53, que especifica tubería de acero negra o galvanizada, soldada o sin costura; y ASTM A106, para tuberías sin costura de acero al carbono destinadas a servicios de alta temperatura.

- Bronce: Según ASTM B43, que establece las especificaciones para tuberías sin costura de bronce rojo en tamaños estándar.

- Cobre: Debe ajustarse a ASTM B42 para tuberías sin costura en tamaños estándar.

- Poliamida: Conforme a ASTM D2513-09, que establece normas para tuberías rígidas termoplásticas para gas, incluyendo tuberías flexibles y accesorios recomendados para su uso con GLP.

- Polietileno: De acuerdo con ASTM D2513, para tuberías rígidas y flexibles, así como accesorios termoplásticos para gas a presión, recomendados para GLP.

- Bronce (tubos): Según ASTM B135, para tubos de bronce sin costura.

- Cobre (tubos):

  Tipo K o L bajo ASTM B88, para tubos sin costura usados en agua.

  ASTM B280, para tubos sin costura utilizados en sistemas de aire acondicionado y refrigeración.

- Tubería flexible de poliamida: Según ASTM D2513-09 y ASTM D2513, para tuberías rígidas y flexibles y accesorios termoplásticos para gas a presión, siempre recomendados por el fabricante para uso con GLP.

- Tubos Corrugados Flexibles de acero inoxidable: ANSI/CSA 6.26 (LC 1), Sistemas de tuberías de gas combustible para interiores que utilizan tuberías flexibles de acero inoxidable corrugado.

El sistema de tuberías de vapor de GLP aguas abajo del regulador de primera etapa deberán dimensionarse de modo que todos los artefactos funciones según las especificaciones de sus respectivos fabricantes.

Considerar que la tubería utilizada no deberá de ser de un espesor menor a cedula 40 ;además, que estos deberán ser preferentemente visibles o instaladas de tal manera que se permita su inspección y fácil identificación.

Tabla 49

Tipos de conexiones para uniones metálicas en servicio de GLP

Servicio	Cedula 40	Cedula 80
Liquido	**Soldado**	**Roscado o soldado**
Vapor ≤ 0,9 Mpa manometrica (≤ 125 psig)	Roscado o soldado	Roscado o soldado
Vapor > 0,9 Mpa manometrica (> 125 psig)	Soldado	Roscado o soldado

Fuente: Norma Técnica Peruana 321-123, (2012)

Nota: La tabla N°49 detalla el tipo de uniones metálicas en servicios de GLP considerando la presión manométrica y el tipo de tubería comercial.

Según la (NTP 321.121, 2013) Las instalaciones internas para el suministro de GLP deben diseñarse para garantizar un suministro adecuado que satisfaga la demanda máxima, evitando pérdidas significativas de presión entre el regulador y los equipos de consumo.

Para seleccionar el tramo adecuado de tubos o tuberías en estas instalaciones, se deben considerar, como mínimo, los siguientes factores:

- La caída de presión permitida desde el regulador hasta el equipo.
- La demanda máxima de GLP.
- La longitud de la tubería y la cantidad de accesorios instalados.
- La gravedad específica del GLP.
- El factor de simultaneidad.

Respecto a la ubicación de los recipientes de GLP, estos deben instalarse preferentemente en exteriores, a menos que exista una autorización específica para ubicarlos dentro de las edificaciones.

Tabla 50

Distancias de Separación entre Recipientes, Edificios Importantes

Capacidad de agua por Recipiente		Distancias Minimas					
		Recipientes Enterrados o Atrincherados[a]		Recipientes de Superficie		Entre Recipientes[b]	
gal	m3	pies	m	pies	m	pies	m
<125[c]	<0.5[c]	10	3	0[d]	0[d]	0	0
125-250	0.5-1.0	10	3	10	3	0	0
251-500	>1.0-1.9	10	3	10	3	3	1
501-2,000	>1.9-7.6	10	3	25[e]	7.6	3	1
2,001-30,000	>7.6-114	10	15	50	15	5	1.5
30,001-70,000	>114-265	50	15	75	23	1/4 de la suma de diametros de los recipientes adyacente	
70,001-90,000	>265-341	50	15	100	30		
90,001-12,000	>341-454	50	15	125	38		
120,001-200,000	>454-757	50	15	200	61		
200,001-1,000,000	>757-3,785	50	15	300	91		
>1,000,000	>3,785	50	15	400	122		

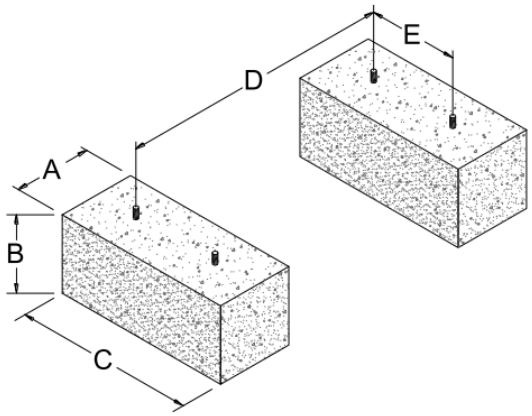
Fuente: Norma Técnica Peruana 321-123, (2012)

Nota: La figura N°50 detalla las distancias de separación entre recipientes de presión y edificaciones según la NTP 321.123.

Los tanques horizontales diseñados para instalaciones permanentes en servicio estacionario en superficie deben ser instalados sobre estructuras de albañilería u otros soportes estructurales no combustibles, los cuales deben estar asentados sobre bases de concreto o mampostería.

Figura 41

Dimensiones de bases de apoyo para tanques GLP hasta 1000 gal



MODELO TANQUE	CAPACIDAD M3	MEDIDAS (milimetros)				
		A	B	C	D	E
IT SA 120	0.45	300	300	800	955	257
IT SA 250	0.95	300	300	800	1100	323
IT SA 500	1.89	300	300	1000	1290	381
IT SA 1000	3.78	300	300	1000	2750	412
TATSA 120	0.45	300	300	800	914	257
TATSA 250	0.95	300	300	800	1066	324
TATSA 500	1.89	300	300	1000	1524	381
TATSA 1000	3.78	300	300	1000	2743	412
TATSA 500 Soterrado	1.89	300	300	1000	1530	
TATSA 1000 Soterrado	3.78	300	300	1000	2750	

Fuente: Corporación Primax, (2023)

Nota: La figura N°41 detalla las dimensiones que deben poseer las bases de apoyo para tanques de GLP hasta 1000 galones.

6.2. Cumplimiento de regulaciones locales e internacionales

Tomando en consideración lo mencionado en OSINERGMIN & EL PERUANO, (2024) se tiene el reglamento del registro de hidrocarburos de Osinergmin establece los procedimientos, principios, requisitos y autoridades responsables para la inscripción, modificación, suspensión, cancelación y habilitación en el registro de hidrocarburos.

Este reglamento aplica para la inscripción o modificación en el registro de hidrocarburos de los consumidores directos y redes de distribución de gas licuado de petróleo (GLP), incluyendo a los consumidores directos de GLP, las redes de distribución y los consumidores directos que cuentan con equipos de despacho.

a) Consumidor directo de GLP – Red de distribución de GLP.
b) Consumidor directo de GLP con equipo de despacho.

También se deberá tener en cuenta los montos establecidos de póliza de seguro de responsabilidad civil extracontractual para consumidores directos GLP.

6.2.1. Consideraciones de seguridad industrial en consideración con la normativa aplicable

Tomando en consideración lo mencionado en (OSINERGMIN & EL PERUANO, 2024) se tiene el reglamento del registro de hidrocarburos de Osinergmin en el cual se establece el procedimiento, principios, requisitos y órganos competentes para la inscripción, modificación, suspensión, cancelación y habilitación en el registro de hidrocarburos.

La inscripción o actualización en el registro de hidrocarburos aplica a los consumidores directos y redes de distribución de gas licuado de petróleo (GLP), incluyendo tanto a los consumidores directos de GLP, como a las redes de distribución y a los consumidores directos que operan con equipos de despacho.

6.3. Consumidores directos y redes de distribución de GLP

Según lo mencionado en la resolución de consejo directivo OSINERGMIN Nª 029-202-OS/CD se da la aprobación de listado de condiciones d seguridad de criticidad alta entre las cuales el ámbito de aplicación incluye a consumidores directos de GLP, los cuales se evidencian en los anexos del presente trabajo

Consumidores directos y redes de distribución de GLP

Se tiene en consideración los siguientes criterios**,** los cuales se detallarán en el anexo N°5:

a) Obligaciones criticas generales

b) Tanques horizontales instalados en superficie

c) Tanques enterrados monticulados

d) Tanques instalados en techos de edificios

e) Tanques estacionarios para almacenamiento de GLP montados sobre remolques

f) Tanques verticales

g) Vaporizadores de fuego directo

h) Tanques mayores a 2000 galones de capacidad o ubicados en plantas industriales

i) Instalación de válvula de cierre de emergencia

j) Instalación de tubería y punto de transferencia desplazado

6.4. Señalética de seguridad

Los tanques estacionarios de GLP deben llevar pintada en su superficie la frase "Gas Combustible No Fumar" en letras de imprenta claramente visibles, sobre un fondo con alto contraste, y el tamaño de las letras debe estar acorde con las dimensiones del tanque según (NTP 399.010-1, 2016), en el caso de tanques soterrados o monticulados, se deberá colocar un cartel cuya ubicación cumpla con las distancias establecidas en la norma mencionada anteriormente.

Además, el tanque debe llevar el logo o señal distintiva de la empresa envasadora o distribuidora de GLP a granel, así como también el número telefónico para emergencias.

Acorde a la NTP 399.010-1, (2016), los formatos de señales y carteles de seguridad requeridos, en función de la distancia desde la cual el usuario debe visualizar o leer el mensaje, deben cumplir con lo establecido en la tabla N°63.

Tabla 51

Medidas recomendadas para señalizaciones de seguridad de acuerdo a la distancia máxima del observador

Distancia (m)	**Circular (diámetro en cm)**	**Triangular (lado en cm)**	**Cuadrangular (lado en cm)**	**Rectangular**		
				1 a 2 (Lado menor en cm)	**1 a 3 (Lado menor en cm)**	**2 a 3 (Lado menor en cm)**
De 0 a 05	10	10	10	10 x 20	10 x 30	10 x 15
De 05 a 10	20	20	20	20 x 40	20 x 60	20 x 30
+ de 10 a 15	30	30	30	30 x 60	30 x 90	30 x 45
+ de 15 a 20	40	40	40	40 x 80	40 x 120	40 x 60

Fuente: NTP 399.010-1, (2016)

Nota: La tabla N°51 indica las medidas recomendadas para la señalización de seguridad considerando el formato de señal y carteles de seguridad de acuerdo la distancia máxima del observador.

Figura 42

Vista panorámica de tanque de GLP y señalética típica para un tanque de 250 galones

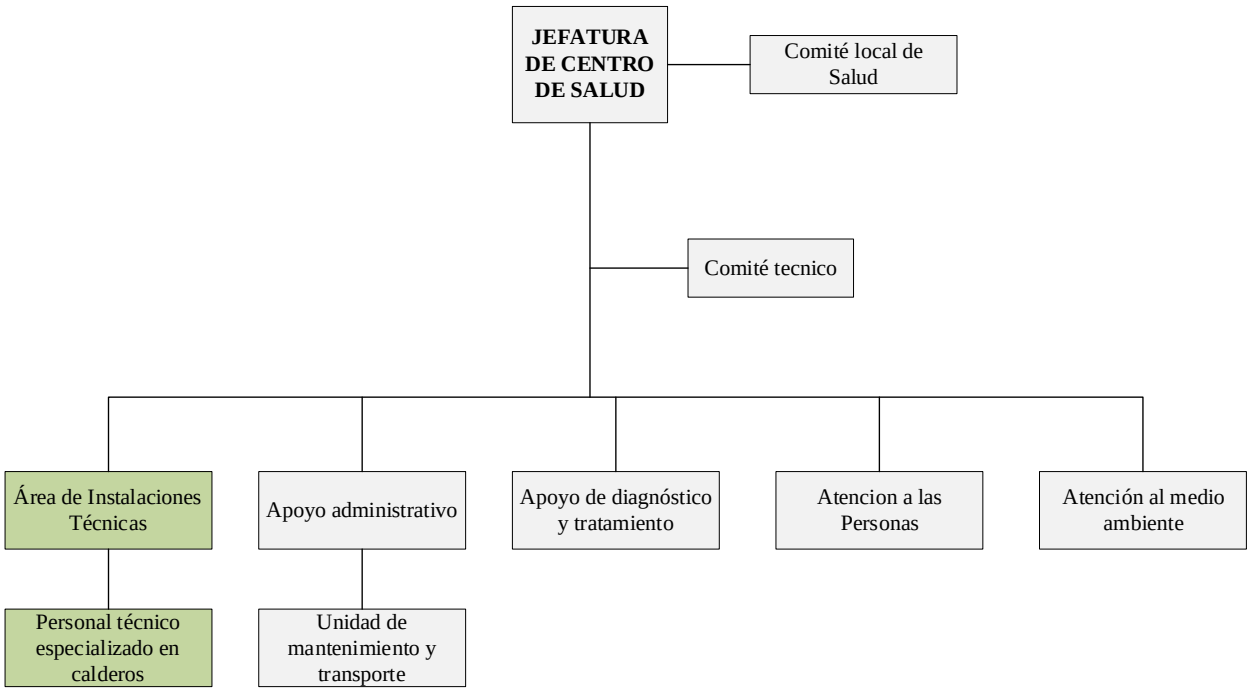
Nota. En el cuerpo del tanque de almacenamiento de GLP se observan las señalizaciones de 'Gas Combustible No Fumar', 'Teléfono de Emergencia', Rombo NPFA, UN-1075 de las Naciones Unidas y señal de 'Máximo Llenado 80%' acorde a la normativa vigente NTP 321.123.

CAPITULO VII: ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

7.1. Estructura Organizativa del Proyecto

El organigrama mostrado en la figura N°43 representa la estructura organizativa del centro de salud, encabezado por la jefatura, bajo su dirección se encuentran unidades clave como comité local de salud, comité técnico, apoyo administrativo, apoyo de diagnóstico y tratamiento, atención a las personas y al medio ambiente; así mismo, se evidencia la unidad de mantenimiento y transporte, se adicionará un área de instalaciones técnicas con un personal técnico especializado en calderos para la correcta operación del sistema GLP.

Figura 43
Estructura organizativa del centro de salud



CAPITULO VIII: INVERSION Y FINANCIAMIENTO DEL PROYECTO

8.1. Inversión de activos fijos tangibles

La inversión en activos fijos tangibles consiste en la adquisición de bienes materiales indispensables para la realización de las operaciones. Estos bienes tienen una vida útil prolongada y no están destinados a la venta, sino a ser utilizados en la prestación de servicios. Entre los activos tangibles se encuentran la maquinaria, el mobiliario, los equipos informáticos y las herramientas.

Tabla 52
Activos tangibles - Materiales y equipos

ITEM	TOTAL, COSTO MERCADO	TOTAL, COSTO SOCIAL
Costos tangibles (activos tangibles para la implementación del proyecto)	S/14,597.30	S/12,477.63

Las Tablas N°52 presenta la estimación de la inversión requerida en activos tangibles para la implementación del proyecto, con un costo de mercado total de S/ 14 597.30. No obstante, al aplicar los factores de corrección correspondientes, definidos en la Tabla N°62, se determina que el valor ajustado en términos de costos sociales asciende a S/ 12 477.63.

Tabla 53
Factores de corrección - Proyecto social

PRECIO BASICO	FACTOR DE CORRECCION
Bienes no transables	0.847
Bienes transables	0.867

Fuente: Dirección de regulación tarifaria – SUNASS, (2025)

8.2. Inversión en activos fijos intangibles

La inversión en activos fijos intangibles consiste en la asignación de recursos financieros para la adquisición de bienes no materiales que generarán beneficios a largo plazo. Estos activos son fundamentales para el funcionamiento continuo, el crecimiento sostenido de la organización.

Tabla 54
Activos intangibles

ACTIVOS INTANGIBLES		
Ítem	Características	Total
1	Licencias	S/1 001.00
	TOTAL	**S/1 001.00**

La tabla N°54 muestra la inversión destinada a activos tangibles, considerando la inscripción del sistema para su operatividad ante OSINERGMIN.

8.3. Capital de Trabajo

El capital de trabajo del proyecto corresponde a los recursos financieros destinados a garantizar la continuidad de las operaciones diarias, considerando tanto los activos como los pasivos corrientes. Una gestión eficiente del mismo requiere la implementación de estrategias como la optimización del inventario, la negociación de condiciones con proveedores, el control riguroso de los gastos y una planificación financiera estructurada.

Tabla 55
Mano de obra directa del proyecto

PUESTO DE TRABAJO	SUELDO (S./)	CANTIDAD DE PERSONAL	REMUNERACION MENSUAL(S/.)	DESCUENTO AFP 13.43%	FONDO 10%	SEGURO 1.70%	COMISION 0.5%	TOTAL DE AFP	TOTAL COSTO MERCADO	TOTAL COSTO SOCIAL
				11%	10%	1.70%	0.50%			
Encargado civil	S/2,500.00	2	S/ 5,000.00	S/ 570.00	S/ 500.00	S/ 85.00	S/ 25.00	S/ 1,180.00	S/ 3,820.00	S/ 2,292.00
Encargado de instalaciones mecanicas	S/2,500.00	2	S/ 5,000.00	S/ 570.00	S/ 500.00	S/ 85.00	S/ 25.00	S/ 1,180.00	S/ 3,820.00	S/ 2,292.00
Encargado de soldadura	S/3,200.00	1	S/ 3,200.00	S/ 364.80	S/ 320.00	S/ 54.40	S/ 16.00	S/ 755.20	S/ 2,444.80	S/ 1,466.88
TOTAL		**5**	**S/ 13,200.00**	**S/1,504.80**	**S/1,320.00**	**S/224.40**	**S/66.00**	**S/3,115.20**	**S/10,084.80**	**S/6,050.88**

Tabla 56
Mano de obra indirecta del proyecto

PUESTO DE TRABAJO	SUELDO (S./)	CANTIDAD DE PERSONAL	REMUNERACION MENSUAL(S/.)	DESCUENTO AFP 13%	FONDO 10%	SEGURO 1.70%	COMISION 0.5%	TOTAL DE AFP	TOTAL COSTO MERCADO	TOTAL COSTO SOCIAL
				11%	10%	1.70%	0.50%			
INGENIERO MECANICO, QUIMICO,	4800	1	S/ 4,800.00	S/ 547.20	S/ 480.00	S/ 81.60	S/ 24.00	S/ 585.60	S/ 4,214.40	S/ 3,329.38
INGENIERO DE SEGURIDAD	4300	1	S/ 4,300.00	S/ 490.20	S/ 430.00	S/ 73.10	S/ 21.50	S/ 524.60	S/ 3,775.40	S/ 2,982.57
TECNICO ESPECIALIZADO EN CALDEROS	2800	1	S/ 2,800.00	S/ 319.20	S/ 280.00	S/ 47.60	S/ 14.00	S/ 341.60	S/ 2,458.40	S/ 1,942.14
TOTAL		**3**	**S/ 11,900.00**	**S/ 1,356.60**	**S/ 1,190.00**	**S/ 202.30**	**S/ 59.50**	**S/ 1,451.80**	**S/ 10,448.20**	**S/8,254.08**

Tabla 57
Materia Prima Directa

MATERIAL PRIMA E INSUMO				
ITEM	**CANTIDAD DE GALONES**	**P.U MERCADO**	**TOTAL, COSTO MERCADO**	**TOTAL, COSTO SOCIAL**
GLP	410	S/11.05	S/4,530.50	S/2,197.29
AGUA	43.423	S/2.50	S/108.56	S/87.06
	TOTAL		**S/4,639.06**	**S/2,284.36**

Tabla 58
Equipos para instalación

EQUIPOS PARA EL SISTEMA CENTRALIZADO					
CANTIDAD	**MATERIALES**	**P.U MERCADO**	**TOTAL, COSTO MERCADO**	**P. SOCIAL UNITARIO**	**TOTAL, COSTO SOCIAL**
1	Tanque 500 galones	S/16,520.00	S/16,520.00	S/14,322.84	S/14,322.84
1	Caldero	S/48,144.00	S/48,144.00	S/41,740.85	S/41,740.85
2	Autoclaves	S/31,040.00	S/62,080.00	S/26,911.68	S/53,823.36
1	Tanque de agua + sistema de tratamiento	S/10,800.00	S/10,800.00	S/9,363.60	S/9,363.60
1	Accesorios	-	S/33,362.68	-	S/28,534.22
	TOTAL		**S/170,906.68**		**S/147,784.87**

Según las Tablas N°55, 57 y 58 presentan la proyección del capital de trabajo requerido para la fase de implementación del proyecto. En dicha estimación, los costos directos vinculados

al proceso de instalación ascienden a S/185,630.54 bajo criterios de mercado, mientras que, al aplicar los factores de ajuste correspondientes según las tablas N°59, N°60 y N°61, el valor en términos de costos sociales se reduce a S/156,120.10. Por otro lado, los costos indirectos de fabricación se estiman en S/11,888.15 a precios de mercado, y en S/ 9,473.72 en términos sociales. Asimismo, se consideran costos fijos asociados a la instalación y operación, con un valor de S/ 18,240.00 a precios de mercado y S/ 15,368.28 bajo el enfoque de costos sociales. Como resultado, el capital de trabajo total requerido se estima en S/215,758.69 según valores de mercado, y en S/180,962.10 al considerar el enfoque de costos sociales.

