

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE GLP PARA HORNO  
ELÉCTRICO DE 30 TONELADAS EN UNA PLANTA  
SIDERÚRGICA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**ARTURO FLORES CARRIÓN**

**PROMOCION 1998-1**

**LIMA-PERU**

**2011**

## **DEDICATORIA**

*Por el recuerdo de mi madre. Y a mi padre Cirilo  
Flores Chávez, por su gran ejemplo de superación.  
A mí querida esposa Flor y mis hijos Melanie,  
Arturo y Leonardo que son mi motivación diaria.  
A mis hermanos Felicita, Alicia, Gloria, Javier y  
Alfredo, por su gran apoyo en mi formación.*

## ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	VI
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	VII
<b>PRÓLOGO</b> .....	01
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN.</b>	
1.1 Antecedentes.....	03
1.2 Objetivo.....	04
1.3 Alcances.....	04
1.4 Limitaciones.....	04
1.5 Justificación.....	05
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE GLP.</b>	
2.1 El gas licuado de petróleo GLP.....	06
2.1.1 Presión de vapor.....	06
2.1.2 Presión de servicio.....	07
2.1.3 Gravedad específica.....	07
2.1.4 Densidad.....	07
2.1.5 Poder Calorífico.....	08
2.1.6 Calor latente de vaporización.....	08
2.2 Caudales.....	10
2.3 Factor de simultaneidad.....	10
2.4 Recipiente de almacenamiento estacionario.....	11
2.4.1 Capacidad de almacenamiento y autonomía.....	11

## IV

2.4.2	Vaporización de GLP.....	13
2.4.3	Normatividad.....	14
2.5	Vaporizadores.....	22
2.5.1	Clasificación.....	22
2.5.2	Normatividad.....	25
2.6	Tuberías.....	27
2.6.1	Velocidad de conducción.....	27
2.6.2	Pérdida de Carga.....	28
2.6.3	Factor de fricción.....	29
2.6.4	Longitud equivalente.....	30
2.6.5	Normatividad.....	30

### **CAPÍTULO III**

#### **NECESIDAD DE SUMINISTRO DE GLP PARA HORNOS ELÉCTRICOS SIDERÚRGICOS.**

3.1	Descripción del proceso.....	33
3.2	Consumidores de GLP.....	37
3.3	Caudal de consumo.....	39

### **CAPÍTULO IV**

#### **DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE GLP.**

4.1	Recipiente de almacenamiento.....	41
4.2	Cálculo de Evaporadores.....	42
4.3	Dimensionamiento de tuberías.....	43

**CAPÍTULO V**

**PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.**

5.1	Presupuesto.....	45
5.1.1	Metrado de materiales.....	XX
5.1.2	Partida de actividades.....	XX
5.2	Cronograma de actividades.....	XX

**CONCLUSIONES.....XX**

**RECOMENDACIONES.....XX**

**BIBLIOGRAFIA.....XX**

**PLANOS.**

**ANEXOS.**

**INDICE DE TABLAS**

Tabla		Página
1	Propiedades del GLP, Propano comercial (Fuente: Repsol Gas).....	08
2	Características técnicas Quemador KT.....	38
3	Cuadro de consumidores de GLP.....	40

**INDICE DE FIGURAS**

Figura		Página
1	Curva Presión de Vapor vs Temperatura del GLP .....	09
2	Densidad vs Temperatura para GLP comercial.....	09
3	Recipiente Monticulado.....	19
4	Vaporizador de GLP de tipo directo .....	24
5	Vaporizador de GLP de tipo indirecto.....	24
6	Quemador de GLP tipo KT.....	38
7	Horno Eléctrico Siderúrgico.....	39

## PRÓLOGO

El presente informe titulado "Diseño del Sistema de Suministro de GLP para Horno Eléctrico de 30 toneladas en una Planta Siderúrgica" desarrolla el proyecto para una central de almacenamiento para GLP y la tubería principal de suministro hacia un horno eléctrico de 30 toneladas de producción de acero. Se desarrolla en cinco capítulos:

**En el Capítulo 1**, expone el ámbito e importancia del proyecto, su objetivo, alcance y limitaciones.

**En el Capítulo 2**, presenta los conceptos teóricos, normatividad aplicable y descripción técnica de los equipos principales.

**En el Capítulo 3**, describe el proceso siderúrgico, los equipos consumidores y el cálculo de su consumo total de GLP requerido.

**En el Capítulo 4**, se exponen los cálculos de dimensionamiento del recipiente de almacenamiento de GLP, la verificación de la evaporación natural del mismo, la selección de los evaporadores necesarios, los cálculos de dimensionamiento de la tubería principal de suministro.