Tabla 59
Factor de corrección para proyecto social – Mano de obra

Nivel de calificación	Factores de corrección			
	Lima metropolitana	Resto de costa	Sierra	Selva
Calificado	0.85	0.8	0.79	0.82
Semicalificado	0.8	0.65	0.6	0.61
No Calificado	0.8	0.62	0.42	0.5

Fuente: Dirección de regulación tarifaria – SUNASS, (2025)

Tabla 60
Factor de corrección para proyecto social - combustibles

Parámetro	Factor de corrección
Diesel	0.735
Gasolina 97	0.622
Gasolina 95	0.626
Gasolina 90	0.627
Gasolina 84	0.676
GLP	0.485
GNV	0.649

Fuente: Dirección de regulación tarifaria – SUNASS, (2025)

Tabla 61
Factor de corrección para proyecto social

Parámetro	Factor de corrección
Planta de tratamiento de agua potable	0.797
Línea de agua potable	0.802
Obras civiles, estructuras	0.759
Equipamiento e instalaciones hidráulicas	0.838
Líneas de alcantarillado	0.772
Planta de tratamiento de desagüe	0.785

Fuente: Dirección de regulación tarifaria – SUNASS, (2025)

8.4. Resumen de inversiones

La Tabla N°62 presenta el consolidado de las inversiones necesarias para la implementación del proyecto. Se detalla una inversión en activos tangibles valorizada en S/ 14,597.30 a precios de mercado y en S/ 12,477.63 considerando costos sociales. Asimismo, se contempla una inversión en activos intangibles por un valor de S/ 1 001.00. El capital de trabajo requerido asciende a S/ 215,758.69 bajo el enfoque de mercado y a S/ 180,962.10 considerando precios sociales. En conjunto, el requerimiento total de capital para la ejecución del sistema se estima en S/ 231,356.99 a precios de mercado y en S/ 194,440.73 en términos de costos sociales.

Tabla 62
Cuadro de Inversión

INVERSION		
ITEM	**TOTAL, COSTO MERCADO**	**TOTAL, COSTO SOCIAL**
Activos tangibles	S/14,597.30	S/12,477.63
Activos intangibles	S/1,001.00	S/1,001.00
Capital de trabajo	S/215,758.69	S/180,962.10
TOTAL	**S/231,356.99**	**S/194,440.73**

CAPITULO IX: PRESUPUESTO DE GASTOS E INGRESOS DEL PROYECTO

9.1. Proyección de ingresos

Se realizó la proyección del consumo de GLP inyectado destinado a la generación de vapor y al suministro de los sistemas de calentamiento, considerando una autonomía operativa efectiva de 20.95 días, de acuerdo con el análisis técnico expuesto en el Capítulo IV, bajo un régimen de funcionamiento de 8 horas diarias. No obstante, se prevé un posible incremento en la demanda de GLP debido al crecimiento poblacional, lo que implicaría un aumento en la demanda de servicios médicos. Adicionalmente, el establecimiento de salud opera actualmente con una jornada de 12 horas diarias, lo cual evidencia una tendencia creciente en la frecuencia de recarga de los cilindros de GLP.

Por otro lado, los ingresos del proyecto son evaluados desde una perspectiva de beneficios sociales, derivados de la implementación de un sistema centralizado de GLP para la producción de vapor, destinado a procesos críticos como la esterilización de instrumental médico y el tratamiento de residuos sólidos sanitarios. Esta intervención contribuye significativamente a la reducción de riesgos sanitarios, en particular a la disminución de infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS).

Tabla 63
Proyección de ventas sin costo social

AÑO	TOTAL, PACIENTES ANUALES	COSTO POR ATENCION ANUAL	COSTO ACTUAL IAAS 6%	COSTO REDUCCION IAAS 3%	INGRESO POR AHORRO DE ATENCIONES	INGRESO	TOTAL, DE INGRESOS
1	20584	S/338.00	S/417,443.52	S/208,721.76	S/208,721.76	S/26,284.15	S/235,005.91
2	22044	S/338.00	S/447,052.32	S/223,526.16	S/223,526.16	S/26,284.15	S/249,810.31
3	22353	S/338.00	S/453,318.84	S/226,659.42	S/226,659.42	S/26,284.15	S/252,943.57
4	22666	S/338.00	S/459,666.48	S/229,833.24	S/229,833.24	S/26,284.15	S/256,117.39

5	22983	S/338.00	S/466,095.24	S/233,047.62	S/233,047.62	S/26,284.15	S/259,331.77
6	23305	S/338.00	S/472,625.40	S/236,312.70	S/236,312.70	S/26,284.15	S/262,596.85
7	23631	S/338.00	S/479,236.68	S/239,618.34	S/239,618.34	S/26,284.15	S/265,902.49
8	23962	S/338.00	S/485,949.36	S/242,974.68	S/242,974.68	S/26,284.15	S/269,258.83
9	24297	S/338.00	S/492,743.16	S/246,371.58	S/246,371.58	S/26,284.15	S/272,655.73
10	24637	S/338.00	S/499,638.36	S/249,819.18	S/249,819.18	S/26,284.15	S/276,103.33

Tabla 64

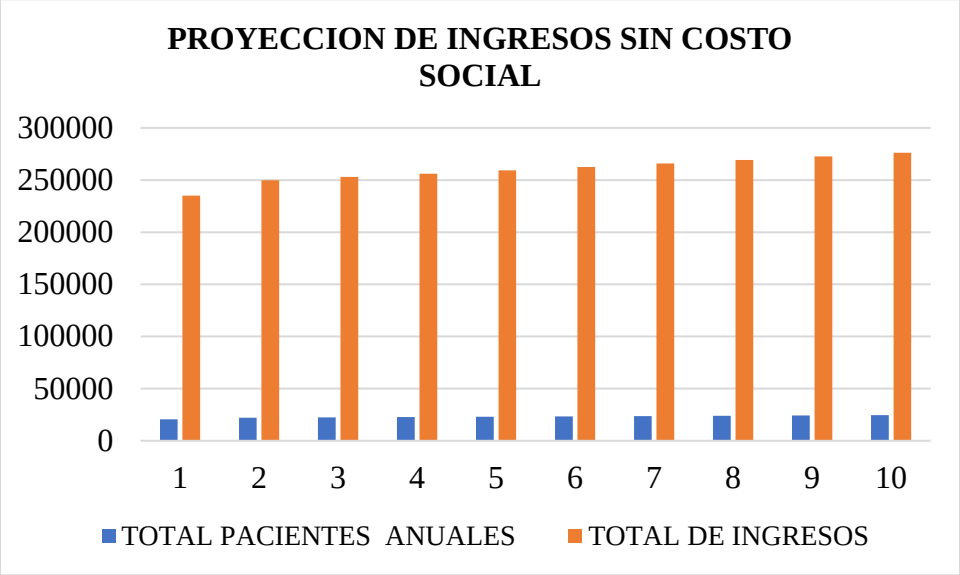
Proyección de ventas con costo social

AÑO	TOTAL, PACIENTES ANUALES	COSTO POR ATENCION ANUAL	COSTO ACTUAL IAAS 6%	COSTO REDUCCION IAAS 3%	INGRESO POR AHORRO DE ATENCIONES	INGRESO	TOTAL, DE INGRESOS
1	20584	S/338.00	S/417,443.52	S/208,721.76	S/208,721.76	S/70,856.99	S/279,578.75
2	22044	S/338.00	S/447,052.32	S/223,526.16	S/223,526.16	S/70,856.99	S/294,383.15
3	22353	S/338.00	S/453,318.84	S/226,659.42	S/226,659.42	S/70,856.99	S/297,516.41
4	22666	S/338.00	S/459,666.48	S/229,833.24	S/229,833.24	S/70,856.99	S/300,690.23
5	22983	S/338.00	S/466,095.24	S/233,047.62	S/233,047.62	S/70,856.99	S/303,904.61
6	23305	S/338.00	S/472,625.40	S/236,312.70	S/236,312.70	S/70,856.99	S/307,169.69
7	23631	S/338.00	S/479,236.68	S/239,618.34	S/239,618.34	S/70,856.99	S/310,475.33
8	23962	S/338.00	S/485,949.36	S/242,974.68	S/242,974.68	S/70,856.99	S/313,831.67
9	24297	S/338.00	S/492,743.16	S/246,371.58	S/246,371.58	S/70,856.99	S/317,228.57
10	24637	S/338.00	S/499,638.36	S/249,819.18	S/249,819.18	S/70,856.99	S/320,676.17

Las Tablas N°63 y N°64 presentan la proyección anual de los ingresos generados por el proyecto, considerando tanto precios de mercado como costos sociales. Esta estimación se basa en el supuesto de que el Estado peruano asigna un presupuesto anual al sector salud equivalente a S/ 338.00 por persona para servicios de atención primaria. Asimismo, se incorpora la proyección del crecimiento poblacional, estimado en una tasa anual del 1.4%, lo que permite ajustar progresivamente la demanda esperada de servicios. Adicionalmente, se establece una vida útil proyectada para el sistema de GLP de 10 años, al término de los cuales será necesario realizar una evaluación técnica que determine la viabilidad de continuar su operación o, en su defecto, la necesidad de renovar o reemplazar los equipos.

Figura 44

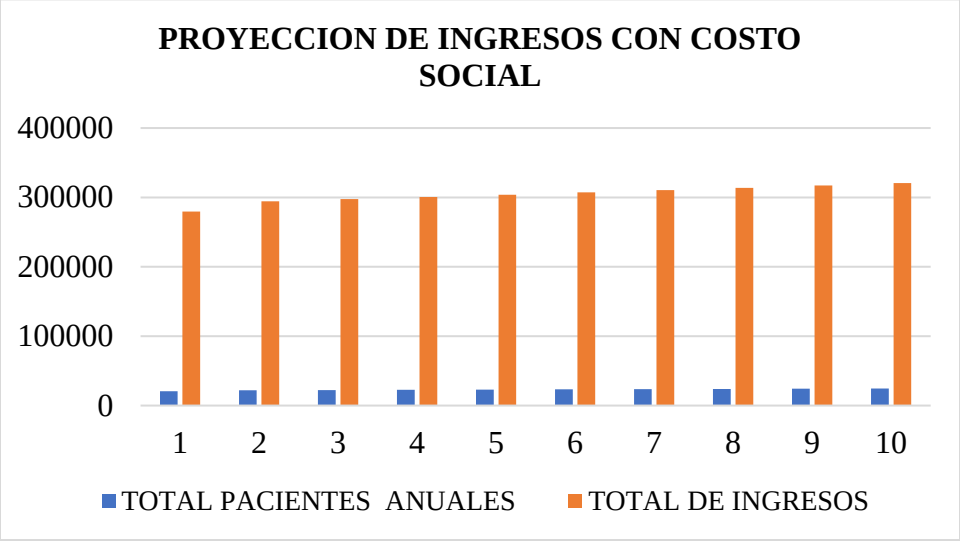
Diagrama de proyección de ingresos sin costo social



Nota: La figura N°44 detalla la proyección de ingresos sin costo social considerando factores como el número de pacientes anuales y el total de ingresos.

Figura 45

Diagrama de proyección de ingresos con costo social



Nota: La figura N°45 detalla la proyección de ingresos considerando costo social teniendo en cuenta factores como el número de pacientes anuales y el total de ingresos.

9.2. Proyección de egresos

Se desarrolló la proyección de egresos anuales considerando el volumen de atenciones estimado en función del análisis de crecimiento poblacional. Para ello, se determinó la demanda de agua y GLP requerida para el funcionamiento óptimo del sistema, conforme a las necesidades energéticas establecidas. Adicionalmente, se incorporaron los costos asociados al mantenimiento preventivo anual del sistema de generación de vapor (caldera y red de tuberías), el mantenimiento del sistema de GLP, así como los costos de la mano de obra calificada correspondiente a un técnico especializado en operación de calderas. Esta evaluación fue realizada bajo dos escenarios: precios de mercado y costos sociales, tal como se detalla en las Tablas N°65 y N°66.

Tabla 65

Egresos del proyecto sin costo social

EGRESOS PRODUCCION DE VAPOR SIN COSTO SOCIAL												
AÑO	CANT ATENCIONES	CANT AGUA (m3)	PU AGUA	PAGO AGUA	CANT GLP (galones)	PU GLP	PAGO GLP	MANTENIMIENTO SISTEMA VAPOR	MANTENIMIENTO SISTEMA GLP	MO TECNICO CALDEROS	COSTO ENERGIA ELECTRICA	TOTAL
1	20584	1765.4	S/2.50	S/4,413.42	13104.22	S/11.05	S/144,801.62	S/3,500.00	S/5,000.00	S/29,500.80	S/575.12	S/187,790.96
2	22044	1890.6	S/2.50	S/4,726.46	14033.69	S/11.05	S/155,072.24	S/3,500.00	S/5,000.00	S/29,500.80	S/575.12	S/198,374.62
3	22353	1917.1	S/2.50	S/4,792.71	14230.40	S/11.05	S/157,245.95	S/3,500.00	S/5,000.00	S/29,500.80	S/575.12	S/200,614.59
4	22666	1943.9	S/2.50	S/4,859.82	14429.67	S/11.05	S/159,447.80	S/3,500.00	S/5,000.00	S/29,500.80	S/575.12	S/202,883.55
5	22983	1971.1	S/2.50	S/4,927.79	14631.47	S/11.05	S/161,677.79	S/3,500.00	S/5,000.00	S/29,500.80	S/575.12	S/205,181.51
6	23305	1998.7	S/2.50	S/4,996.83	14836.47	S/11.05	S/163,942.96	S/3,500.00	S/5,000.00	S/29,500.80	S/575.12	S/207,515.71
7	23631	2026.7	S/2.50	S/5,066.73	15044.01	S/11.05	S/166,236.26	S/3,500.00	S/5,000.00	S/29,500.80	S/575.12	S/209,878.91
8	23962	2055.1	S/2.50	S/5,137.70	15254.73	S/11.05	S/168,564.73	S/3,500.00	S/5,000.00	S/29,500.80	S/575.12	S/212,278.35
9	24297	2083.8	S/2.50	S/5,209.53	15468.00	S/11.05	S/170,921.35	S/3,500.00	S/5,000.00	S/29,500.80	S/575.12	S/214,706.80
10	24637	2113.0	S/2.50	S/5,282.43	15684.45	S/11.05	S/173,313.14	S/3,500.00	S/5,000.00	S/29,500.80	S/575.12	S/217,171.48

Tabla 66

Egresos del proyecto con costo social

EGRESOS PRODUCCION DE VAPOR CON COSTO SOCIAL												
AÑO	CANT ATENCIONES	CANT AGUA (m3)	PU AGUA	PAGO AGUA	CANT GLP (galones)	PU GLP	PAGO GLP	MANTENIMIENTO SISTEMA VAPOR	MANTENIMIENTO SISTEMA GLP	MO TECNICO CALDEROS	COSTO ENERGIA ELECTRICA	TOTAL
1	20584	1765.4	S/2.50	S/4,413.42	13104.22	S/5.36	S/70,228.79	S/3,500.00	S/5,000.00	S/23,305.63	S/575.12	S/107,022.96
2	22044	1890.6	S/2.50	S/4,726.46	14033.69	S/5.36	S/75,210.04	S/3,500.00	S/5,000.00	S/23,305.63	S/575.12	S/112,317.25
3	22353	1917.1	S/2.50	S/4,792.71	14230.40	S/5.36	S/76,264.29	S/3,500.00	S/5,000.00	S/23,305.63	S/575.12	S/113,437.75
4	22666	1943.9	S/2.50	S/4,859.82	14429.67	S/5.36	S/77,332.18	S/3,500.00	S/5,000.00	S/23,305.63	S/575.12	S/114,572.76
5	22983	1971.1	S/2.50	S/4,927.79	14631.47	S/5.36	S/78,413.73	S/3,500.00	S/5,000.00	S/23,305.63	S/575.12	S/115,722.27
6	23305	1998.7	S/2.50	S/4,996.83	14836.47	S/5.36	S/79,512.33	S/3,500.00	S/5,000.00	S/23,305.63	S/575.12	S/116,889.92
7	23631	2026.7	S/2.50	S/5,066.73	15044.01	S/5.36	S/80,624.59	S/3,500.00	S/5,000.00	S/23,305.63	S/575.12	S/118,072.07
8	23962	2055.1	S/2.50	S/5,137.70	15254.73	S/5.36	S/81,753.90	S/3,500.00	S/5,000.00	S/23,305.63	S/575.12	S/119,272.35
9	24297	2083.8	S/2.50	S/5,209.53	15468.00	S/5.36	S/82,896.85	S/3,500.00	S/5,000.00	S/23,305.63	S/575.12	S/120,487.13
10	24637	2113.0	S/2.50	S/5,282.43	15684.45	S/5.36	S/84,056.87	S/3,500.00	S/5,000.00	S/23,305.63	S/575.12	S/121,720.05

CAPITULO X: EVALUACION ECONOMICA Y FINANCIERA DEL PROYECTO

10.1. Flujo de caja económico del proyecto

La evaluación de la viabilidad del proyecto se llevó a cabo a través de indicadores económicos clave, tales como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), la Relación Beneficio-Costo (B/C) y el Período de Recuperación de la Inversión (PRI). Para este propósito, se elaboró un flujo de caja económico con proyecciones anuales a lo largo de un horizonte temporal de 10 años. La evaluación incorpora el Costo de Oportunidad del Capital (COK), el cual se ha establecido en 10%, conforme a los lineamientos aplicables a proyectos de inversión de carácter social. El análisis se desarrolló bajo dos escenarios: uno basado en precios de mercado y otro que considera costos sociales, conforme se detalla en las Tablas N°67 y N°68.

Tabla 67

Flujo de caja del proyecto sin costo social

FLUJO DE CAJA SIN COSTO SOCIAL											
AÑO	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
INVERSION	-S/231,356.99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS		S/235,005.91	S/249,810.31	S/252,943.57	S/256,117.39	S/259,331.77	S/262,596.85	S/265,902.49	S/269,258.83	S/272,655.73	S/276,103.33
EGRESOS		S/187,790.96	S/198,374.62	S/200,614.59	S/202,883.55	S/205,181.51	S/207,515.71	S/209,878.91	S/212,278.35	S/214,706.80	S/217,171.48
FLUJO DE CAJA NETO		S/47,214.95	S/51,435.69	S/52,328.99	S/53,233.85	S/54,150.27	S/55,081.14	S/56,023.59	S/56,980.48	S/57,948.94	S/58,931.85
DEPRECIACION		S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40
FLUJO DE CAJA ECONOMIC	**-S/231,356.99**	**S/33,460.55**	**S/37,681.29**	**S/38,574.59**	**S/39,479.45**	**S/40,395.87**	**S/41,326.74**	**S/42,269.19**	**S/43,226.08**	**S/44,194.54**	**S/45,177.45**

Tabla 68

Flujo de caja del proyecto con costo social

FLUJO DE CAJA CON COSTO SOCIAL											
AÑO	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
INVERSION	-S/194,440.73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESOS		S/279,578.75	S/294,383.15	S/297,516.41	S/300,690.23	S/303,904.61	S/307,169.69	S/310,475.33	S/313,831.67	S/317,228.57	S/320,676.17
EGRESOS		S/107,022.96	S/112,317.25	S/113,437.75	S/114,572.76	S/115,722.27	S/116,889.92	S/118,072.07	S/119,272.35	S/120,487.13	S/121,720.05
FLUJO DE CAJA NETO		S/172,555.79	S/182,065.90	S/184,078.66	S/186,117.47	S/188,182.34	S/190,279.77	S/192,403.26	S/194,559.32	S/196,741.44	S/198,956.12
DEPRECIACION		S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40	S/13,754.40
FLUJO DE CAJA ECONOMIC	**-S/194,440.73**	**S/158,801.39**	**S/168,311.50**	**S/170,324.26**	**S/172,363.07**	**S/174,427.94**	**S/176,525.37**	**S/178,648.86**	**S/180,804.92**	**S/182,987.04**	**S/185,201.72**

10.2. Costo de Oportunidad de Capital (COK)

El costo de oportunidad del capital representa la rentabilidad mínima que se espera obtener, según lo establece el ministerio de economía y finanzas (MEF) los proyectos evaluados bajo un panorama social consideran un COK con un valor del 10%.

10.3. Valor actual neto económico (VAN)

El indicador económico VAN es crucial, ya que permite evaluar la rentabilidad del proyecto y desempeña un papel fundamental en la toma de decisiones sobre la inversión. Se calcula utilizando la siguiente fórmula.

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^{n} \frac{FNC_n}{(1+i)^n} = -I_0 + \frac{FNC_1}{(1+i)^1} + \frac{FNC_2}{(1+i)^2} + \cdots + \frac{FNC_n}{(1+i)^n} \quad (51)$$

Donde:

VAN: $Valor\ Neto\ Actual$
I_0: $Inversion\ Inicial$ (S/.)
FNC_n: $Flujo\ de\ caja\ o\ beneficio\ neto\ que\ corresponde\ al\ periodo\ n$
i: $Costo\ de\ oportunidad\ del\ capital\ (COK)\ o\ taza\ de\ descuento$
n: $Vida\ util\ del\ proyecto\ (numero\ de\ periodos\ evaluados)$
Este criterio del VAN establece que:

$VAN > 0, el\ proyecto\ es\ factible$
$VAN < 0, el\ proyecto\ es\ no\ es\ factible$
$VAN = 0, el\ proyecto\ se\ encuentra\ en\ el\ punto\ minimo\ de\ aceptacion$
Para calcular el valor actual neto económico, se utiliza la siguiente tabla, aplicando una tasa de descuento del 10% considerando un panorama a costo de mercado y otro social.

Tabla 69
VAN económico sin costo social

Año	Flujo de caja económico sin costo social
AÑO 0	-S/231,356.99
AÑO 1	S/33,460.55
AÑO 2	S/37,681.29
AÑO 3	S/38,574.59
AÑO 4	S/39,479.45
AÑO 5	S/40,395.87
AÑO 6	S/41,326.74
AÑO 7	S/42,269.19
AÑO 8	S/43,226.08
AÑO 9	S/44,194.54
AÑO 10	S/45,177.45

Tabla 70
VAN económico con costo social

Año	Flujo de caja económico con costo social
AÑO 0	-S/194,440.73
AÑO 1	S/158,801.39
AÑO 2	S/168,311.50
AÑO 3	S/170,324.26
AÑO 4	S/172,363.07
AÑO 5	S/174,427.94
AÑO 6	S/176,525.37
AÑO 7	S/178,648.86
AÑO 8	S/180,804.92
AÑO 9	S/182,987.04
AÑO 10	S/185,201.72

Haciendo uso de la ecuación (51).

VAN = VNA (tasa; año1; año2; año3; …) + (- Inversión)

VAN = S/12,577.16 (sin costos social)

VAN = S/867,697.60 (con costos social)

De acuerdo con los resultados presentados en las Tablas N°69 y N°70, los valores obtenidos del Valor Actual Neto Económico (VAN) bajo ambos escenarios (costos de mercado y costos sociales) evidencian la viabilidad económica del proyecto, al mostrar resultados positivos que respaldan su implementación.

10.4 Tasa interna de retorno económico (TIR)

La tasa interna de retorno (TIR) se emplea para evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión. Para calcular la TIR, se iguala a cero la ecuación del VAN.

Es importante destacar que la TIR refleja la rentabilidad que el proyecto proporciona a los inversionistas.

$$0 = -INV + \frac{C_1}{1+TIR} + \frac{C_2}{(1+TIR)^2} + \frac{C_3}{(1+TIR)^3} \dots + \frac{C_n}{(1+TIR)^n} \qquad (52)$$

$TIR > COK, el\ proyecto\ es\ viable$

$TIR < COK, el\ proyecto\ no\ es\ viable$

$TIR = r, el\ proyecto\ presenta\ el\ nivel\ minimo\ de\ aceptacion, es\ indiferente$

La tasa interna de retorno económico (TIR), tiene en cuenta no solo los ingresos directos en efectivo que genera un proyecto de inversión, sino también sus efectos económicos indirectos y externos.

Tabla 71

Tasa interna de retorno económico sin costo social

Año	Flujo de caja económico sin costo social
AÑO 0	-S/231,356.99
AÑO 1	S/33,460.55
AÑO 2	S/37,681.29
AÑO 3	S/38,574.59
AÑO 4	S/39,479.45
AÑO 5	S/40,395.87
AÑO 6	S/41,326.74
AÑO 7	S/42,269.19
AÑO 8	S/43,226.08
AÑO 9	S/44,194.54
AÑO 10	S/45,177.45

Tabla 72

Tasa interna de retorno económico con costo social

Año	Flujo de caja económico con costo social
AÑO 0	-S/194,440.73
AÑO 1	S/158,801.39
AÑO 2	S/168,311.50
AÑO 3	S/170,324.26
AÑO 4	S/172,363.07
AÑO 5	S/174,427.94
AÑO 6	S/176,525.37
AÑO 7	S/178,648.86
AÑO 8	S/180,804.92
AÑO 9	S/182,987.04
AÑO 10	S/185,201.72

Haciendo uso de la ecuación (52)

TIR = TIR (año1; año2; año3; …; estimar)

TIR = 11% (sin costo social)

TIR = 85% (con costo social)

La evaluación económica presenta una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 11% en el escenario basado en precios de mercado y del 85% bajo el enfoque de costos sociales. En ambos casos, los valores obtenidos superan el Costo de Oportunidad del Capital (COK), lo que confirma que la rentabilidad del proyecto se encuentra dentro de los márgenes aceptables y respalda su viabilidad económica.

10.5. Periodo de la recuperación de la inversión (PRI)

El periodo de recuperación de la inversión (PRI) indica cuánto tiempo le tomará al estado recuperar el desembolso inicial realizado, a través de los flujos de efectivo que genere el proyecto.

Tabla 73
Periodo de recuperación de la inversión sin costo social

Cálculo del PRI sin costo social			
Año	**Beneficio neto Flujo de caja económico**	**Beneficios actualizados**	**Beneficios acumulados actualizados**
AÑO 0	-S/231,356.99	-S/231,356.99	-S/231,356.99
AÑO 1	S/33,460.55	S/29,581.68	-S/201,775.31
AÑO 2	S/37,681.29	S/33,977.72	-S/167,797.59
AÑO 3	S/38,574.59	S/34,783.22	-S/133,014.37
AÑO 4	S/39,479.45	S/35,599.14	-S/97,415.23
AÑO 5	S/40,395.87	S/36,425.49	-S/60,989.74
AÑO 6	S/41,326.74	S/37,264.87	-S/23,724.87
AÑO 7	S/42,269.19	S/38,114.68	S/14,389.82
AÑO 8	S/43,226.08	S/38,977.53	S/53,367.35
AÑO 9	S/44,194.54	S/39,850.80	S/93,218.15
AÑO 10	S/45,177.45	S/40,737.11	S/133,955.26

$$\frac{2-1}{-S/201{,}775.31\ -\ S/14{,}389.82} = \frac{(2-X)}{S/14{,}389.82\ -0}$$

$$X = 1.93$$

PRI sin costo social: 1 Año,11 Meses y 6 Días

Tabla 74
Periodo de recuperación de la inversión con costo social

Cálculo del PRI con costo social			
Año	**Beneficio neto Flujo de caja económico**	**Beneficios actualizados**	**Beneficios acumulados actualizados**
AÑO 0	-S/194,440.73	-S/194,440.73	-S/194,440.73
AÑO 1	S/158,801.39	S/140,392.56	-S/54,048.18
AÑO 2	S/168,311.50	S/151,768.71	S/97,720.53
AÑO 3	S/170,324.26	S/153,583.64	S/251,304.18
AÑO 4	S/172,363.07	S/155,422.06	S/406,726.24
AÑO 5	S/174,427.94	S/157,283.98	S/564,010.22
AÑO 6	S/176,525.37	S/159,175.27	S/723,185.49
AÑO 7	S/178,648.86	S/161,090.05	S/884,275.54
AÑO 8	S/180,804.92	S/163,034.20	S/1,047,309.73
AÑO 9	S/182,987.04	S/165,001.84	S/1,212,311.57
AÑO 10	S/185,201.72	S/166,998.85	S/1,379,310.42

$$\frac{2-1}{-S/54{,}048.18\ -\ S/97{,}720.53} = \frac{(2-X)}{S/97{,}720.53\ -0}$$

$$X = 1.36$$

PRI con costo social: 1 Año,4 Meses y 8 Días

Con base en el análisis del Período de Recuperación de la Inversión (PRI) y la interpolación aplicada sobre el flujo de caja, se estima que el plazo requerido para recuperar la inversión inicial asciende a 1 año, 11 meses y 6 días bajo el escenario de precios de mercado, mientras que, considerando el enfoque de costos sociales, dicho período se reduce a 1 año, 4 meses y 8 días.

10.6. Relación beneficio – costo (B/C)

La relación beneficio-costo mide el beneficio generado por cada unidad monetaria invertida en un proyecto, siendo un indicador clave para evaluar su viabilidad económica. Además, permite comparar diversas opciones de inversión en términos de rentabilidad y eficiencia económica. Se lleva a cabo un análisis de costos y beneficios, lo cual facilita la comparación entre los costos asociados al proyecto y los beneficios esperados, determinando así su viabilidad económica.

$$\frac{B}{C} = \frac{Valor\ actual\ de\ los\ beneficios}{Valor\ actual\ de\ los\ costos} \quad (53)$$

$$\frac{B}{C} \geq 1, el\ proyecto\ es\ economicamente\ aceptable$$

$$\frac{B}{C} < 1, el\ proyecto\ no\ es\ economicamente\ aceptable$$

Tabla 75
Relación beneficio costo – sin costo social

Año	Total, de ingresos	Total, de egresos	Flujo de caja sin costo social
AÑO 0	S/0.00	-S/231,356.99	S/231,356.99
AÑO 1	S/235,005.91	S/201,545.36	S/33,460.55
AÑO 2	S/249,810.31	S/212,129.02	S/37,681.29
AÑO 3	S/252,943.57	S/214,368.99	S/38,574.59
AÑO 4	S/256,117.39	S/216,637.95	S/39,479.45
AÑO 5	S/259,331.77	S/218,935.91	S/40,395.87
AÑO 6	S/262,596.85	S/221,270.11	S/41,326.74
AÑO 7	S/265,902.49	S/223,633.31	S/42,269.19
AÑO 8	S/269,258.83	S/226,032.75	S/43,226.08
AÑO 9	S/272,655.73	S/228,461.20	S/44,194.54
AÑO 10	S/276,103.33	S/230,925.88	S/45,177.45

Haciendo uso de la ecuación (53)

$$\frac{B}{C} = \frac{Valor\ actual\ de\ los\ beneficios}{Valor\ actual\ de\ los\ costos} = \frac{S/1{,}578{,}465.82}{S/1{,}103{,}174.68} = 1.4$$

Tabla 76
Relación beneficio costo – con costo social

Año	Total, de ingresos	Total, de egresos	Flujo de caja con costo social
AÑO 0	S/0.00	-S/194,440.73	S/194,440.73
AÑO 1	S/279,578.75	S/120,777.36	S/158,801.39
AÑO 2	S/294,383.15	S/126,071.65	S/168,311.50
AÑO 3	S/297,516.41	S/127,192.15	S/170,324.26
AÑO 4	S/300,690.23	S/128,327.16	S/172,363.07
AÑO 5	S/303,904.61	S/129,476.67	S/174,427.94
AÑO 6	S/307,169.69	S/130,644.32	S/176,525.37
AÑO 7	S/310,475.33	S/131,826.47	S/178,648.86
AÑO 8	S/313,831.67	S/133,026.75	S/180,804.92
AÑO 9	S/317,228.57	S/134,241.53	S/182,987.04
AÑO 10	S/320,676.17	S/135,474.45	S/185,201.72

Haciendo uso de la ecuación (53)

$$\frac{B}{C} = \frac{Valor\ actual\ de\ los\ beneficios}{Valor\ actual\ de\ los\ costos} = \frac{S/1{,}852{,}346.60}{S/595{,}767.54} = 3.1$$

La relación beneficio-costo (B/C) del proyecto se sitúa en 1.4 bajo el escenario que no incorpora costos sociales, y alcanza un valor de 3.1 cuando se consideran dichos costos. Estos resultados indican que, en ambos enfoques, el proyecto cumple con criterios de aceptabilidad económica, demostrando un retorno positivo respecto a la inversión realizada.

CONCLUSIONES

- El estudio de prefactibilidad confirma la viabilidad técnica para la implementación de un sistema centralizado de Gas Licuado de Petróleo (GLP) en el centro de salud de Ocutuan, cumpliendo con las normativas nacionales vigentes y asegurando un suministro energético confiable, continuo y seguro para los equipos térmicos (caldera, calentadores y autoclaves).
- El análisis de mercado identificó al GLP como un recurso disponible y sostenible en la región del Cusco, con proveedores que garantizan un abastecimiento constante a un costo estimado de S/ 11.05 por galón. Asimismo, se validó la disponibilidad de agua en cantidad y calidad adecuadas para la generación de vapor, fundamental para los procesos de esterilización y tratamiento de residuos médicos.
- Mediante criterios técnicos de localización, se seleccionó el Bloque III del centro de salud como la zona más adecuada para la instalación del sistema, optimizando accesibilidad, seguridad operativa y mantenimiento. Se evaluaron tres alternativas de almacenamiento (manifold, tanque de 250 gal + vaporizador y tanque de 500 gal), determinando que la opción más eficiente es el tanque de 500 galones, por su capacidad de vaporización (594 350.609 BTU/h), autonomía de 20.95 días y compatibilidad con la demanda energética total de 279 703.109 BTU/h.
- El diseño técnico se adaptó a las condiciones ambientales locales (temperatura mínima de -1 °C y presión de 0.697 bar) e incorporó materiales anticorrosivos (acero SCH80 y HDPE), cumpliendo con las velocidades normadas para GLP y vapor. Se incluyeron reguladores en dos etapas, dimensionados según presiones y consumos específicos por equipo. La ingeniería fue complementada con planos de distribución e

isometría, conforme a la NTP 321.123 y el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), garantizando seguridad, funcionalidad y durabilidad del sistema.

- El estudio ambiental y social concluyó que el proyecto no genera impactos negativos significativos. Se implementaron medidas de mitigación, protocolos de emergencia y programas de capacitación ambiental. Además, se identificaron mejoras en las condiciones laborales del personal, fortalecimiento de la infraestructura sanitaria y beneficios sociales para la comunidad de Ocutuan y zonas aledañas.
- Finalmente, la evaluación económica-social del proyecto, con una inversión estimada de S/194 440.73, evidenció alta rentabilidad: un VAN de S/867 697.60, TIR de 85%, relación B/C de 3.1 y un periodo de recuperación de 1 año, 4 meses y 8 días, confirmando su viabilidad financiera y sostenibilidad en el tiempo.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda avanzar hacia la fase de factibilidad, dado que los resultados obtenidos en la etapa de prefactibilidad han demostrado que el proyecto cumple con los criterios técnicos fundamentales para su implementación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Borja Andrade, j. A. (2014). Supervisión de la instalación del sistema de vapor y condensado en la cocina, lavandería y área de esterilización en la construcción del hospital docente calderón.

Comité técnico de normalización de gas licuado de petróleo. (2012). Norma técnica peruana - NTP 321.123.

Corrillo Machicado, f., & Gutierrez Quiroga, m. (2016). Estudio de localización de un proyecto. 7°, 1–5.

Dellavedova, m. G. (2011). Guía metodológica para la elaboración de una evaluación de impacto ambiental.

Dirección general de eficiencia energética. (2023). Guía de orientación del uso eficiente de la energía y de diagnóstico energético en hospitales.

Distral. (2018). Catálogo de calderas pirotubulares. www.colmaquinas.com

Donatelli, l. (2023, October 2). Tipos de autoclaves. Https://www.cristofoli.com/bioseguridad/tipos-de-autoclaves-clas-n-s-y-b-usted-sabe-cuales-son/

Echandia moreno, a. J. (2021). “diseño de un sistema de alimentación de gas licuado de petróleo para el consumo energético de un hospital de categoría ii-1 de hasta 90 camas.” In pharmacognosy magazine (vol. 75, issue 17).

Emilio, j., & Sopeña, l. (2001). Manual de instalaciones de GLP.

Fernandez Nogales, a. (2014). Investigación y técnicas de mercado (2da ed.). Esic editorial.

Feuser Sandri, g. (2024, june 11). Calderas industriales. Mbx. Https://mbxmaquinas.com.br/es/blogs/noticias/caldeiras-industriais-conheca-seus-principais-tipos?Utm_source

Fuentes Choque, n., & Huaman Farfan, K. A. (2024). La producción de mango y piña deshidratados (mangifera indica y ananas comosus) en la provincia de la Convención - Cusco, año - estudio de prefactibilidad.

Gerencia regional de gestión de inversiones de infraestructura. (2022). Mejoramiento de los servicios de salud del puesto de salud Ocutuan - nivel i-1 micro red Urubamba, red cusco norte, distrito de chinchero - Urubamba - cusco.

Geresa Cusco. (2024). Gerencia regional de salud de cusco - Geresa cusco - plataforma del estado peruano. Https://www.gob.pe/regioncusco-geresa?Utm_source

Guma. (2024). Uso de tanques estacionarios. Https://www.grupoguma.mx/blog/post/cuando-se-comenzaron-a-usar-los-tanques-estacionarios

Huaman Tito, m. K. (2022). Suministro de gas licuado de petróleo y gas natural seco al hospital regional Honorio delgado.

Jimenez Patiño, j. C., & Llivichusca chacha, h. P. (2014). Universidad politécnica salesiana sede cuenca.

Machado Medina, s. A. (2014). Diseño de una línea de vapor para hospital con gas licuado de petróleo (GLP) y precalentamiento solar. Universidad católica de Santa María de Arequipa.

Marino Sanllehi, e. (2018). Importancia de las autoclaves.

Master control engineer. (2021, october 11). Sistema centralizado de gas licuado de petróleo. https://www.mastercontrol.com.ec/que-es-un-sistema-centralizado-de-gas-glp/

Ministerio de salud. (1998). Tecnologías de tratamiento de residuos sólidos de establecimientos de salud. http://www.digesa.sld.pe

Ministerio de salud. (2025). Puesto de salud Ocutuan en chinchero | Minsa. https://www.establecimientosdesalud.info/cusco/puesto-de-salud-occotuan-chinchero/

Municipalidad distrital de chinchero. (2016). Mejoramiento de los servicios de salud del puesto de salud Ocutuan - nivel i-1, Microred Urubamba, red cusco norte, distrito de chinchero - Urubamba - cusco.

Newman. (2024, april 17). Organización de los servicios de salud en el Perú. https://www.epnewman.edu.pe/revista/organizacion-servicios-de-salud/

NFPA 58. (2014). Código del gas licuado del petróleo.

NTP 321.121. (2013). Instalaciones internas de GLP para consumidores directos y redes de distribución interna.

NTP 399.010-1. (2016). Señales de seguridad . Símbolos gráficos y colores de seguridad . Parte 1 : reglas para el diseño de las señales de seguridad y franjas de seguridad. Lima 27.

Osinergmin. (2002). Decreto supremo n°032-2002-em.

Osinergmin, & el Peruano. (2024). Reglamento del registro de hidrocarburos de osinergmin. Advocatus, 005, 43.

Petroperú. (2019, april 1). Ficha de datos de seguridad. Http://www.petroperu.com.pe

Reinter. (2022). Declaración de impacto ambiental - mejoramiento de los servicios de salud del puesto de salud Ocutuan - nivel i-1 Microred Urubamba, red cusco norte, distrito de chinchero - Urubamba - cusco.

Sánchez Mansilla, l. A. (2024). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

Tractian. (2025, january 27). Calderas industriales. https://tractian.com/es/blog/como-funcionan-las-calderas-industriales

Ttito, b. (2020, august 2). Matriz de leopold “impacto ambiental.” Https://ingenieriaambiental.net/matriz-de-leopold/

Aquatermica. (2025). Caldera vertical de vapor a gas la caldera vertical para vapor aquatherm (pp. 1–2).

Arcosa. (2018). Tanques estacionarios (issue 52, pp. 7–8).

Echandia Moreno, a. J. (2021). “Diseño de un sistema de alimentación de gas licuado de petróleo para el consumo energético de un hospital de categoría ii-1 de hasta 90 camas.” In pharmacognosy magazine (vol. 75, issue 17).

El centenario. (2024). Procedimiento de carga, transporte y descarga de GLP (p. 18).

Jampar. (2025). Modelo ws-150ydb autoclave esterilizador 150 litros (p. 2). www.jampar.com.pe

NTP 321-123. (2012). Gas licuado de petróleo: instalaciones para consumidores directos y redes de distribución.

NTP 321.007. (2002). NTP 321 007 2002.pdf.

NTP 321.121. (2013). Instalaciones internas de GLP para consumidores directos y redes de distribución interna. Www.indecopi.gob.pe

Osinergmin. (2011). Propiedades y características del GLP. In información tecnológica (vol. 12, issue 6, p. 26).

Rego. (2021). Catálogo l-102sv equipos de GLP & amoniaco anhidro.

Rochester. (2025). Magnetic liquid-level gauges for lp gas service (p. 2).

Steriflash (p. 2). (2025).

Tintaya Marcavillaca, e. (2024). Diseño e instalación de un sistema GLP de 12 000 galones de capacidad, bajo los estándares de calidad de la unidad minera angloamerican quellaveco en la ciudad de Moquegua. In αγαη (vol. 1, issue 1). Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.

American welding society. (2001). Welding handbook: volume 1 – welding science and technology (9.ª ed.). Miami, fl: American welding society.

American welding society. (2004). Welding handbook: volume 2 – welding processes (9.ª ed.). Miami, fl: American welding society.

Jeffus, l. (2016). Welding: principles and applications (8.ª ed.). Boston, ma: cengage learning. American society of mechanical engineers. (2020). Asme b31.3 – process piping code. New york, ny: asme.

National fire protection association. (2021). NFPA 54 – national fuel gas code. Quincy, ma: NFPA.

International organization for standardization. (2014). ISO 4437-1:2014 – buried polyethylene (pe) pipes for the supply of gaseous fuels – part 1: general. Geneva, switzerland: ISO.

Gas technology institute. (2006). Electrofusion joining of polyethylene pipe: operator qualification training manual. Des plaines, il: gti.