**En el Capítulo 5**, expone la elaboración del presupuesto de inversión, basado en la estructura desglosada de trabajo (Work Breakdown Structure - WBS). Así también los metrados de materiales involucrados.



En este capítulo también se muestra el cronograma elaborado en base a las actividades de la WBS, y la secuencia que debe guardar una de otra, hasta la culminación del proyecto.

**Conclusiones**, resume los resultados obtenidos. Recomendaciones, resalta los aportes del trabajo para el desarrollo de proyectos similares.

**Bibliografía**, presenta la colección de libros e informaciones consultadas para el desarrollo del proyecto.

**Planos**, son aquellos que sirvieron para el inicio de la ingeniería de detalle y su posterior construcción. Tenemos un flujo grama del proceso, el plano de tuberías de la central de almacenamiento, la tubería principal y su recorrido, una vista de elevación del recipiente dentro del esquema monticulado y su recubrimiento con arena y finalmente un plano del tanque de almacenamiento con su accesorios.

**Anexos**, aquí se detallan los cálculos de ingeniería y los catálogos de equipos utilizados.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **1.1. ANTECEDENTES**

Los tradicionales Hornos Eléctricos Siderúrgicos, utilizan la energía eléctrica y la combustión del oxígeno, como principales fuentes de energía para el proceso de fundición. Sin embargo existen modernos hornos eléctricos, que utilizan adicionalmente quemadores a gas natural o GLP, que proporcionan una llama continua, que incrementa notablemente su eficiencia.

El horno eléctrico adquirido por la empresa, es un moderno horno de alta eficiencia, con quemadores de GLP incorporado, el cual reemplaza a dos antiguos hornos. Su alta eficiencia permite tener una capacidad de producción mensual equivalente a la producción de dos antiguos hornos.

Ante la necesidad de suministro de GLP para el nuevo horno, se inició el proyecto para la concepción de una central de almacenamiento con la capacidad necesaria para una operación continua del horno eléctrico y equipos auxiliares. El diseño de la central estaría basado en las normas técnicas peruanas NTP321.123-2009 y NTP321.121-2008 e internacionales NFPA, ASME y API, principalmente aplicables en el sector de hidrocarburos.

**1.2. OBJETIVO**

Diseñar un sistema de suministro de GLP para un horno eléctrico siderúrgico de 30 toneladas de capacidad instalada.

**1.3. ALCANCES**

El sistema de suministro estará compuesto por una central de almacenamiento con capacidad para 113 m<sup>3</sup> (30000 galones) de GLP líquido, un sistema contra incendio, una batería de evaporadores, la tubería matriz de alimentación hacia el nuevo horno eléctrico y sus equipos auxiliares.

**1.4. LIMITACIONES**

La central abastecerá solo el nuevo horno eléctrico y sus equipos auxiliares. La presión a la salida del regulador primario de la central, será de 0.27 MPa y la tubería de alimentación principal transportará un caudal máximo de 451 Sm<sup>3</sup>/h de GLP vaporizado, a la presión de 0.27 MPa.

El dimensionamiento de la tubería matriz será, desde la salida del regulador primario hasta el ingreso del regulador secundario de los equipos. Las tuberías antes y después del tramo entre reguladores serán suministro de los proveedores de equipos.

No es propósito del presente informe, el diseño de la línea de transferencia de GLP en fase líquida, la protección catódica del recipiente, las cimentaciones de los equipos, las instalaciones eléctricas y de control.

#### **1.4 JUSTIFICACIÓN.**

En la planta siderúrgica es necesaria la instalación de una central de almacenamiento de GLP, con capacidad para asegurar la operación continua de los equipos recientemente adquiridos.

Adicionalmente, podemos indicar que la importancia de esta central de almacenamiento está asociada a la puesta en marcha del nuevo horno eléctrico adquirido, pues este, resolvería los serios problemas de emisiones contaminantes a la atmósfera, originados por los dos hornos existentes, a los cuales reemplazaría.

## CAPÍTULO II

### CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE INSTALACIONES DE GLP.

#### 2.1. EL GAS LICUADO DE PETROLEO GLP

Es una mezcla de hidrocarburos volátiles conformados principalmente por propano ( $C_3H_8$ ) y butano ( $C_4H_{10}$ ), obtenidos de los líquidos del gas natural o de gases de refinería, los cuales pueden ser almacenados y manipulados como líquidos por aplicación de una presión moderada a temperatura ambiente y/o descenso de temperatura. Los GLP más comunes son: el propano comercial y el butano comercial. El propano comercial se usa principalmente como combustible en instalaciones centralizadas para el sector residencial, industrial, comercial y automotriz. El bajo punto de ebullición 228 K (-45 C) del propano hace posible utilizarlo en las condiciones más frías del invierno.