Aguirre, j. (2017). Manual de diseño de instalaciones de gas GLP. Lima: editorial técnica.

Gobierno del Perú. (2020).

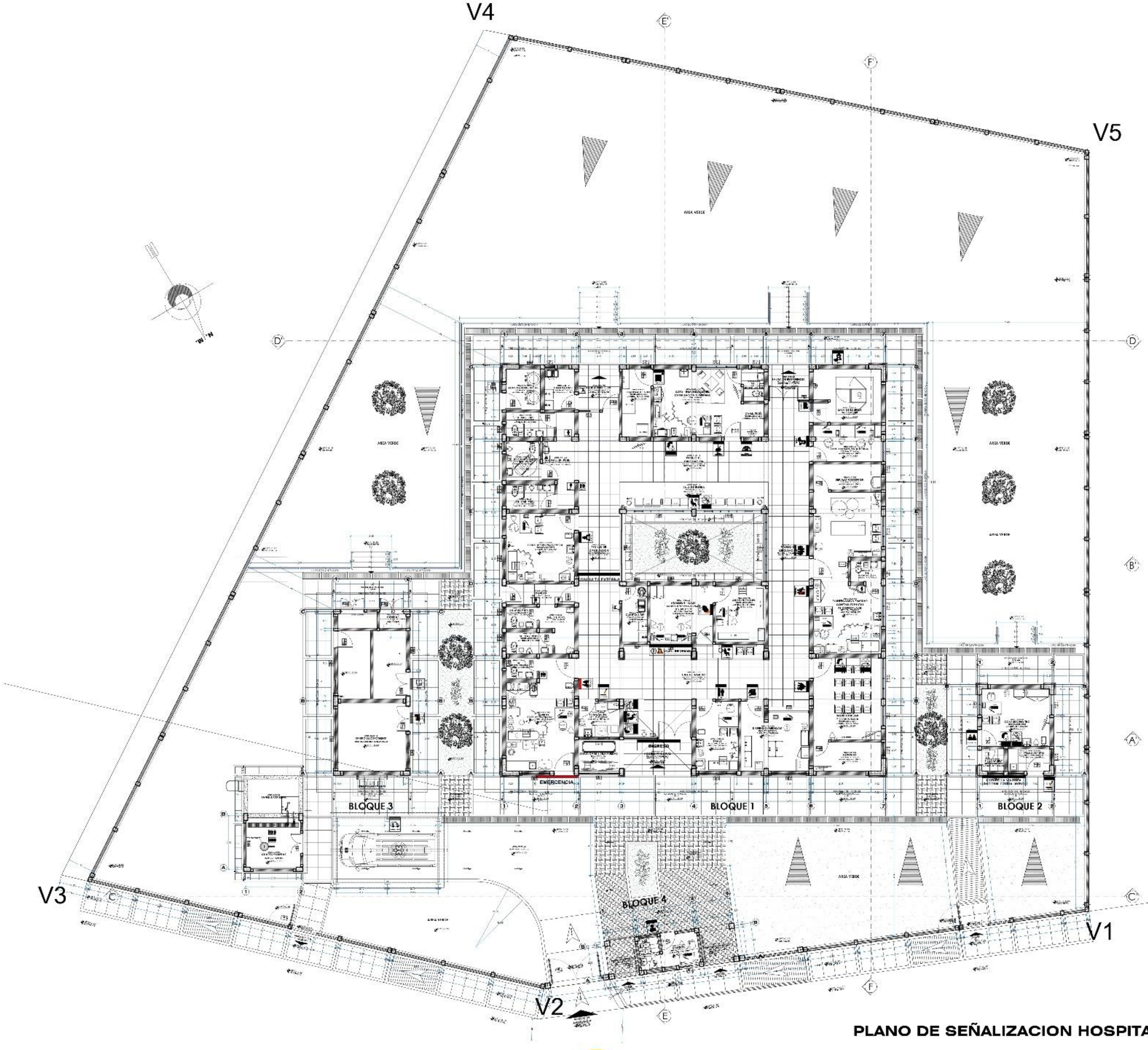
Spirax Sarco. (2023). Distribución del vapor. Spiraxsarco, 03(1), 64.

TLV. (2021). Presión de acción directa para vapor y aire

MINAM, (2011) "Guía Técnica para el Manejo de Residuos Sólidos Hospitalarios", *https://www.minam.gob.pe*

ANEXOS

1. ANEXO 1: PLANO DEL CENTRO DE SALUD
2. ANEXO 2: PLANO ISOMÉTRICO
3. ANEXO 3: PLANO DE DISTRIBUCIÓN
4. ANEXO 4: LISTADO DE CONDICIONES DE CRITICIDAD ALTA PARA CONSUMIDORES DIRECTOS DE GLP REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GLP.
5. ANEXO 5: PLAN DE SEGUIMIENTO POST-INSTALACIÓN DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE GLP
6. ANEXO 6: FICHA TÉCNICA DE TANQUE GLP
7. ANEXO 7: FICHA TÉCNICA DE LA CALDERA DE VAPOR
8. ANEXO 8: FICHA TÉCNICA DEL AUTOCLAVE DE 200 L
9. ANEXO 9: FICHA TÉCNICA DEL AUTOCLAVE DE 150 L
10. ANEXO 10: FICHA TÉCNICA DEL CALENTADOR
11. ANEXO 11: FICHA TÉCNICA DEL REGULADOR DE VAPOR



SIMBOLO	LEYENDA 1 DESCRIPCION	CANT.
INGRESO	Señaletica Admision	1
CAJA/INFORMES	Señaletica Caja informes	1
ESTRATEGIA SANITARIA NACIONAL CONTRA LA TBC	Señaletica TBC	1
CONSULTA EXTERNA	Señaletica Consulta Externa	1
EMERGENCIA	Señaletica Emergencia	1
	TOTAL	5

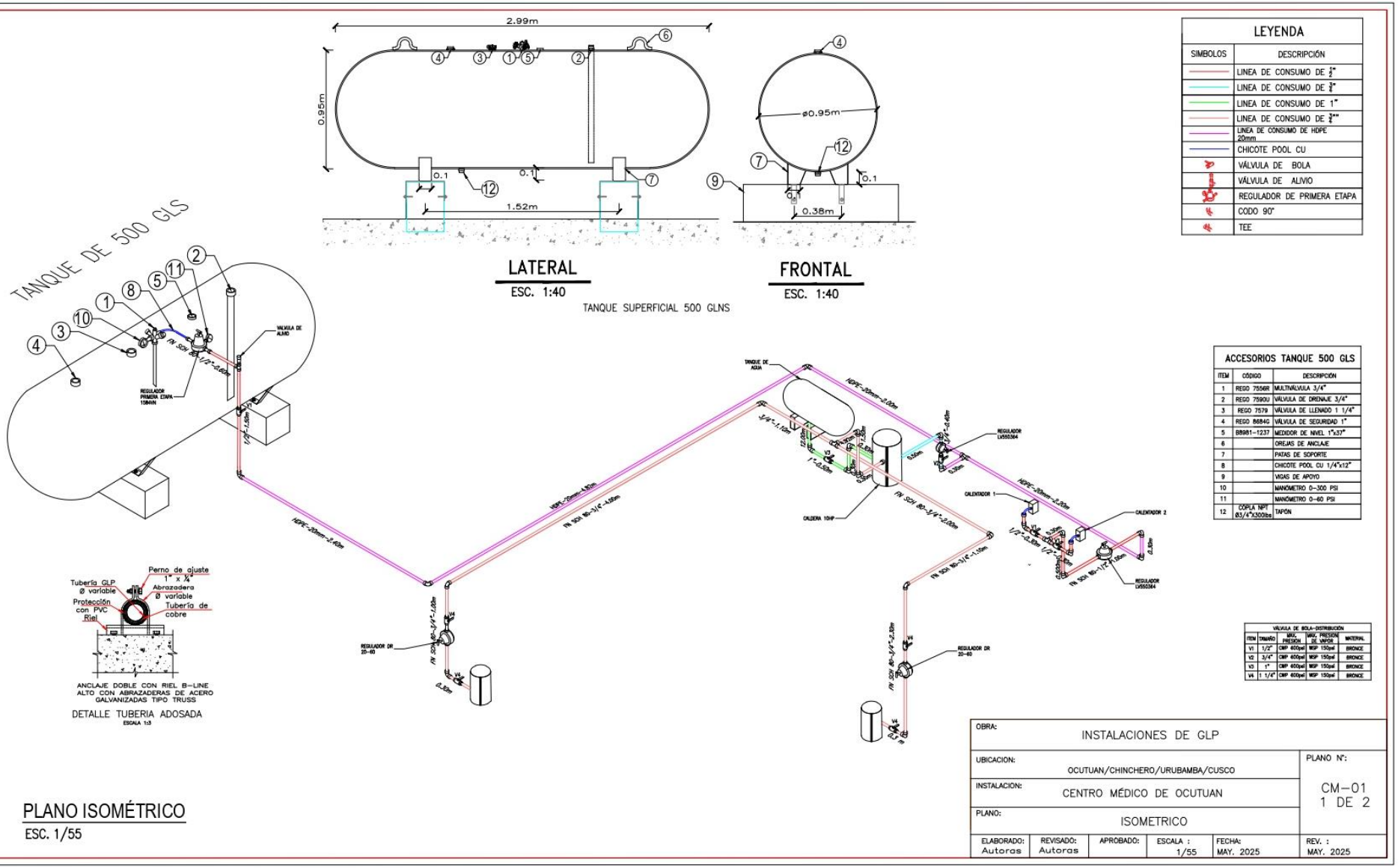
SIMBOLO	LEYENDA 1 DESCRIPCION	CANT.
	Señaletica Silencio	4
	Señaletica no fumar	4
	TOTAL	8

SIMBOLO	LEYENDA 1 DESCRIPCION	CANT.
	Señaletica Acopio de Residuos Solidos	1
	Señaletica Almacen General	1
	Señaletica Archivo de Historias Clinicas	1
	Señaletica Salud Familiar y comunitaria	1
	Señaletica Central de Comunicaciones	1
	Señaletica Consultorio Tuberculosis	1
	Señaletica Toma de Esputo	1
	Señaletica Dispensación y Expendio de Medicamentos	1
	Señaletica Estimulación Temprana	1
	Señaletica Inmunizaciones	1
	Señaletica Planificación Familiar	1
	Señaletica Psicoprofilaxis	1
	Señaletica Sala de Espera	3
	Señaletica Consultorio Medicina general	1
	Señaletica Topico de Urgencias y Emergencias	1
	Señaletica Toma de Muestras	1
	Señaletica Triaje	1
	Señaletica Cadena de frio	1
	Señaletica Sala de equipos	1
	TOTAL	21

SIMBOLO	LEYENDA 1 DESCRIPCION	CANT.
	Señaletica Cuarto de Limpieza	2
	Señaletica Servicios Higienicos Publicos	1
	Señaletica Servicios Higienicos Publicos Mujeres	1
	Señaletica Servicios Higienicos Publicos Discapacitados	1
	Señaletica Servicios Higienicos Publicos Varones	1
	Señaletica Servicios Higienicos Personal Mujeres	1
	Señaletica Servicios Higienicos Personal Varones	1
	Señaletica Servicios Higienicos Control Prenatal	1
	Señaletica Servicios Higienicos Topico	1
	TOTAL	10

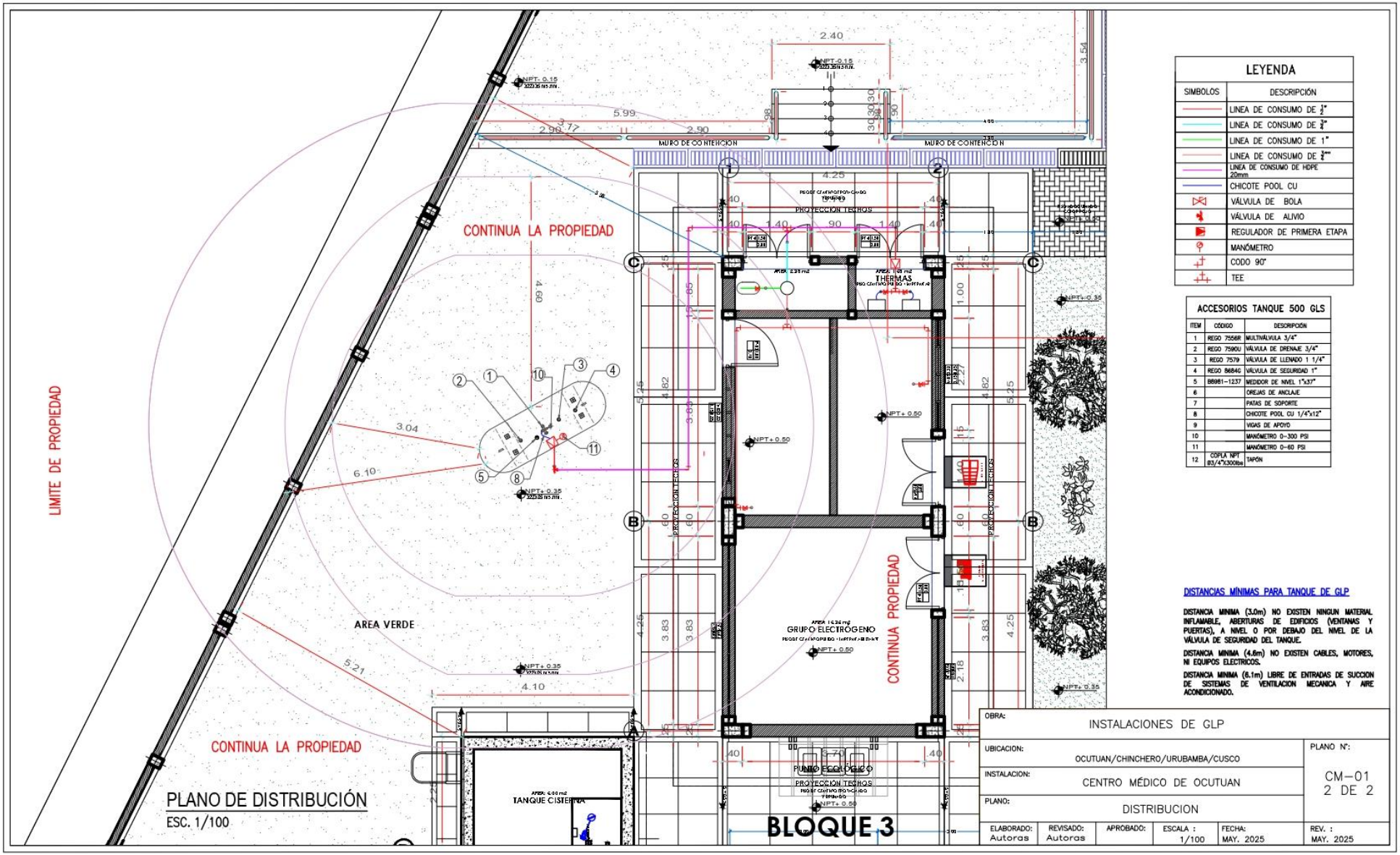
PLANO DE SEÑALIZACION HOSPITALARIA
ESC: 1/75

PLANO DE SEÑALIZACION HOSPITALARIA
SS-02



PLANO ISOMÉTRICO

ESC. 1/55


LIMITE DE PROPIEDAD
CONTINUA LA PROPIEDAD
CONTINUA LA PROPIEDAD
CONTINUA PROPIEDAD
MURO DE CONTENCION
MURO DE CONTENCION
PROYECCION TECHOS
THERMAS
GRUPO ELECTROGENO
PUNTO ECOLOGICO
TANQUE CISTERNA
AREA VERDE
BLOQUE 3
PLANO DE DISTRIBUCIÓN
ESC. 1/100
LEYENDA
SIMBOLOS
DESCRIPCIÓN
LINEA DE CONSUMO DE 1/2"
LINEA DE CONSUMO DE 3/4"
LINEA DE CONSUMO DE 1"
LINEA DE CONSUMO DE 1 1/4"
LINEA DE CONSUMO DE HDPE 20mm
CHICOTE POOL CU
VÁLVULA DE BOLA
VÁLVULA DE ALIVIO
REGULADOR DE PRIMERA ETAPA
MANÓMETRO
CODO 90°
TEE
ACCESORIOS TANQUE 500 GLS
ITEM | CÓDIGO | DESCRIPCIÓN
1 | REGO 7556R | MULTIVÁLVULA 3/4"
2 | REGO 7590U | VÁLVULA DE DRENAJE 3/4"
3 | REGO 7579 | VÁLVULA DE LLENADO 1 1/4"
4 | REGO 8684G | VÁLVULA DE SEGURIDAD 1"
5 | 88981-1237 | MEDIDOR DE NIVEL 1"x37"
6 | | OREJAS DE ANCLAJE
7 | | PATAS DE SOPORTE
8 | | CHICOTE POOL CU 1/4"x12"
9 | | VIGAS DE APOYO
10 | | MANÓMETRO 0-300 PSI
11 | | MANÓMETRO 0-60 PSI
12 | COPLA NPT 03/4"X3000lbs | TAPÓN
DISTANCIAS MÍNIMAS PARA TANQUE DE GLP
DISTANCIA MINIMA (3.0m) NO EXISTEN NINGUN MATERIAL INFLAMABLE, ABERTURAS DE EDIFICIOS (VENTANAS Y PUERTAS), A NIVEL O POR DEBAJO DEL NIVEL DE LA VÁLVULA DE SEGURIDAD DEL TANQUE.
DISTANCIA MINIMA (4.6m) NO EXISTEN CABLES, MOTORES, NI EQUIPOS ELECTRICOS.
DISTANCIA MINIMA (8.1m) LIBRE DE ENTRADAS DE SUCCION DE SISTEMAS DE VENTILACION MECANICA Y AIRE ACONDICIONADO.
OBRA: INSTALACIONES DE GLP
UBICACION: OCUTUAN/CHINCHERO/URUBAMBA/CUSCO
INSTALACION: CENTRO MÉDICO DE OCUTUAN
PLANO: DISTRIBUCION
PLANO N°: CM-01 2 DE 2
ELABORADO: Autoras
REVISADO: Autoras
APROBADO:
ESCALA : 1/100
FECHA: MAY. 2025
REV. : MAY. 2025

Plan de Seguimiento Post-Instalación del Sistema Centralizado de GLP

1. **Objetivo general:**

Asegurar el funcionamiento seguro, eficiente y sostenible del sistema de GLP, mediante acciones periódicas de verificación, mantenimiento y fortalecimiento de capacidades, garantizando que no se generen impactos negativos en el entorno ni en la comunidad.

2. Plan de seguimiento considerando aspectos tales como:

a) Seguimiento Técnico-Operativo

Actividad	Frecuencia	Responsable	Indicador
Inspección del sistema de almacenamiento y distribución (tanque, válvulas, tuberías)	Mensual	Área de instalaciones técnicas	N° de observaciones corregidas por mes
Verificación de presiones y funcionamiento de reguladores de primera y segunda etapa	Trimestral	Área de instalaciones técnicas	% de equipos calibrados correctamente
Revisión del consumo energético y autonomía del sistema	Mensual	Área de instalaciones técnicas	Días de autonomía promedio
Evaluación del estado físico de los materiales (corrosión, fugas, obstrucciones)	Trimestral	Área de instalaciones técnicas	N° de puntos críticos identificados

b) Seguimiento Ambiental

Actividad	Frecuencia	Responsable	Indicador
Revisión de condiciones ambientales del entorno (emisiones, olores, ruidos)	Semestral	Área de instalaciones técnicas	N° de quejas registradas
Control de residuos generados por mantenimiento del sistema	Trimestral	Área de instalaciones técnicas	% de residuos correctamente gestionados

Validación del cumplimiento de buenas prácticas ambientales en el manejo del GLP	Semestral	Área de instalaciones técnicas	% de cumplimiento de prácticas verificadas

c) Seguimiento Social y Comunitario

Actividad	Frecuencia	Responsable	Indicador
Evaluación de la percepción comunitaria sobre el sistema	Anual	Área de instalaciones técnicas	Nivel de satisfacción (encuestas)
Implementación de talleres de educación ambiental y prevención de riesgos	Semestral	Área de instalaciones técnicas	N° de participantes por taller
Actualización y difusión de protocolos de emergencia	Anual	Área de instalaciones técnicas	% de personal capacitado

d) Sistema de Reportes y Mejora Continua

- Registro de incidencias y acciones correctivas: Plataforma interna actualizada mensualmente.
- Informe semestral de seguimiento: Documento técnico que consolida resultados, identifica oportunidades de mejora y recomienda ajustes al sistema.
- Revisión anual del plan de seguimiento: Evaluación de la pertinencia de las acciones y ajustes necesarios según nuevos escenarios o requerimientos normativos.

Este plan permite mantener un control preventivo y proactivo sobre el sistema de GLP, garantizando que se sostenga su operación segura sin generar impactos negativos en el entorno físico ni en la comunidad, promoviendo una cultura de responsabilidad ambiental y prevención de riesgos a largo plazo.

LISTADO DE CONDICIONES DE CRITICIDAD ALTA PARA CONSUMIDORES DIRECTOS DE GLP Y REDES DE DISTRIBUCIÓN DE GLP

a) Obligaciones criticas generales

N°	CONDICION	BASE LEGAL
1	Deberán contar con una póliza de responsabilidad civil extracontractual vigente, que cumpla con el monto requerido por la normativa	Artículos 31° y 32° del Decreto Supremo N° 01-94-EM y modificatorias. Anexo 2.3 F del Reglamento del Registro de Hidrocarburos, aprobado por RCD N° 191-2011-OS/CD y modificatorias.
2	El establecimiento de Consumidor Directo de GLP o Redes de Distribución de GLP cuyos tanques de almacenamiento no sean de su propiedad, cuentan con un Certificado de Conformidad de la Instalación emitido por la empresa que les cedió dichos tanques.	Numeral 3.5 del Decreto Supremo N° 034-2014-EM y numerales 4.1.3 y 8.1.2 de la Resolución de Consejo Directivo de Osinergmin N° 089-2015-OS/CD.
3	El establecimiento de Consumidor Directo de GLP o Redes de Distribución de GLP cuyos tanques de almacenamiento no sean de su propiedad, solo podrán ser abastecidos por la empresa envasadora o distribuidor de GLP a Granel que les haya cedido en uso los tanques y que les emitió el Certificado de Conformidad de la Instalación.	Numeral 3.2 del Decreto Supremo N° 034-2014-EM y numeral 4.1.2 de la Resolución de Consejo Directivo de Osinergmin N° 089-2015-OS/CD.
4	Los tanques estacionarios serán diseñados, fabricados y probados de acuerdo a la Norma Técnica Peruana o de acuerdo al Código ASME Sección VIII.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.1.1 de la NTP 321.123.
5	Cada Tanque Estacionario de GLP instalado en un Consumidor Directo de GLP o en una Red de Distribución de GLP deberá contar con un Certificado de Conformidad otorgado por un organismo acreditado por el Inacal, indicando que el tanque ha sido fabricado de acuerdo con la Norma Técnica Peruana aprobada por Inacal o en su defecto con el Código ASME, Sección VIII, División 1.	Artículo 9° del Decreto Supremo N° 001-2007-EM.

6	Los tanques que presenten abolladuras serias, hendiduras, raspones o corrosión excesiva, deberán ser sacados del servicio. Los criterios de rechazo deberán estar de acuerdo con el reglamento o código con el cual fue fabricado el tanque. Cualquier reparación o modificación en un tanque, deberá cumplir con las regulaciones, reglamentos o códigos bajo los cuales fue fabricado. Las reparaciones o modificaciones a los tanques ASME deberán realizarse de acuerdo con la normatividad nacional vigente o norma API 510 o norma NB-23 National Board Inspection Code.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.1.3 de la NTP 321.123.
7	Los tanques de 0,47 m3 (125 gal) hasta 7,57 m3 (2000 gal) de capacidad de agua, deberán estar provistos de una abertura para una válvula de exceso de flujo de extracción de líquido comandada, con conexión roscada no menor de ¾" con rosca NPT según ASME B1.20.1.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.1.8 de la NTP 321.123.
8	Los tanques de más de 7,57 m3 (2000 gal) de capacidad de agua deberán tener una abertura para un medidor de presión (manómetro), con conexión roscada de ¼" con rosca NPT y orificio Nº 54, o en su defecto una conexión roscada de ¾" mediante válvula de nivel.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.1.9 de la NTP 321.123.
9	Los tanques deberán tener aberturas para las válvulas de seguridad que tengan comunicación directa con el espacio de vapor.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.1.10 de la NTP 321.123.
10	Los tanques que sean llenados en forma volumétrica deberán estar equipados con un medidor fijo de nivel de máximo llenado de líquido, capaz de indicar el máximo nivel de llenado permitido.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.1.11 de la NTP 321.123.
11	Los tanques estacionarios deberán contar con una placa metálica de identificación de acero inoxidable adherida al cuerpo y ubicada de tal forma que permanezca visible después de que el tanque sea instalado. Nota: La placa debe detallar: El número de serie del fabricante, presión de diseño, año de fabricación, capacidad de agua equivalente en litros o galones, entre otros.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.1.13 de la NTP 321.123.

12	Cada tanque estacionario de GLP instalado y funcionando deberá contar con un Libro de Registro de Inspecciones, foliado y legalizado, en el cual constarán los datos siguientes: Nombre del fabricante, fecha de fabricación, número de serie, fecha de instalación, descripción y fechas de las pruebas realizadas, reparaciones de accesorios, cambio de ubicación.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.1.15 de la NTP 321.123.
13	Los operadores de los tanques estacionarios de GLP, deberán someter por su cuenta a los tanques que tengan en uso, así como a los accesorios correspondientes, a inspecciones parciales a cada tanque por lo menos una vez al año, consistente en una inspección externa para comprobar que no tiene abolladuras, hendiduras o áreas en estados avanzados de abrasión, erosión o corrosión. De ser necesario si la inspección externa revelara los defectos antes señalados, deberá practicarse otros ensayos no destructivos tales como medición de espesores, ultrasonido, tintes penetrantes y en casos severos exámenes radiográficos de manera de poder garantizar la operatividad del tanque. Para el caso de los tanques enterrados o monticulados, la revisión anterior se realizará sobre la superficie y elementos expuestos. Adicionalmente se debe realizar el control de los sistemas de protección catódica (de existir).	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.1.16.1 de la NTP 321.123.
14	Los operadores de los tanques estacionarios de GLP, deberán someter por su cuenta a los tanques que tengan en uso, así como a los accesorios correspondientes, a inspección total, una vez cada diez años o cada vez que haya sido objeto de reparaciones. Consiste además de lo establecido para las inspecciones parciales, llevar a cabo una inspección interna, un examen de espesores, así como verificar la resistencia del recipiente a condiciones de fuerza, carga o presión; llevando a cabo al menos una de las siguientes verificaciones: • Una prueba de resistencia a presión hidrostática; • Un ensayo por emisión acústica (AT) según lo establecido en la Norma API 510 (véase subcapítulo	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.1.16.2 de la NTP 321.123.

	5.8.7 de la norma API). Este ensayo se realizará de acuerdo al código ASME BPVC Sección V (véase Artículo 12 del código ASME) o a lo establecido en el anexo C de las Normas EN 12817 y EN 12819. Asimismo, se deberá cambiar la totalidad de válvulas y accesorios del tanque.	
15	Los tanques de 7,57 m3 (2,000 gal) de capacidad de agua o menos deberán cumplir con la Tabla 3: Válvula de llenado de doble check, válvula de cierre manual para servicio de vapor, medidor fijo del nivel máximo de líquidos, válvula de seguridad interna del tipo a resorte, medidor de flotador, válvula de exceso de flujo de extracción comandada y opcionalmente una válvula check y válvula de exceso de flujo en el retorno de vapor.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.4.1 de la NTP 321.123.
16	Todos los tanques llenados por volumen deberán contar con dispositivos de medición del nivel de líquido.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con los numerales 5.5.1 de la NTP 321.123.
17	Los tanques deberán tener marcado de modo permanente, adyacente al medidor fijo del nivel del líquido o sobre la placa de identificación del recipiente, la capacidad de porcentaje de llenado indicado para el medidor.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con los numerales 5.5.2 de la NTP 321.123.
18	Los manómetros deberán estar fijados directamente al orificio del tanque o a una válvula o accesorio que se encuentre directamente fijado a dicha abertura. Si el área de la sección transversal de la abertura en el tanque descrito en el párrafo anterior es mayor que la medida de una broca Nº 54, deberá proveerse de una válvula de exceso de flujo para la conexión del tanque.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.6 de la NTP 321.123.
19	Todas las aberturas del tanque excepto aquellos utilizados para los dispositivos de alivio de presión, dispositivos medidores de nivel de líquido, manómetros, válvulas de doble de retención, combinación de válvulas de retención y válvulas de exceso de flujo de retorno de vapor, válvula de exceso de flujo de extracción de líquido comandadas y aberturas taponadas; deberán	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.8.1 de la NTP 321.123.

	estar equipadas con válvulas internas o con válvulas de cierre positivo y válvulas de retención o de exceso de flujo.	
20	El tanque de almacenamiento deberá estar provisto de un manómetro.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.8.4 de la NTP 321.123.
21	Los accesorios para tuberías metálicas deberán tener una presión mínima nominal de acuerdo con lo especificado en la Tabla N° 5.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.9.6 de la NTP 321.123.
22	Las mangueras, conexiones para manguera y conexiones flexibles, deberán ser fabricados de un material que sea resistente a la acción del GLP tanto líquido como vapor. Si se utiliza malla de alambre como refuerzo, este deberá ser de un material resistente a la corrosión tal como el acero inoxidable.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.9.8 de la NTP 321.123.
23	Las mangueras, conexiones para mangueras y conexiones flexibles usadas para transportar el GLP líquido o vapor a presiones que exceda de 34 kPa manométrica (5 psig), deberán ser diseñadas para trabajar a una presión de 2,4 manométrica (350 psig) con un factor de seguridad de 5 a 1 y deberán ser marcadas continuamente con GLP, Gas LP, PROPANO, PRESIÓN DE TRABAJO 350 PSI, y con el nombre del fabricante o marca registrada.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.9.8 de la NTP 321.123.
24	Los tanques deberán posicionarse de forma tal que la válvula de seguridad esté en comunicación directa con el espacio vapor del tanque.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.1 de la NTP 321.123.
25	Los tanques de GLP o los sistemas de los cuales ellos forman parte, deberán ser protegidos del daño provocado por vehículos.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.2 de la NTP 321.123.
26	Los tanques deberán instalarse de manera que todos los accesorios de operación sean accesibles.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.5 de la NTP 321.123.

27	Los tanques estacionarios para usuarios de GLP a granel deberán tener pintado en el cuerpo del tanque la frase "GAS COMBUSTIBLE NO FUMAR" en letras de imprenta perfectamente visibles, sobre fondo vivamente contrastante, cuyo tamaño guarde relación con la dimensión de los tanques según NTP 399.010-1.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.6 de la NTP 321.123.
28	Los tanques de almacenamiento de GLP cedidos en uso deberán contar con el signo distintivo de la empresa envasadora o distribuidor de GLP a granel respectivo. Asimismo, el número telefónico de atención de emergencias deberá estar pintado sobre el cuerpo del tanque estacionario con la leyenda "Teléfono de Emergencia"	Numerales 3.3 y 3.7 del artículo 3° del Decreto Supremo N° 034-2014-EM.
29	Los tanques ubicados en establecimientos comerciales donde exista circulación permanente de personas deberán estar protegidos mediante elementos de seguridad que impidan la manipulación de las válvulas por acción de terceros.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.10.4 de la NTP 321.123.
30	Los tanques para GLP deberán estar equipados con válvulas de seguridad del tipo de resorte cargado, que cumplan con los requisitos aplicables de la norma UL 132, u otras normas equivalentes para válvulas de seguridad.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.2.3.1 de la NTP 321.123.
31	Cada válvula de seguridad deberá estar marcada de modo claro y permanente con lo siguiente: • La presión en MPa manométrica o psig del ajuste de inicio de apertura de la válvula. • La capacidad de flujo nominal en pies cúbicos por minuto de aire a 16 ºC (60 ºF) y 101 kPa (14,7 psia). • El nombre y el número del catálogo del fabricante.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.2.3.5 de la NTP 321.123.
32	Las válvulas de seguridad de los tanques de 0,47 m3 (125 gal) de capacidad de agua o mayores, que se encuentren instalados de modo permanente en servicio estacionario, deberán instalarse de modo que todo gas liberado se ventee hacia arriba y sin obstrucción alguna hacia el aire libre.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.5.1.1 de la NTP 321.123.

33	Se deberá proveer un protector de la descarga de la válvula u otro medio contra la lluvia para prevenir la posibilidad de la entrada de agua u otra materia extraña a la válvula de seguridad o cualquier descarga del tubo de venteo. Se deberán tomar provisiones para el drenaje cuando la acumulación de agua es esperada. El protector de la descarga de la válvula para protegerla de la lluvia u otro protector deberá diseñarse de modo que permanezca en su lugar excepto cuando opere la válvula de seguridad y no deberá restringir el flujo del dispositivo de alivio.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.5.1.1 de la NTP 321.123.
34	Los reguladores de primera etapa deberán incorporar una válvula de alivio de presión integrado, que posea un ajuste de inicio de descarga dentro de los límites especificados en la norma UL 144, o Norma Técnica equivalente.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.3.4 de la NTP 321.123.
35	Se permitirá que los reguladores de primera etapa con una capacidad asignada de más de 147 kW (500 000 Btu/h) tengan una válvula de alivio de presión separada.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.3.4 de la NTP 321.123.
36	Los reguladores de primera etapa o de alta presión deberán fijarse, directamente o mediante conexiones flexibles, a la válvula de servicio de vapor del tanque o a la salida del vaporizador o a la salida de los tubos de interconexión de tanques o vaporizadores con conexión múltiple.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.5.3.1 de la NTP 321.123.
37	Los reguladores de primera etapa y alta presión deberán instalarse en el exterior de los edificios. Todos los reguladores para instalación exterior deberán estar diseñados, instalados o protegidos de modo que su operación no se vea afectada por los elementos (lluvia, nieve, hielo, humedad o escombros). Se permitirá que esta protección se encuentre integrada al regulador.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.5.3.1 de la NTP 321.123.
38	El vapor de GLP a presiones mayores que 138 kPa (20 psig) no podrá ser enviado por tuberías hacia el interior de ningún edificio, excepto donde sea permitido para los sistemas de tuberías.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.6.1 de la NTP 321.123.

39	El vapor de GLP sobre 138 kPa (20 psig) se permitirá en edificios o áreas separadas de edificios construidos de acuerdo con el Capítulo 8 de la NTP 321.123 y utilizados exclusivamente para albergar lo siguiente: a) Equipos para vaporización, reducción de presión, mezclador de gas, fabricación de gas o distribución. b) Motores de combustión interna, procesos industriales, equipos o procesos que tengan un riesgo similar. c) Vaporizadores de combustibles montados sobre motores. d) Los sistemas de tuberías de acero inoxidable corrugado estarán limitados a servicio vapor que no exceda los 34 kPa (5 psig).	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.6.1 de la NTP 321.123.
40	Si las operaciones se realizan habitualmente fuera de las horas de iluminación diurna, deberá proporcionarse iluminación artificial para iluminar los tanques de almacenaje, tanques que están siendo cargados, válvulas de control y otros equipos. El control de las fuentes de ignición deberá cumplir con los subcapítulos 6.21.1 al 6.21.4 de la NTP 321.123	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.16 de la NTP 321.123.
41	Los equipos eléctricos fijos y cableados instalados en áreas clasificadas especificadas en la Tabla 17 serán instalados de acuerdo con el Código Nacional de Electricidad o su equivalente en la NFPA 70. Lo considerado en el párrafo anterior no será aplicable para equipos eléctricos fijos en instalaciones residenciales y comerciales de sistemas de GLP. NOTA: Se aceptará lo señalado en el párrafo anterior siempre y cuando durante la operación de transferencia se desconecten los equipos eléctricos que se encuentran a menos de 4,6 m medido desde las conexiones del tanque.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.20 de la NTP 321.123.
42	No deberán ser instaladas o usadas llamas abiertas, herramientas de corte o soldadura, herramientas eléctricas portátiles y extensiones de luz que podrían ser capaces de provocar la ignición del GLP dentro de las áreas clasificadas especificadas en la Tabla 17.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.21.3 de la NTP 321.123.

43	Deberán proveerse caminos u otro medio de acceso para equipos de emergencias, tales como equipos del Cuerpo de Bomberos.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.22.3.1 de la NTP 321.123.
44	Cada instalación deberá contar con al menos un extintor de polvo químico seco fabricado de acuerdo con la NTP 350.026, comprobado por un laboratorio de pruebas de fuego indicadas en la NTP 350.062, cuya capacidad mínima de extinción será de 4A:80BC ó alternativamente deberá contar con extintor con sello o marca de conformidad que cumplan con la ANSI/UL 299 y cuya capacidad de extinción cumpla con la ANSI/UL 711.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.22.3.2 de la NTP 321.123.
45	Por lo menos una persona calificada deberá permanecer atendiendo la operación de transferencia desde el momento de la conexión hasta cuando la transferencia esté completada, la válvula de corte es cerrada y las líneas son desconectadas.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 7.1 de la NTP 321.123,
46	La transferencia de GLP hacia y desde los tanques deberá ser efectuada solamente por personas calificadas, entrenadas en el apropiado manejo y en los procesos de operación y en los procedimientos de respuesta ante emergencias. Los tanques serán llenados solo después de determinarse que cumplen con el diseño, fabricación, inspección marcado y recalificación señalados en la norma.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 7.2 de la NTP 321.123.
47	Se prohibirá el acceso del público a las áreas donde se almacena y transfiere GLP.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 7.3 de la NTP 321.123.

48	Durante las operaciones de transferencia, mientras se realizan conexiones y desconexiones o mientras el GLP es venteado a la atmósfera, deberán controlarse las fuentes de ignición: a) Los motores de combustión interna que se encuentren dentro de los 4,6 m (15 pies) alrededor del punto de transferencia deberán estar apagados mientras las operaciones de transferencia se encuentren en progreso, con la excepción de los motores de vehículos de carga de GLP mientras tales motores se encuentren accionando bombas de transferencia o compresores ubicados sobre dichos vehículos para cargar tanques tal como se dispone en los subcapítulos 6.3.2 y 6.3.3. b) No se permitirá fumar, llamas abiertas, usar herramientas eléctricas de mano y luces de extensión capaces de encender al GLP dentro de los 7,6 m (25 pies) alrededor del punto de transferencia, mientras las operaciones de llenado se encuentren en progreso. c) El corte de metal, esmerilado, y soldadura, no serán permitidos dentro de los 10,7 m (35 pies) de los puntos de transferencia mientras las operaciones de transferencia se estén realizando. d) Deberá tenerse cuidado de asegurar que los materiales que se hubieran calentado, se hayan enfriado antes de comenzar la transferencia.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 7.4 de la NTP 321.123.
49	Los vehículos que descarguen en tanques de almacenamiento, deberán ubicarse a no menos de 3 m (10 pies) del contenedor y en una posición tal que tanto las válvulas de cierre del camión tanque como del tanque resulten fácilmente accesibles.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 7.5 de la NTP 321.123.
50	El conjunto de mangueras deberá ser inspeccionado visualmente para detectar fugas o daños que pudieran poner en riesgo su integridad antes de cada uso.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 7.6 de la NTP 321.123.

<table>
<tr><td>51</td><td>El conjunto de mangueras deberá inspeccionarse por lo menos una vez al año. La inspección de los conjuntos de mangueras presurizadas deberá incluir lo siguiente:
a) Daños a la cubierta externa que cubre el refuerzo.
b) Enroscado o doblado de la manguera.
c) Puntos suaves o abultamientos de las mangueras.
d) Acoplamientos que se han deslizado en las mangueras, dañados, con piezas faltantes o pernos flojos.
e) Fugas diferentes a la permeabilidad.
El conjunto de mangueras deberá ser reemplazado, reparado o continuará en servicio como resultado de esta inspección. Las mangueras con fugas o daños deberán ser inmediatamente reparadas o sacadas de servicio.</td><td>Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 7.6 de la NTP 321.123.</td></tr>
<tr><td>52</td><td>La cantidad máxima con la que podrá llenarse un tanque, expresado en porcentaje de su volumen, será la indicada en el Tabla 18 como sigue:<table><tr><td></td><td>Hasta 1050 galones</td><td>Sobre 1050 galones</td></tr><tr><td>% máximo de la capacidad del tanque que puede ser llenado con GLP líquido.</td><td>80</td><td>85</td></tr></table></td><td>Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 7.9 de la NTP 321.123.</td></tr>
</table>

b) Tanques horizontales instalados en superficie

N°	CONDICION	BASE LEGAL
1	Los tanques deberán instalarse en el exterior de los edificios perfectamente nivelados, sin techo y con un espacio lateral libre de al menos 50 % del perímetro, cumpliendo con las distancias de seguridad señalada en la Tabla 7, por lo cual se deberá eliminar toda posibilidad de confinamiento por fugas de GLP.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.1.1 de la NTP 321.123.
2	Los tanques ubicados en el exterior de los edificios, instalados de modo permanente y recargados en la instalación, deberán ubicarse con respecto del tanque más cercano, edificio importante, grupo de edificios o líneas de propiedad adyacente sobre la cual se pueda construir, de	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.1.2 de la NTP 321.123.

	acuerdo con la Tabla 7 (Distancias de separación entre tanques, edificios importantes y otras propiedades), Tabla 9 (Número máximo de tanques en un grupo y sus distancias), Tabla 10 (Distancias de separación de tanques de GLP y tanques para oxígeno e hidrógeno) de la NTP 321.123.	
3	La distancia de separación entre tanques en superficie de 1,89 m3 a 7,56 m3 (501 a 2000 gal) de capacidad de agua a edificios o grupos de edificios podrá ser reducida a no menos de 3 m (10 pies) para un tanque único de 4,54 m3 (1200 gal) o menos de capacidad de agua, siempre y cuando dicho tanque se encuentre a no menos de 7,6 m (25 pies) de cualquier otro tanque de GLP de más de 0,47 m3 (125 gal) de capacidad de agua.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.1.4 de la NTP 321.123.
4	Si la capacidad de agua agregada de una instalación de tanques múltiples es de 1,89 m3 (501 gal) o más, conformada por tanques individuales que posean una capacidad de agua menor que 0,47 m3 (125 gal), la distancia mínima deberá cumplir con la Tabla 7 y lo siguiente: a) Aplicando la capacidad agregada y no la capacidad por tanque. b) Si se realiza más de una instalación de este tipo, cada instalación deberá separarse al menos 7,6 m (25 pies). c) Las distancias mínimas entre tanques no serán aplicadas a las instalaciones cubiertas por el subcapítulo 6.1.6.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.1.6 de la NTP 321.123.
5	La distancia medida horizontalmente desde el punto de descarga de la válvula de alivio de presión del tanque hasta cualquier abertura por debajo de tal descarga deberá ser de 1.5 m.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.1.7 de la NTP 321.123.
6	La distancia medida en cualquier dirección desde el punto de descarga de la válvula de seguridad del tanque, del orificio del venteo de un medidor fijo del nivel máximo de líquido de un tanque y de la conexión de llenado del tanque a fuentes de ignición, a abertura hacia un aparato de venteo directo (sistema de combustión hermético), y a tomas de aire para ventilación mecánica, deberá ser de 3.0 m.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.1.8 de la NTP 321.123.
7	La distancia entre edificios y tanques con una capacidad de agua de 0,47 m3 (125 gal) o mayores a todas las partes que	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en

	se proyecten fuera de la pared del edificio, deberán cumplir con lo siguiente: a) La distancia horizontal deberá medirse desde un punto determinado al proyectar el borde externo de la estructura en voladizo verticalmente hacia el piso u otro nivel sobre el cual se encuentre instalado el tanque. b) Esta distancia deberá ser por lo menos el 50 % de la distancia de separación requerida en la Tabla 7. c) Este requerimiento se aplicará solo a los voladizos que se proyecten más de 1,5 m (5 pies) del edificio. d) Este requerimiento no será aplicado cuando la estructura en voladizo se encuentre a 15 m (50 pies) o más por encima de la salida de la descarga de la válvula de alivio. e) Estos requerimientos no serán de aplicación a los tanques de 7,57 m3 a 113,56 m3 (2001 gal a 30 000 galones) de capacidad de agua, donde la distancia del edificio está en concordancia con el subcapítulo 6.23.1.	concordancia con el Numeral 6.1.10 de la NTP 321.123.
8	No se permitirán materiales combustibles sueltos o amontonados, malezas, ni pastos altos y secos a menos de 3 m (10 pies) alrededor de los tanques.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal b) del numeral 6.2.4 de la NTP 321.123
9	Se deberán utilizar medios, tales como diques, cordones o rebordes de derivación o explanadas en pendiente, que eviten la acumulación de líquidos que presenten un punto de inflamación menor que 93,4 ºC (200 ºF), debajo de los tanques de GLP.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal c) del numeral 6.2.4 de la NTP 321.123
10	Los tanques de GLP deberán ubicarse al menos a 3 m (10 pies) de distancia de la línea central de la pared del dique de áreas que contengan líquidos inflamables o combustibles.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal d) del numeral 6.2.4 de la NTP 321.123.
11	La mínima separación horizontal entre tanques de GLP en superficie y tanques en superficie que contengan líquidos con puntos de inflamación menor que 93,4 ºC (200 ºF) deberá ser de 6 m (20 pies).	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal e) del numeral 6.2.4 de la NTP 321.123.
12	Los requerimientos del párrafo anterior no serán aplicados donde los tanques de 0,47 m3 (125 gal) de capacidad de agua o menores se instalen adyacentes a tanques de	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal g) del

	suministro de fuel oil de una capacidad igual o menor de 2,50 m3 (660 gal).	numeral 6.2.4 de la NTP 321.123.
13	En tanques de GLP en superficie, ninguna de sus partes deberá ubicarse dentro del área que se encuentre, a una distancia horizontal de 1,8 m (6 pies) de un plano vertical ubicado debajo de líneas eléctricas de más de 600 voltios nominales.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.2.7 de la NTP 321.123.
14	Estructuras tales como paredes contra incendios, cercos, barreras de tierra u otra estructura similar no serán permitidos alrededor o sobre tanques no refrigerados, a menos que esté específicamente permitido como sigue: a) Se permitirá tales estructuras alrededor de los tanques, siempre que tengan una altura no mayor al nivel de la conexión de la válvula de seguridad, además de contar con aberturas en todos los lados de las estructuras descritas en este subcapítulo, que permitan la libre circulación de aire, eliminando toda posibilidad de confinamiento que pueda ocasionar: formación de bolsas de GLP debido a una fuga, interferencia en la aplicación de agua de refrigeración por parte de los bomberos, desvío de las llamas al recipiente u obstrucción de salida de personal en una emergencia." b) Se permitirá las estructuras que eviten la acumulación o el flujo de líquidos inflamables o combustibles en concordancia con subcapítulo 6.2.4. c) Se permitirán estructuras entre tanques de GLP y tanques de hidrógeno gaseoso en concordancia con el subcapítulo 6.2.6. d) Se permitirán cercas en concordancia con el subcapítulo 6.15.5.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.2.8 de la NTP 321.123.
15	La transferencia de líquido a tanques se realizará solamente en el exterior de edificios o estructuras. La manguera de transferencia no deberá encaminarse por el interior o a través de ningún edificio.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.3.1 de la NTP 321.123.
16	Los tanques en superficie deberán ser pintados en forma adecuada y protegidos de la acción de elementos atmosféricos. Los colores elegidos, de acuerdo a la NTP 399.009, serán claros para evitar que por absorción del calor se eleve la presión interna.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.4 de la NTP 321.123.

17	Donde sea necesario prevenir la flotación debido a la alta afluencia de agua alrededor de tanques en superficie, los tanques deberán se anclados en forma segura.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.7 de la NTP 321.123.
18	Los tanques horizontales deberán estar instalados sobre estructuras de albañilería u otros soportes estructurales no combustibles y tales soportes deberán estar ubicados sobre cimientos de concreto o mampostería.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.8.1 de la NTP 321.123.
19	Los tanques que tengan interconexiones para líquidos deberán instalarse de modo tal que el nivel máximo de llenado permitido para cada tanque se encuentre en la misma altura.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.8.2 de la NTP 321.123
20	Los tanques horizontales con soportes adosados y diseñados para instalación permanente en servicio estacionario deberán instalarse de acuerdo con la Tabla 12 (Instalación de tanques horizontales con soportes, instalados permanentemente).	Artículo 19° del Decreto Supremo N°065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.8.3 de la NTP 321.123.
21	La parte del tanque que se encuentre en contacto con los apoyos o fundaciones o albañilería, deberá estar cubierta o protegida para minimizar la corrosión.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.8.4 de la NTP 321.123.

c) Tanques enterrados monticulados

N°	CONDICION	BASE LEGAL
1	Las conexiones en los tanques enterrados deberán ubicarse dentro de domos, alojamientos o entradas de hombre (manhole) y deberán estar protegidas por una cubierta.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.8.2 de la NTP 321.123.
2	Los tanques enterrados o monticulados deberán ubicarse en el exterior de los edificios.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal a) del numeral 6.2.3 de la NTP 321.123.
3	No deberán construirse edificios sobre ningún tanque enterrado o en montículo.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal b) del numeral 6.2.3 de la NTP 321.123.

4	Los lados de los tanques adyacentes deberán estar separados de acuerdo a la Tabla 7, pero a no menos de 1 m(3 pies).	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal c) del numeral 6.2.3 de la NTP 321.123.
5	Cuando los tanques se instalen paralelos, con los extremos alineados, el número de tanques por grupo no será limitado.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal d) del numeral 6.2.3 de la NTP 321.123.
6	Cuando se instale más de una fila, los extremos adyacentes de los tanques ubicados en cada fila deberán estar separados por lo menos por 3 m (10 pies) de distancia.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal e) del numeral 6.2.3 de la NTP 321.123.
7	Los tanques estacionarios para usuarios de GLP a granel con tanques enterrados o monticulados deberán tener la frase "GAS COMBUSTIBLE NO FUMAR" en letras de imprenta perfectamente visibles, sobre fondo vivamente contrastante, cuyo tamaño guarde relación con la dimensión de los tanques según NTP 399.010-1 ubicado en la zona de almacenamiento.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.6 de la NTP 321.123.
8	Donde sea necesario prevenir la flotación debido a la alta afluencia de agua alrededor de tanques en montículo, o alto nivel freático de agua para aquellos tanques soterrados o semienterrados, los tanques deberán se anclados en forma segura.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.7 de la NTP 321.123.
9	El conjunto de tanques para instalación enterrada, incluido los tanques intercambiables superficie-subterráneos, deberán instalarse de acuerdo a lo siguiente: a) Los tanques instalados donde no exista flujo de vehículos deberán instalarse a no menos de 0,15 m (6 pulgadas) por debajo del nivel del suelo. b) En caso se instalen tanques debajo de zonas donde se espera tránsito vehicular, un tanque enterrado no intercambiable deberá ser instalado a no menos de 0,46 m (18 pulgadas) por debajo del nivel del terreno, o el tanque deberá ser protegido de daños producidos por vehículos.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.10.1 de la NTP 321.123.

	c) La protección contra daño vehicular, se deberá dar al alojamiento de los accesorios, la cubierta del alojamiento, las conexiones del tanque y los tubos y tuberías. d) Cuando los tanques sean instalados enterrados dentro de los 3 m (10 pies) de donde puede esperarse tránsito vehicular, deberá proveerse protección para el alojamiento de los accesorios, la cubierta del alojamiento, las conexiones del tanque y los tubos y tuberías para protegerlas contra el daño vehicular. e) Los tanques intercambiables superficie – subterráneos, aprobados para ser instalados bajo tierra no deberán instalarse a más de 0,30 m (12 pulgadas) por debajo del nivel del terreno. f) Los tanques intercambiables superficie – subterráneos, aprobados para ser instalados bajo tierra no deberán instalarse a más de 0,30 m (12 pulgadas) por debajo del nivel del terreno. g) Los tanques deberán estar revestidos o protegidos para minimizar la corrosión. h) Los tanques deberán asentarse nivelados y rodearse de tierra o arena lavada de río firmemente compactada en el lugar.	
10	Los tanques parcialmente enterrados sin montículo, deberán instalarse como sigue: a) La porción del tanque ubicado bajo tierra y hasta una distancia vertical de al menos 75 mm (3 pulgadas) por encima de la superficie deberá ser protegida para evitar la corrosión. b) Los tanques deberán ser instalados nivelados y rodeados con tierra o arena firmemente compactada en el lugar. c) Los requisitos de espaciamiento deberán ser como los especificados para tanques en superficie señalados en el subcapítulo 6.1.2 y la Tabla 7. d) El tanque deberá ubicarse de modo de no estar expuesto a daños ocasionados por vehículos o deberán estar protegidos contra tales daños.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.10.2 de la NTP 321.123.
11	Los tanques en montículo deberán instalarse como sigue: a) El material del montículo deberá ser tierra, arena u otro material no combustible, no corrosivo y deberá proveer un	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.10.3 de la NTP 321.123.

	espesor de cubierta del tanque de por lo menos 0,3 m (1 pie). b) Se deberá proveer de una cubierta de protección en el tope del material del monticulado sujeta a erosión. c) Las válvulas y accesorios del tanque deberán ser accesibles para la operación o reparación sin perturbar el material del montículo. d) Los tanques en montículo deberán estar recubiertos o protegidos contra la corrosión.	

d) Tanques instalados en techos de edificios

N°	CONDICION	BASE LEGAL
1	La transferencia de líquido a tanques se realizará solamente en el exterior de edificios o estructuras. Se permitirá la transferencia de líquido a tanques ubicados en techos de estructuras, siempre que la instalación cumpla con los requisitos contenidos en el subcapítulo 6.4.11.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.3.1 de la NTP 321.123.
2	La transferencia de líquido a tanques se realizará solamente en el exterior de edificios o estructuras. La manguera de transferencia no deberá encaminarse por el interior o a través de ningún edificio.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.3.1 de la NTP 321.123.
3	Los tanques de GLP instalados en techos deberán poseer una capacidad de agua de 7,57 m3 (2 000 gal) o menor.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal b) del numeral 6.4.11 de la NTP 321.123.
4	La capacidad de agua agregada de los tanques de GLP instalados en el techo o terraza de un edificio no podrá ser mayor a 15,14 m3 (4000 gal) en una ubicación. Instalaciones adicionales en el mismo techo o terraza deberán ubicarse al menos 15 m (50 pies) aparte.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal c) del numeral 6.4.11 de la NTP 321.123.
5	Un tanque instalado en el techo de un edificio siempre deberá ser llenado por dos operadores, uno en los controles del vehículo que suministra el GLP y el otro en los controles del tanque.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal d) del numeral 6.4.11 de la NTP 321.123.
6	Los tanques sólo podrán instalarse en ubicaciones exteriores.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal e) del numeral 6.4.11 de la NTP 321.123.

7	Cuando se requiera una línea de llenado hasta el tanque, ésta deberá ubicarse completamente externa al edificio.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal f) del numeral 6.4.11 de la NTP 321.123.
8	La conexión de llenado deberá ubicarse enteramente externa al edificio.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal g) del numeral 6.4.11 de la NTP 321.123.
9	La instalación deberá cumplir con lo siguiente: Los tanques deben ubicarse en áreas donde exista libre circulación de aire; al menos a 3 m (10 pies) de aberturas de edificios (tales como ventanas y puertas) a nivel o por debajo del nivel de la válvula de seguridad del tanque, y al menos a 6,1 m (20 pies) de entradas (succión) de sistemas de ventilación mecánica y aire acondicionado, medido según la trayectoria del GLP (véase Figura 1 de la NTP 321.123).	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal m) del numeral 6.4.11 de la NTP 321.123.
10	La instalación deberá cumplir con lo siguiente: Si la instalación del tanque se encuentra a más de 16 m del suelo, o la manguera de llenado no puede ser observada en toda su longitud entre los dos operadores, el tanque deberá contar con una línea de llenado construida para soportar la transferencia del líquido, de forma que la manguera no se eleve a una altura mayor de 16 m y sea visible en toda su longitud. La línea de llenado deberá tener los siguientes accesorios: válvula de llenado con válvula de retención, tapón de la válvula de llenado, dos válvulas de control, válvula de alivio hidrostático y línea de venteo.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal q) del numeral 6.4.11 de la NTP 321.123.

e) Tanques estacionarios para almacenamiento de GLP montados sobre remolques

N°	CONDICION	BASE LEGAL
1	El remolque sobre el cual está montado el tanque estacionario para almacenamiento de GLP, deberá estar construido y equipado con una jaula de acero desmontable protectora de válvulas.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal e) del numeral 5.1.17.2 de la NTP 321.123.
2	Las tuberías, mangueras y accesorios, incluidas las válvulas y accesorios del tanque, montado sobre	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia

	remolque deberán encontrarse protegidos contra colisiones o vuelcos.	con el Numeral 5.1.17.3 de la NTP 321.123.
3	La capacidad de almacenamiento de los tanques no será mayor a 1000 galones.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal b) del numeral 6.4.8.5 de la NTP 321.123.
4	El operador del establecimiento determinará las rutas de tránsito del tanque. El tanque no podrá ser abastecido en una ubicación distinta a la determinada por el operador, que haya sido aprobada por la autoridad competente y deberá contar con la protección contra impacto vehicular que corresponda.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal c) del numeral 6.4.8.5 de la NTP 321.123.
5	La ubicación del tanque deberá cumplir con las distancias y condiciones de seguridad aplicables a los tanques horizontales en superficie.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal d) del numeral 6.4.8.5 de la NTP 321.123.
6	Los tanques deberán ser ubicados de modo que sus válvulas de alivio de presión se comuniquen con el espacio de vapor.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal d) del numeral 6.4.8.5 de la NTP 321.123.
7	Para conectar el tanque con las redes internas de GLP se deberá usar una conexión flexible conectada directamente aguas abajo del regulador de primera etapa.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal e) del numeral 6.4.8.5 de la NTP 321.123.
8	Aguas abajo de la conexión flexible se utilizará una conexión de acople rápido para evitar una posible fuga en la conexión y desconexión de la instalación.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el literal f) del numeral 6.4.8.5 de la NTP 321.123.

f) Tanques verticales

N°	CONDICION	BASE LEGAL
1	Los tanques verticales con capacidad de agua mayor de 0,47 m3 (125 gal) deberán cumplir con lo siguiente. a) Los tanques deberán ser diseñados para ser autosoportantes, sin el uso de cables de soportes y deberán satisfacer criterios de diseño que consideren la fuerza del viento, sísmicas (terremotos) y la carga de la prueba hidrostática esperada en el sitio.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.1.5 de la NTP 321.123.

	b) Aquellos tanques fabricados en maestranzas deberán contar con agarraderas u otros medios que faciliten su instalación vertical en el lugar de la instalación.	
2	Los tanques verticales de más de 0,47 m3 (125 gal) de capacidad de agua y diseñados para una instalación permanente en servicios fijos, deberán ser diseñados con soportes de acero para que el tanque sea montado y asegurado a bases de concreto o acero. a) Los soportes de acero deberán protegerse contra la exposición del fuego con un material que tenga resistencia al fuego de por lo menos 2 horas. b) Los faldones continuos de acero teniendo una sola abertura de 460 mm (18 pulgadas) o menos de diámetro, deberán tener 2 horas d	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.1.12 de la NTP 321.123
3	Los tanques verticales de más de 0,47 m3 (125 gal) de capacidad de agua diseñados para instalación permanente en servicio estacionario en superficie, deberán instalarse sobre soportes de concreto reforzados o en soportes de acero estructural sobre basamentos de concreto reforzado que se encuentren diseñados para soportar las provisiones de carga establecidas en el subcapítulo 5.1.5.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.9 de la NTP 321.123.
4	Los siguientes requerimientos también serán aplicados a la instalación de tanques verticales. a) Los soportes de acero deberán estar protegidos contra la exposición al fuego con un material que presente una resistencia al fuego de al menos 2 horas, excepto aquellos faldones de acero continuos que presenten una única abertura de 0,46 m (18 pulgadas) de diámetro o menor y que posean tal protección aplicada al exterior del faldón. b) Los tanques verticales utilizados en servicio líquido no deberán conectarse a tanques horizontales. c) Los tanques verticales de diferente tamaño no deberán interconectarse entre sí.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.4.9 de la NTP 321.123.

g) Vaporizadores de fuego directo

N°	CONDICION	BASE LEGAL
1	El diseño y construcción de los vaporizadores a fuego directo deberán estar en concordancia con los requisitos aplicables del Código ASME para las condiciones de trabajo a las cuales será sometido el vaporizador, y deberá estar marcado permanentemente y de modo legible con: a) Las marcas requeridas por el código ASME. b) La capacidad de vaporización máxima en litros por hora (galones por hora) c) La entrada de calor nominal en kW (Btu/h) d) El nombre o símbolo del fabricante	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.15.2 de la NTP 321.123.
2	Los vaporizadores a fuego directo deberán estar equipados con una válvula de alivio de presión de resorte cargado, que provea una capacidad de descarga en concordancia con el subcapítulo 5.15.7.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.15.2 de la NTP 321.123.
3	La válvula de alivio de presión deberá estar ubicada de modo de no estar expuesta a temperaturas mayores que 60 °C (140 °F). No deberán utilizarse dispositivos de tapón fusible.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.15.2 de la NTP 321.123.
4	Los vaporizadores a fuego directo deberán estar provistos con medios automáticos que eviten el pasaje de líquido desde el vaporizador hacia la tubería de descarga de vapor.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.15.2 de la NTP 321.123.
5	Deberá proveerse un medio manual para cortar el gas del quemador principal y al piloto.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.15.2 de la NTP 321.123.
6	Los vaporizadores a fuego directo deberán estar equipados con un dispositivo de seguridad automático que corte el flujo de gas hacia el quemador principal si se extingue la llama del piloto.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.15.2 de la NTP 321.123.
7	Si el flujo del piloto es mayor que 2 MJ/h (2000 Btu/h), el dispositivo de seguridad también deberá cortar el flujo de gas hacia el piloto.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.15.2 de la NTP 321.123.
8	Los vaporizadores a fuego directo deberán estar equipados con un control de límite que evite que el calentador eleve la presión del producto por encima de la	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia

	presión de diseño del equipo del vaporizador, y para evitar que la presión interna del recipiente de almacenamiento se eleve por encima de 1,7 MPa manométrica (250 psig) de presión.	con el Numeral 5.15.2 de la NTP 321.123.
9	Los vaporizadores de fuego directo de cualquier capacidad serán ubicados de acuerdo con la Tabla 14 (Separación mínima entre vaporizadores a fuego directo y exposiciones) de la NTP 321.123.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.17.2 de la NTP 321.123.

h) Tanques mayores a 2000 galones de capacidad o ubicados en plantas industriales

N°	CONDICION	BASE LEGAL
1	Los tanques de más de 7,57 m3 hasta 15,14 m3 (2,001 gal a 4,000 gal) en ubicaciones diferentes a plantas industriales deberán cumplir con la Tabla 3 (Requerimientos de conexiones y accesorios para tanques usados en instalaciones diferentes a las plantas industriales) de la NTP 321.123.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.4.1 de la NTP 321.123
2	Las conexiones de entrada y salida de los tanques de más de 7,57 m3 (2,000 gal) de capacidad de agua deberán presentar una etiqueta o sello que indiquen si se comunican con el espacio de vapor o de líquido.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.8.3 de la NTP 321.123.
3	Los tanques de más de 7,57 m3 hasta 15,14 m3 (2001 gal a 4,000 gal) en plantas industriales deberán estar de acuerdo con la Tabla 4 (Requerimientos de conexiones y accesorios para plantas industriales) de la NTP 321.123.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.4.1 de la NTP 321.123.
4	Los tanques de más de 15,14 m3 (4000 gal) de capacidad de agua deberán estar equipados de acuerdo con la Tabla 4	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.4.2 de la NTP 321.123.
5	Los requerimientos de los accesorios para las conexiones de entrada y salida de tanques en plantas industriales deberán cumplir con la Tabla 4.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.4.3 de la NTP 321.123.
6	Los tanques mayores de 15,14 m3 (4,000 gal) de capacidad de agua también deberán estar equipadas con los siguientes accesorios: a. Una válvula de alivio interna del tipo de resorte, completamente interna tipo al ras o válvula de alivio de presión externa.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.4.4 de la NTP 321.123.

	b. Un medidor fijo de nivel máximo de líquido. c. Un medidor de nivel flotante, rotativo, de tubo deslizante, o una combinación de estos medidores. d. Un medidor de presión (manómetro). e. Un medidor de temperatura (termómetro).	
7	Las instalaciones con múltiples tanques en superficie, compuestas por tanques que presentan una capacidad de agua individual de 45,42 m3 (12000 gal) o mayores, instaladas para el uso en una ubicación única, deberán limitarse al número de tanques por grupo y a la separación de un grupo respecto del otro que se encuentren en concordancia con el grado de protección previsto en la Tabla 9 (Número máximo de tanques en un grupo y sus distancias).	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.2.1 de la NTP 321.123.
8	Los requerimientos siguientes deberán cumplirse para las válvulas internas en servicio líquido que han sido instaladas en tanques mayores de 15,14 m3 (4000 gal) de capacidad de agua: a. El corte automático de las válvulas internas en servicio para líquidos, deberán estar provistas de accionamiento térmico (por fuego). El elemento térmico deberá encontrarse a no más de 1,5 m (5 pies) de la válvula interna. b. Al menos una estación de corte remoto para válvulas internas en servicio de líquido, deberá estar a no menos de 7,6 m (25 pies) y a no más de 30 m (100 pies) desde el punto de transferencia de líquido. Esto será retroactivo para toda válvula interna requerida por esta NTP. c. Las estaciones para corte remoto de emergencia, deberán estar identificadas por un aviso que incluya las palabras "Válvula de Corte de Emergencia de Tanque de GLP Líquido" en letras de molde de no menos de 51 mm (2 pulgadas) de altura sobre un fondo de color contrastante con las letras.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.8 de la NTP 321.123.
9	Un sistema de protección contra incendio deberá ser considerado para instalaciones con una capacidad de agua total de más de 15,14 m3 (4 000 gal).	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.22.2 de la NTP 321.123.
10	El método de protección contra incendio deberá ser especificado en una reseña escrita sobre la prevención de	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia

	fuga del producto y preparación contra incidentes. Esta deberá ser presentada por el propietario, operador u otro designado por estos, a la autoridad competente, debiendo ser actualizada cuando la capacidad de almacenamiento y/o el sistema de transferencia sea modificado. Esta reseña deberá ser una evaluación del sistema de control total del producto, tal como las válvulas de cierre de emergencia e internas equipadas para cierre remoto y corte automático usando actuadores térmicos (fuego) de protección con un conector de seguridad por arrastre de cierre automático (Pull Away), cuando estén instaladas, y la opción de requerimientos de los subcapítulos 6.23.1 al 6.23.4.	con el Numeral 6.22.2 de la NTP 321.123.

i) Instalacion de válvula de cierre de emergencia

N°	CONDICION	BASE LEGAL
1	Las válvulas de cierre de emergencia deberán ser aprobadas y deberán tener incorporado todos los medios de cierre siguientes: a. Cierre automático a través de un actuador térmico (fuego). b. Cierre manual desde una ubicación remota. c. Cierre manual en la ubicación de la instalación.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.9.12 de la NTP 321.123.
2	En nuevas instalaciones y en instalaciones existentes, los sistemas de almacenamiento de tanques con una capacidad agregada de agua de más de 15.14 m3 (4000 gal) que utilicen una línea de transferencia de líquido de 39 mm (1-1/2 pulgadas) o mayor y una línea de compensación de presión de vapor de 32 mm (1-1/4 pulgadas) o mayor, deberán estar equipados con válvulas de cierre de emergencia.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.9 de la NTP 321.123.
3	Se deberá instalar una válvula de cierre de emergencia en las líneas de transferencia del sistema de tubería fija dentro de los 6 m (20 pies) de tubería lineal medidos desde el extremo más cercano a la manguera o tubería articulada.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.9 de la NTP 321.123.
4	Las válvulas de cierre de emergencia serán instaladas de forma tal que el elemento sensible a la temperatura en la válvula, o un elemento sensor de la temperatura	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia

	suplementario 121 ºC (250 ºF) máximo) conectado para accionar la válvula, no se encuentre a más de 1,5 m (5 pies) del extremo más cercano de la manguera o de la tubería articulada conectada a la línea en la cual está instalada la válvula. Los elementos sensores de temperatura de las válvulas de cierre de emergencia no deberán ser pintados ni tendrán ninguna terminación ornamental aplicada luego de su fabricación.	con el Numeral 6.9 de la NTP 321.123.
5	Las válvulas de cierre de emergencia o las válvulas de retención deberán instalarse en la tubería fija de modo que cualquier rotura resultante de una tracción ocurra del lado de la conexión que corresponde a la manguera o tubería articulada, manteniendo intactas las válvulas y tubos en el lado que corresponde a la planta.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.9 de la NTP 321.123.
6	La correcta operación de las válvulas de cierre de emergencia y las válvulas de retención especificada en este código deberán ser probadas anualmente de acuerdo a lo requerido por el subcapítulo 5.9.12. Los resultados de las pruebas deberán quedar documentados en el libro de registro de la instalación.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.9 de la NTP 321.123.
7	Toda válvula de cierre de emergencia deberá cumplir con lo siguiente: a. Cada válvula de emergencia deberá tener por lo menos un dispositivo de cierre de emergencia remoto operado manualmente, fácilmente accesible y claramente identificado. b. El dispositivo de cierre deberá ubicarse a una distancia no menor de 7,6 m (25 pies) ni mayor de 30,5 m (100 pies) en la vía de salida desde la válvula de cierre de emergencia. c. Cuando una válvula de cierre de emergencia es utilizada en vez de una válvula interna en cumplimiento con el subcapítulo 5.4.2(c)(2), el dispositivo remoto de cierre deberá ser instalado de acuerdo con el subcapítulo 6.8.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.9 de la NTP 321.123.

j) Instalacion de tubería y punto de transferencia desplazado

<table>
<tr><th>N°</th><th>CONDICION</th><th>BASE LEGAL</th></tr>
<tr><td>1</td><td>Las tuberías que pueden contener GLP líquido y que pueden estar aislados por válvulas y que requieran de válvulas de alivio hidrostático, deberán tener una presión de operación de 2,4 MPa manométrica (350 psig) o una presión que sea equivalente a la máxima presión de descarga de alguna bomba u otra fuente de alimentación al sistema de tuberías si es mayor que 2,4 MPa manométrica (350 psig).</td><td>Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.9.2 de la NTP 321.123.</td></tr>
<tr><td>2</td><td>Los accesorios para tuberías metálicas deberán tener una presión mínima nominal de acuerdo con lo especificado en la Tabla N° 5: Rango de presión de servicio de tubos, tuberías, accesorios y válvulas.
<table>
<tr><th>SERVICIO</th><th>PRESION MINIMA</th></tr>
<tr><td>Mayor que la presión del tanque.</td><td>2,4 MPa manométrica (350 psig) o a la presión de diseño, cualquiera sea la más alta, ó 2,8 MPa manométrica (400 psig) índice WOG.</td></tr>
<tr><td>GLP líquido o vapor de GLP a una presión de operación mayor a 0,9 MPa manométrica (125 psig) y a una presión igual o menor que del tanque.</td><td>1,7 MPa manométrica (250 psig).</td></tr>
<tr><td>GLP vapor a una presión de operación de 0,9 MPa manométrica (125 psig) o menor.</td><td>0,9 MPa manométrica (125 psig).</td></tr>
</table></td><td>Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.9.6 de la NTP 321.123.</td></tr>
<tr><td>3</td><td>Las mangueras, conexiones para manguera y conexiones flexibles, deberán ser fabricados de un material que sea resistente a la acción del GLP tanto líquido como vapor. Si se utiliza malla de alambre como refuerzo, este deberá ser de un material resistente a la corrosión tal como el acero inoxidable.</td><td>Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.9.8 de la NTP 321.123.</td></tr>
</table>

4	Las válvulas tendrán un rango de presión de servicio como el especificado en la Tabla 5 de la NTP 321.123.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.9.10 de la NTP 321.123.
5	Las válvulas de alivio hidrostático deberán ser diseñadas para aliviar la presión que puede desarrollarse en la sección de la tubería de líquido entre válvulas de corte que están cerradas y deberán tener una presión de ajuste no menor de 2,8 MPa manométrica (400 psig) o mayor de 3,5 MPa manométrica (500 psig) a menos que sea instalado en sistemas diseñados para operar por encima de los 2,4 MPa manométrica (350 psig). Las válvulas de alivio hidrostático para uso en sistemas diseñados para operar por encima de los 2,4 MPa manométrica (350 psig) deberán estar ajustados a no menos del 110 % ni a más del 125 % de la presión de diseño del sistema.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 5.10.1 de la NTP 321.123.
6	Las tuberías en superficie deberán estar soportadas y protegidas contra daño físico contra vehículos.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.6.3.13 de la NTP 321.123.
7	Los tubos y tuberías enterrados deberán ser instalados con un mínimo de 300 mm (12 pulgadas) de cubierta. La cubierta mínima será incrementada a 460 mm (18 pulgadas) si se esperan daños al tubo o a la tubería por fuerzas externas. Si no pudiera mantenerse el mínimo de 300 mm (12 pulgadas) de cubierta, la tubería deberá instalarse dentro de un conducto o instalarse puenteada (protegida). Cuando las tuberías enterradas se ubiquen por debajo de caminos de entrada, caminos o calles, deberá tenerse en cuenta la posibilidad del daño ocasionado por vehículos.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.6.3.15 de la NTP 321.123.
8	Si el punto de transferencia de tanques ubicados en el exterior en instalaciones estacionarias no está ubicado en el tanque, éste deberá ser ubicado de acuerdo con la Tabla 11.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.3.1 de la NTP 321.123.
9	Las distancias en la Tabla 11, partes B, C, D, E, e I podrán ser reducidas a la mitad cuando el sistema incorpore las provisiones de transferencia de baja emisión previstas en el subcapítulo 6.23.4.	Artículo 19° del Decreto Supremo N° 065-2008-EM, en concordancia con el Numeral 6.3.3 de la NTP 321.123.

Tanques Estacionarios para Exportación

International Tanks for LPG

ARCOSA TANK

Aboveground Tanks

Underground Tanks

TATSA

ABOVEGROUND TANKS

MODELO / MODEL		CAPACIDAD NOMINAL / NOMINAL CAPACITY		TARA / WEIGHT		DIAMETRO / DIAMETER A		ANCHO ENTRE PATAS / WIDTH BETWEEN SUPPORTS (B)		DISTANCIA ENTRE PATAS / DISTANCE BETWEEN SUPPORTS (B)		LONGITUD TOTAL / OVERALL LENGTH (D)		ALTURA TOTAL / OVERALL HEIGHT C	
Litros / Liters	U.S. Galones / U.S. Gallons	Litros / Liters	U.S. Galones / U.S. Gallons	Kg	Libras / Pounds	Metros / Meters	Pulgadas / Inches	Metros / Meters	Pulgadas / Inches	Metros / Meters	Pulgadas / Inches	Metros / Meters	Pulgadas / Inches	Metros / Meters	Pulgadas / Inches
946	250	965	255	214.1	472	0.80	31.5	0.32	12 3/4"	1.07	3'-6"	2.20	7'-2 1/2	1.00	3'-3 3/4
1,893	500	1,885	498	395.1	871	0.95	37.4	0.38	15"	1.52	5'-0"	2.99	9'-10"	1.16	3-9 3/4
4,732	1,250	4,698	1,241	907	1,999	1.04	40.96	0.41	16 1/4"	3.89	153 7/16"	5.9	235"	1.25	4'-1 3/8"
7,570	2,000	7,488	1,978	1423	3,137	1.04	40.96	0.483	19"	4.94	194 1/2"	9.32	367 1/16"	1.27	50 1/8"

UNDERGROUND TANKS

MODELO / MODEL		CAPACIDAD NOMINAL / NOMINAL CAPACITY		TARA / WEIGHT		DIAMETRO / DIAMETER A		LONGITUD TOTAL / OVERALL LENGTH (D)		ALTURA TOTAL / OVERALL HEIGHT (Riser Height) 24" / 36" / 48"			
Litros / Liters	U.S. Galones / U.S. Gallons	Litros / Liters	U.S. Galones / U.S. Gallons	Kg	Libras / Pounds	Metros / Meters	Pulgadas / Inches	Metros / Meters	Pulgadas / Inches	Metros / Meters	Pulgadas / Inches	Metros / Meters	Pulgadas / Inches
946	250	965	255	214.1	472	0.80	31.5	2.20	7'-2 1/2	1.35	4'-5 3/8"	1.61	5'-3 3/8
1,893	500	1,885	498	417.8	971	0.95	37.4	2.99	9'-10"	1.51	4'-11 3/4"	1.77	5'-9 7/8
4,732	1,250	4,698	1,241	907	1,999	1.04	40.96	5.96	235"	1.57	5'-2"	1.86	6'-1 3/8"

Arcosa Industries de México, S. de R.L. de C.V.
Monte Pelvoux 111 Piso 7 Col. Lomas de Chapultepec, C.P. 11000 México, D.F.
Tel: (52)-(55) 5201-7000 / LADA SIN COSTO: 01-800-715-93-45
www.tatsa.com.mx

Características Generales

Diseñados y fabricados de acuerdo con el Código ASME, Sección VIII; Div. 1; edición 2017.
El acero cumple con las especificaciones A.S.T.M.

ESPECIFICACIONES
Presión de diseño 17.58 kg/cm2.
Temperatura de diseño 51.6°C.

Presión de prueba hidrostática:
22.84 kg/cm2. min.
27.77 kg/cm2. max.

VÁLVULAS Y ACCESORIOS	CONEXIONES DE ENTRADA	CONEXIONES DE SALIDA
Multiválvula.	3/4" NPT	3/4" NPT
Válvula de llenado.	1 1/4" NPT	1 1/4" NPT
Válvula de exceso de flujo "Chek Lok".	3/4" NPT	3/4" NPT
Válvula de seguridad:		
De 120 a 320 WG	3/4" NPT	3/4" NPT
500 WG	1" NPT	1" NPT
1000 WG	1 1/4" NPT	1 1/4" NPT
Cople para drenado.		
(Sólo en tanques de 500 y 1000 WG).		
Medidor mágnetico de nivel de liquidos.	1"	1"
Domo.		

VÁLVULAS Y ACCESORIOS (Equipo básico para capacidades de 120 y 150 WG)	CONEXIONES DE ENTRADA	CONEXIONES DE SALIDA
Válvula de servicio.	3/4" NPT	Punta pol
Válvula de llenado.	1 1/4" NPT	1 3/4" ACME
Válvula de seguridad.	3/4" NPT 1 1/4"NPT	
Medidor mágnetico de nivel de liquidos.	1" , 2 1/2"	
Domo.		

ACABADO
Preparación de superficie cumpliendo con el estándar internacional de la sociedad de Recubrimientos Protectores (SSPC) mediante blasteo abrasivo hasta alcanzar un metal cercano a blanco SSPC-SP10.

Interior limpio, pintura 100% poliuretano en color blanco

General Specifications

Designed and manufactured in accordance with edition 2017 of ASME Code for Pressure Vessels, Section VIII, Div. 1.
Manufactured with steel meeting A.S.T.M. standards.

SPECIFICATIONS
Design pressure at 250 PSI
Design temperature 125°F
Hydrostatic test pressure at:

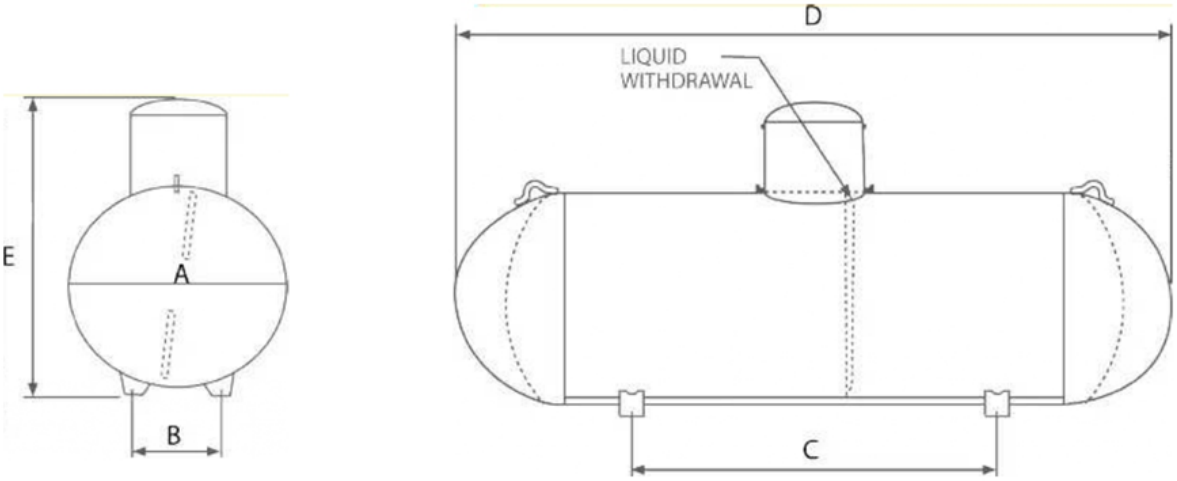
325 PSI min.
395 PSI max.

VALVES AND FITTINGS	INLET CONNECTION	OUTLET CONNECTION
Multivalve.	3/4" NPT	Pol Connection
Service valve.	1 1/4" NPT	1 3/4" ACME
"Chek Lok" valve.	3/4" NPT	3/4" NPT
Safety Relief valve :		
From 120 to 320 WG	3/4" NPT	
500 WG	1" NPT	
1000 WG	1 1/4" NPT	
Drain coupling provided only in		
500 to 1000 wg.		1 1/4"
Liquid level magnetic gauge.	1"	
Dome.		

VALVES AND FITTINGS (Basic Equipment for 120 & 150 capacities)	INLET CONNECTION	OUTLET CONNECTION
Service valve.	3/4" NPT	Pol Connection
Filler valve.	1 1/4" NPT	1 3/4" ACME
Safety Relief valve.	3/4" NPT	
Liquid level magnetic gauge.	1"	
Dome.		

VESSEL FINISH
Surface preparation in compliance with the standard of International Society of Protective Coatings (SSPC) by abrasive blasting until obtaining a metal close to white SSPC-SP10.

Internal clean. 100% Polyurethane Paint in white.



Última revisión: México, D.F. 19 de Septiembre del 2018.

Last revision: Mexico, D.F. September 19th 2018.

Caldera de Vapor

CARACTERISTICAS TECNICAS

A.- VALVULA DE ALIVIO: Seleccionada según el tamaño de la caldera y presión de diseño, esta actúa cuando existe una sobre presión en la caldera

B.- PRESOSTATO: controla Automáticamente la presión de la Caldera, apagando y encendiendo el Quemador

C.- MANOMETRO CON GLICERINA: Indica la Presión interna de la Caldera

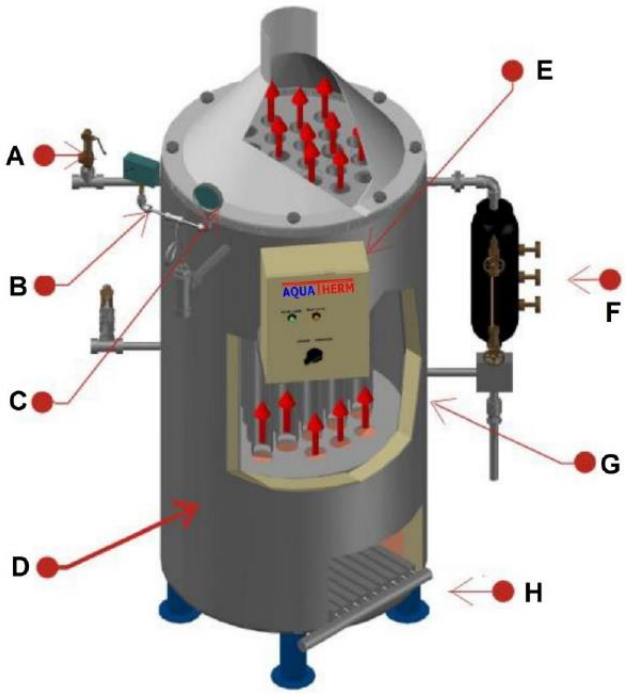
D.- CHAQUETA O CUBIERTA: En Acero inoxidable 304L, libre de mantenimiento y resistente a la corrosión

E.- TABLERO DE CONTROL: Con iluminación de pilotos indicadores de la marcha del caldero, con Alarma sonora, controlador de Temperatura, etc. Para el funcionamiento automático de la caldera

F.- CONTROL DE NIVEL: Con electrodos Warrant de alta sensibilidad, sin partes móviles

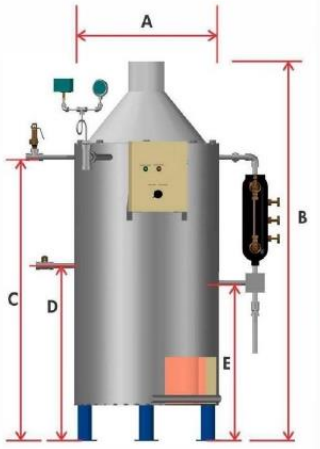
G.- AISLANTE TERMICO: El aislante es de lana de fibra de vidrio

H.- QUEMADORES ATMOSFÉRICOS: En acero inoxidable de tamaño, según la potencia de la caldera, son totalmente silenciosos y de gran potencia



DETALLES TECNICOS

Detalle	Medida	Detalles Tecnicos					
Modelo		CVG-03	CVG-05	CVG- 7.5	CVG-10	CVG-15	CVG-20
Potencia	HP	3.0	5.0	7.5	10.0	15.0	20.0
	kcal./hr.	25,307.00	42,177.00	63,266.00	84,355.00	126,532.00	168,710.00
	Btu/hr.	100,215.72	167,020.92	250,533.36	334,045.80	501,066.72	668,091.60
Rendimiento de Vapor	kg./hr.	47.00	78.25	117.40	156.50	234.50	313.00
Area de Calefacción	m2	1.64	2.72	4.33	6.76	10.40	12.68
Presión de Diseño	kg./cm2	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50	10.50
Diametro (A)	mm.	530.00	610.00	760.00	880.00	950.00	950.00
Altura (B)	mm.	1,300.00	1,500.00	1,750.00	2,000.00	2,340.00	2,340.00
Salida de Vapor (C)	mm.	930.00	1,135.00	1,360.00	1,490.00	1,815.00	1,815.00
entrada de Agua (D)	mm.	577.00	675.00	735.00	913.00	1,215.00	1,215.00
Purga (E)	mm.	434.00	525.00	530.00	663.00	765.00	765.00
Conexiones	Vapor (F)	1/2"	3/4"	1"	1"	1"	1.1/2"
	Agua (G)	1/2"	3/4"	3/4"	1"	1"	1"
	Purga (H)	1/2"	1/2"	3/4"	1"	1"	1"
	Gases (I)	4"	6"	7"	8"	10"	10"
Consumos Máximos	Agua (Lit./hr.)	46.9	78.2	117.4	156.5	234.8	313.0
	Gas.L.P (gal./hr.)	1.03	1.72	2.58	3.45	5.17	6.89
	Gas Natural						
Carga Electrica	Tensión (V.)	220.00	220	220	220	220	220
	Motor (HP)	0.75	0.75	0.75	1.0	1.0	1.0
Peso de Caldera	Vacio (Kg.)	200.0	250.0	450.0	750.0	750.0	1,950.0
	Operación (kg.)	240.0	320.0	580.0	940.0	940.0	2,380.0



AQUATERMICA SAC
Calle Portada del Sol 885 – Urb. Zarate – S.J.L.
Telf.: 01-6479132 / Cel. 979728145

STERIFLASH™

La Solución para el Tratamiento de Residuos Médicos In Situ

ST200

COMTEM™

200 — 200 litros de capacidad del tanque

-85% — 85% reducción de volumen
Menor coste €/kg por residuos

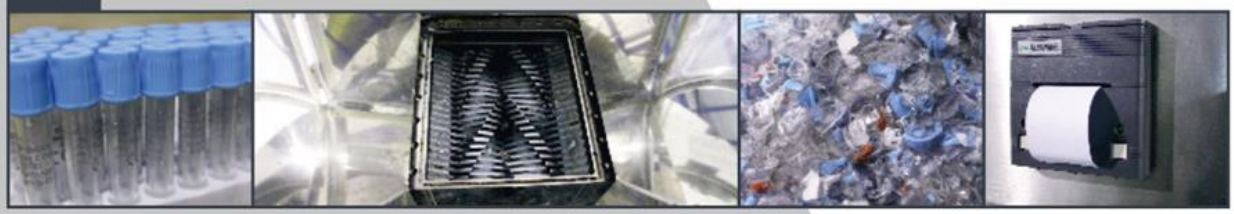
Solución para el tratamiento de residuos sanitarios peligrosos para la salud (HHCV).

CERTIFICADO ISO 9001 CALIDAD

CERTIFICADO ISO 14001 MEDIO AMBIENTE

CE CERTIFICADO CE

CERTIFICADO PYME INNOVADORA



www.comtem.net

STERIFLASH™
ST200

Tipos de deshecho

- Jeringuillas y Agujas
- Bisturies y Otros Instrumentos Metálicos
- Placas de Petri y Tubos de Ensayo
- Contenedores de Plástico
- Filtros de Diálisis
- Viales
- Paños y Otros Tejidos
- Gasas y No-Tejidos
- Papel
- Material Orgánico
- Vidrio y Cristal
- Otros Residuos Biomédicos

Campos de aplicación

- Hospitales
- Clínicas
- Clínicas especializadas
- Ambulatorios
- Residencias geriátricas con servicios médicos
- Laboratorios de analíticas
- Laboratorios hospitalarios de microbiología
- Centros de diálisis
- Hospitales de campaña
- Prácticas veterinarias (agrupadas)
- Consultorios médicos
- Sanidad militar
- Bomberos
- Servicios de tratamiento a domicilio
- Escuelas
- Laboratorios científicos
- Centros de eliminación de residuos
- Penitenciarios

APLICACIONES
sectores de actividad

Tratamiento de Residuos Peligrosos para la Salud (HHCW)
Tratamiento de líquidos infecciosos
Tratamiento de Residuos Animales
Tratamiento de Residuos en Puertos y Aeropuertos

Steriflash® trata los Residuos Sanitarios Peligrosos (HHCV) en el mismo centro donde son generados, transformándolos en residuos comunes de basura doméstica mediante un proceso rápido y sencillo.

Principio de funcionamiento:

Se depositan los residuos en la tolva.
Los residuos se trituran mecánicamente y se depositan en el tanque de tratamiento.

Se inicia el ciclo de tratamiento automáticamente con la inyección de vapor húmedo saturado suministrado por Generadores de vapor, alcanzando una temperatura de 135ºC a una presión de 3,2 Bares durante 20 minutos.

La puerta frontal se abre automáticamente y los residuos sólidos son vertidos en un recipiente. Los residuos líquidos son filtrados, enfriados y descontaminados y se evacúan a la red de desagüe.

Vigilancia y control del proceso:

La pantalla del operador informa en todo momento sobre el proceso de cada ciclo y los valores de temperatura y presión del tanque de tratamiento.

Un control automático almacena en un registro los datos de los últimos ciclos efectuados.

Seguridad:

- Los dispositivos de seguridad, evitan que el triturador gire cuando las puertas están abiertas.
- Los gases se expulsan a través de un filtro microbiológico HEPA
- Los residuos líquidos se descontaminan y enfrían antes de ser evacuados al alcantarillado
- El triturador se encuentra integrado dentro de la cámara de contaminación, siendo por lo tanto tratado en cada ciclo.
- Los componentes eléctricos y electrónicos se encuentran en un cuadro eléctrico integrado independiente.
- Cada máquina se entrega con su propia declaración de certificado CE.

Ventajas del sistema

- Tecnología limpia y ambientalmente segura.
- Sin radiación.
- Sin microondas.
- Fácil manejo:
  Todos los elementos se encuentran en sus instalaciones.
  Documentación de conformidad automática.
- Ahorro de costes:
  Se reducen los costes operativos al reducir el coste de manejo de residuos biomédicos.
- Reducción de riesgos:
  No es necesario manejar varias veces o almacenar los desechos biomédicos.
- Simplicidad:
  No se necesitan accesorios o bolsas especiales.

Opciones:

- Sistema automático para el llenado de cubos de residuos procesados.
- Pantalla con mando a distancia.
- Dientes de trituración adaptables.
- Sistema de presión vertical automatizada de residuos.
- Centralización de datos.
- Conexión Ethernet.
- Diagnóstico y reparación a distancia por módem e Internet.
- Registros de almacenaje de datos de ciclos

DIMENSIONES EN MM.

EL PRESENTE DOCUMENTO ES ÚNICAMENTE INFORMATIVO SIN VALOR CONTRACTUAL. LAS FOTOGRAFÍAS E INFORMACIÓN PUEDEN ESTAR SUJETAS A CAMBIOS.

COMTEM™
C/ Ibi, 2
Polígono Industrial Algars
03820 Cocentaina (Alicante)
Spain
T: +34 965 590 315
F: +34 965 330 328
E: info@comtem.net

JAMPAR
"Calidad y Servicios a *precios bajos*"

ESPECIFICACIONES GENERALES:

La autoclave horizontal, adopta el modo de intercambio por gravedad para liberar el aire frío de la cámara de manera más completa para asegurar la esterilización confiable. El sistema de control ajusta automáticamente la entrada y salida de vapor de acuerdo con la temperatura de la cámara durante la esterilización. Esta unidad es un equipo ideal para clínicas, institutos de investigación científica y otras organizaciones para esterilizar instrumentos quirúrgicos, tejidos vidriados y medios de cultivo, etc.

- Control automático del proceso de esterilización, fácil de operar.
- Con función de secado, adecuado para el secado de ropa médica
- Con protección de sobreteperatura y sobrepresión.
- La puerta no se puede abrir hasta que la presión en la cámara se reduzca a 0.027 Mpa, y la unidad no se puede iniciar si la puerta no cierra bien.
- La válvula de seguridad se abrirá automáticamente cuando la presión interna supere los 0,24 Mpa y el vapor se agote en el tanque de agua.
- Corta automáticamente la energía si ocurre la falta de agua, y alarma mientras tanto.
- La cámara del esterilizador está hecha de acero inoxidable.
- Con impresora.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

- **Volumen de la cámara de esterilizador:** 150 Litros / ϕ 440 x 1000
- **Presión de trabajo:** 0.22 Mpa
- **Rango de temperatura de ajuste:** 40℃ ~ 134℃
- **Tiempo de esterilización:** 0 ~ 99 min
- **Tiempo de secado:** 0 ~ 99 min
- **Calor promedio:** ≤±2°C
- **Energía:** 9Kw / 220V
- **Dimensión:** 1400 x 650 x 1600
- **Dimensión de Transporte:** 1560 x 820 x 1820
- **Peso Neto:** 340 Kg
- **Peso Bruto:** 430 Kg

sole

TERMA SOLE GAS TEMPERATURA CONSTANTE 13 L

CARACTERISTICAS	
Nombre	Terma a Gas temperatura constante
Marca	Sole
Código SAP (GLP)	3121SOLEGAS13TCT
Código EAN	7756514009307
Capacidad	13 L x minuto
Potencia	26 kW
Modelo	paso continuo
Tipo	B
Entrada de los puntos de agua	por abajo
Ingreso y salida de agua	½"
Color	Blanco
Combustible	GLP / GN
Inyectores	13
Quemadores	13
Encendido	Eléctrico a pilas
Origen	China

Dispositivos de Seguridad
1. Termocupla
Corta el flujo de gas en caso la llama se apague repentinamente
2. Sensor de revoco de gases
Corta el flujo de gas en caso los gases de la combustión retornen
3. Sensor contra recalentamiento del agua (85°C)
Corta el flujo de gas en caso la presión del agua disminuye
4. Válvula de desfogue por exceso de presión
5. Sistema contra congelamiento

Dimensiones (cm)	
alto/ancho/fondo	63,6 x 35 x 22,5
Ducto de evacuación (diámetro interno)	12,8

Consumo de Gas (aprox.)	Kg / hr
GLP	1,88

Presión de Agua	
Presión de activación	8 PSI

Presión de Gas	
GLP	28 / 32 mbar

Garantía	5 años en el intercambiador de calor y 3 años en el resto de componentes

Incluye	
Pantalla digital de temperatura	SI
Perilla de control de gas	SI
Perilla de control de caudal de agua	SI
Pilas	SI
Interruptor de seguridad (encendido automático)	SI
Visor de llama	SI
Luz piloto, indicador de pilas agotada	SI
Kit de instalación	SI
Instalación gratuita	SI

OTROS

- Los calentadores Sole Gas Paso Continuo son de encendido automático controlado por el flujo de agua al abrir la perilla.
- La protección de auto-corte se activará de manera inmediata frente a un desperfecto en la combustión, cortando el flujo de gas (termocupla / descontrol de flama).
- El ahorro de energía es controlado por la modulación semi automática del producto logrando una mayor comodidad y ahorro de energía.

RECOMENDACIONES Y/O PRECAUCIONES

1. No use el calentador de agua en una habitación cerrada o un lugar con poca circulación de aire. PROHIBIDO INSTALAR DENTRO DEL BAÑO.
2. El ducto de desfogue será instalado para evacuar los gases de combustión al exterior.
3. Durante el funcionamiento, si se percatara de alguna fuga de gas, debe cerrar la válvula de gas inmediatamente. Si la habitación estuviese llena de gas, no debe encender el calentador con el fin de evitar una explosión. Es necesario que la causa de la fuga sea revisada y reparada.
4. Antes de salir de casa o ir a dormir, asegúrese de cortar el flujo de gas.
5. No obstruya el ducto de desfogue o la entrada de aire con el fin de evitar envenenamiento originado por la combustión incompleta.
6. Durante el funcionamiento, ponga atención a la situación de la combustión. Si existiera una combustión anormal, deberá cerrar la válvula de gas inmediatamente y contactar al servicio técnico o la compañía de gas para el mantenimiento correspondiente.
7. Cambie las pilas cada cierto tiempo para que el calentador funcione correctamente.
8. Si no se usa el calentador por tiempos prolongados, retire las pilas para evitar que se sulfaten.

DIAGRAMA DE INSTALACIÓN

SDS SA0000-508

VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DE ACCIÓN DIRECTA PARA VAPOR Y AIRE

MODELO DR20

VÁLVULA COMPACTA REDUCTORA DE PRESIÓN, DE ACCIÓN DIRECTA, DE ACERO INOXIDABLE, PARA VAPOR Y AIRE

Características

Válvula reductora de presión, extremadamente compacta para uso en pequeños equipos de proceso.

1. Válvula reductora de presión excepcionalmente ligera y compacta.
2. Los internos son de construcción totalmente en acero inoxidable con alta durabilidad y resistencia a la corrosión para una larga vida útil.
3. Presión secundaria estable.
4. Alto rango de flujo para su clase.
5. Capaz de reducir la presión en una relación 30:1.
6. Fácil de operar y ajustar.
7. Filtro incorporado asegura una operación libre de problemas.

Para instalar en tuberías horizontales (con la manija de ajuste viendo hacia arriba).

Patentado

Especificaciones

Modelo		DR20-2	DR20-6	DR20-10
Conexión		Roscada		
Tamaño (mm)		15, 20, 25		
Presión máxima de operación (barg)	PMO	16		
Temperatura máxima de operación (°C)	TMO	220		
Rango de presión primaria (barg)		2 – 16		6 – 16
Rango de presión ajustada (barg)		0.14 - 2, pero no menos que $^1/_{30}$ de la presión primaria	1.8 – 6	5.4 – 10
		La presión secundaria no debe exceder el 90% de la presión primaria		
Fluidos aplicables*		Vapor, aire		

* No utilizar para fluidos tóxicos, flamables o fluidos peligrosos.

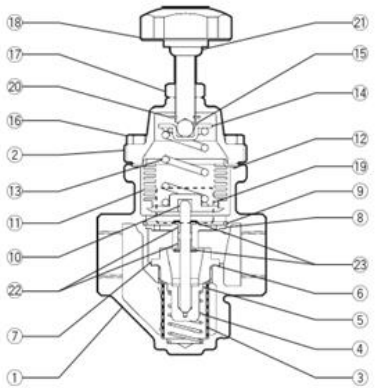
1 bar = 0.1 MPa

PRESIÓN DE DISEÑO (**NO** CONDICIONES DE OPERACIÓN): Presión máxima permisible (barg) PMA: 20
Temperatura máxima permisible (°C) TMA: 220

Nº	Descripción	Material	JIS	ASTM/AISI*
①	Cuerpo	Fund. Acero inox	—	A351 Gr.CF8
②	Cubierta	Fund. Acero inox	—	A351 Gr.CF8
③V	Filtro	Acero inoxidable	SUS430	AISI430
④V	Resorte	Acero inoxidable	SUS304	AISI304
⑤V	Válvula principal	Acero inoxidable	SUS420F	AISI420F
⑥MV	Empaque asiento válvula	Resina de flúor	PTFE	PTFE
⑦V	Asiento de válvula	Acero inoxidable	SUS420F	AISI420F
⑧S	Espaciador	Fund. Acero inox	—	A351 Gr.CF8
⑨	Anillo de retención	Acero inoxidable	SUS304	AISI304
⑩S	Vástago	Acero inoxidable	SUS303	AISI303
⑪B	Fuelle	Acero inoxidable	SUS316L	AISI316L
⑫MSVB	Empaque cubierta	Resina de flúor	PTFE	PTFE
⑬	Resorte	Acero inoxidable	SUS303	AISI303
⑭	Guía de resorte	Acero al carbón	SPCC	A109
⑮	Balín	Acero al alto cromo	SUJ2	A485
⑯	Tornillo cubierta	Acero inoxidable	SUS304	AISI304
⑰	Contratuerca	Acero inoxidable	SUS304	AISI304
⑱	Manija de ajuste	Nylon/acero inoxidable	–/SUS304	–/AISI304
⑲	Placa de identificación	Acero inoxidable	SUS304	AISI304
⑳	Anillo de retención	Acero inoxidable	SUS304	AISI304
㉑	Retenedor	Acero al carbón	SPCC	A109
㉒S	Cojinete de deslizamiento**	Resina polimérica	—	—
㉓S	Anillo de retención**	Acero inoxidable	SUS316	AISI316

* Equivalente ** Incorporados con el espaciador y deben ser reemplazados en conjunto con éste.
Partes de reemplazo disponibles: (M) piezas de mantenimiento, (S) piezas de reparación para el espaciador, (V) piezas de reparación para la válvula principal, (B) piezas de reparación para fuelles

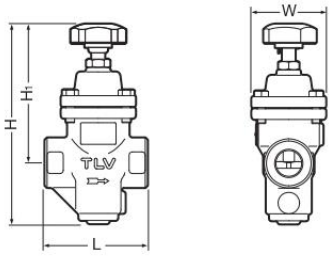
⚠ ATENCIÓN Para evitar operación anormal, accidentes o lesiones serias, NO USE este producto fuera del rango de especificaciones. Regulaciones locales pudiesen restringir el uso de este producto debejo de las condiciones especificadas.



Copyright © TLV

Dimensiones

● **DR20** Roscada



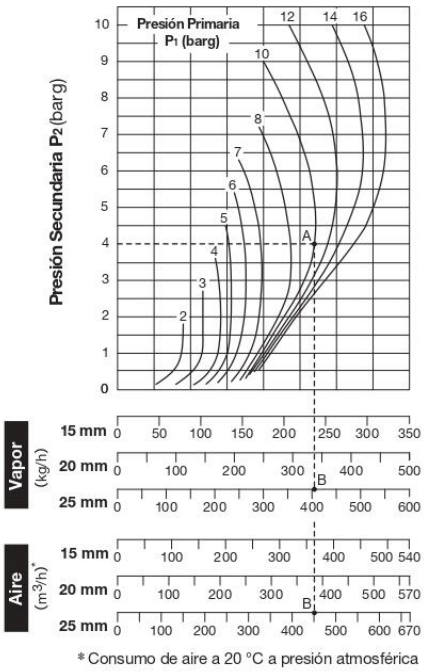
DR20 Roscada* (mm)

Tamaño	L	W	H	H_1	Peso (kg/h)
15	95	69	185	130	1.9
20					1.8
25					

* Rc(PT), otros estándares disponibles

Gráfico de dimensionamiento y gráfico de flujo

El siguiente gráfico se utiliza para dimensionar la DR20 cuando se ajusta al flujo máximo.



* Consumo de aire a 20 °C a presión atmosférica

Ejemplos de Dimensionamiento

Para una presión primaria de 10 barg, presión de ajuste de 4 barg, y un flujo máximo de vapor saturado de 400 kg/h o un flujo de aire de 400 m^3/h, seleccione el tamaño apropiado.

Localice el punto A, donde la presión primaria (P1 =10 barg) se entrecruza con la presión de ajuste (P2 = 4 barg). Desplácese en línea recta desde el punto A hasta alcanzar un tamaño con un rango de flujo nominal superior al rango de flujo deseado. Esto ocurre por primera vez en el punto B de la línea de flujo 25 mm.

- Se debe seleccionar el tamaño de 25 mm.
- Para una presión primaria de 4 barg, se debe seleccionar el modelo DR20-6 (vea la información sobre el rango de presión ajustable mostrada en las especificaciones (al dorso)).

Valores de Cv y Kvs

Tamaño	15	20	25
Cv (US)	2.0	3.0	3.6
Cv (UK)	1.7	25	3.0
Kvs (DIN)	1.7	2.6	3.1

Los valores de Cv y Kvs son para el máximo flujo

Manufacturer
TLV CO., LTD.
Kakogawa, Japan
is approved by LRQA Ltd. to ISO 9001/14001
ISO 9001
ISO 14001

Copyright © TLV