El GLP utilizado en el proyecto proviene de refinería y sus características se indican en la tabla 1 (Fuente: Repsol Gas S.A.).

##### 2.1.1 Presión de vapor.

Es la presión de la fase gaseosa sobre la fase líquida, para una temperatura determinada, en la que la fase líquida y el vapor se encuentran en equilibrio dinámico; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapores presentes mientras existan ambas. La figura 1 muestra la presión de vapor de los principales tipos de GLP, el cual varía directamente proporcional a la temperatura.

### 2.1.2 Presión de servicio.

La presión de servicio es la presión a la que se encuentran las instalaciones de almacenamiento, redes de distribución y equipos consumidores. Estas se clasifican en: Baja presión y Media presión.

- Baja presión (BP):

Hasta 0.005 MPa (50 mmbar).

- Media Presión (MP), existen dos sub.-clasificaciones:

MPA, de 0.005 a 0.04 MPa, MPB, de 0.04 a 0.4 MPa.

- Alta Presión (AP), existen dos sub.-clasificaciones:

APA, de 0.4 a 1.6 MPa, APB, Mayor a 1.6 MPa.

### 2.1.3 Gravedad específica.

Es la medida adimensional y relativa de la densidad de vapor GLP respecto a la densidad del aire a condiciones estándar ( $\rho_{\text{aire}} = 1.22 \text{ kg/Sm}^3$ ). Para el propano comercial la gravedad específica es igual a 1.7 (Tabla 1 DR=1.7).

### 2.1.4 Densidad.

La figura 2 muestra las variaciones de la densidad respecto a la temperatura, para el propano en estado líquido y vapor.

### 2.1.5 Poder calorífico.

El poder calorífico es la capacidad de un combustible a ceder calor cuando está ardiendo. Siendo uno de los productos de la combustión vapor de agua, cuando éste se condensa cede calor, cuando se tiene en cuenta este calor se llama Poder Calorífico Superior (P.C.S) y su valor es 50.1 MJ/kg (11984 kcal/kg), en caso contrario se denomina Poder Calorífico Inferior (P.C.I) y es 46.2 MJ/kg (11038 kcal/kg), (Tabla 1).

### 2.1.6 Calor latente de vaporización.

Es la cantidad de calor que necesita una sustancia para pasar del estado sólido a líquido o de líquido a gas sin cambio de temperatura. El propano comercial tiene un valor igual a 385 kJ/kg (92 kcal/kg).

REPSOL YPF COMERCIAL DEL PERU S.A.							
Terminal de GLP - Ventanilla				N° ANALISIS: 0901 - 11/2009			
PRODUCTO: MEZCLA PROPANO/BUTANO (C3/C4)				FECHA: 02 -Noviembre - 2.009			
PROCEDENCIA: 1 - 2				HORA: 10:00 AM			
CRITERIO: Astuocriterio							
COMPONENTES	% VOL.	% PESO	% MOL.	Propiedades	Metodo	Unidades	Unidades
ETANO	0.47	0.32	0.51	DENSIDAD A 15°C	ASTM D 1657	531 g/litro	0.533 Sp-gr 60/60 °F
ETILENO				DENSIDAD A 50°C	Calculado	479.18 g/litro	
PROPANO	66.02	62.79	68.81	P.V. A 37.8°C	ASTM D 1267	9.68 kg/cm <sup>2</sup>	9.49 bares
PROPILENO				P.C.S	ASTM D 3886	11.984 kcal/kg	24.965 kcal/m <sup>3</sup>
ISOBUTANO	10.11	11.16	9.29	P.C.I	ASTM D 3588	11.038 kcal/kg	22.994 kcal/m <sup>3</sup>
N-BUTANO	23.38	25.77	21.38	M.O.N	ASTM D 2594	96	
T-BUTENO-2				P.V. REID A 28°C	CALCULADA	5.55 kg/cm <sup>2</sup>	5.44 bares
BUTENO-1				P. DE V. A 50°C	ASTM D 2589	13.03 kg/cm <sup>2</sup>	12.76 bares
ISOBUTILENO				CONTENIDO EN C2	ASTM D 2163	0.12 % (V/V)	PM= 48.3 g/mol
C-BUTENO-2				CONTENIDO EN C3	-	67.40 % (V/V)	PE= 2.20
NEOPENTANO				CONTENIDO EN C4	-	31.60 % (V/V)	Z= 0.98
ISOPENTANO				CONTENIDO EN C5	-	0.88 % (V/V)	DR= 1.70
N-PENTANO				TOTAL OLEFINAS	-	% (V/V)	W= 19.130 kcal/m <sup>3</sup>
BUTADENO-1				DIOLEF -ACETIL	-	ppm (V/V)	80.09 MJ/m <sup>3</sup>

Tabla1: Propiedades del GLP Propano Comercial

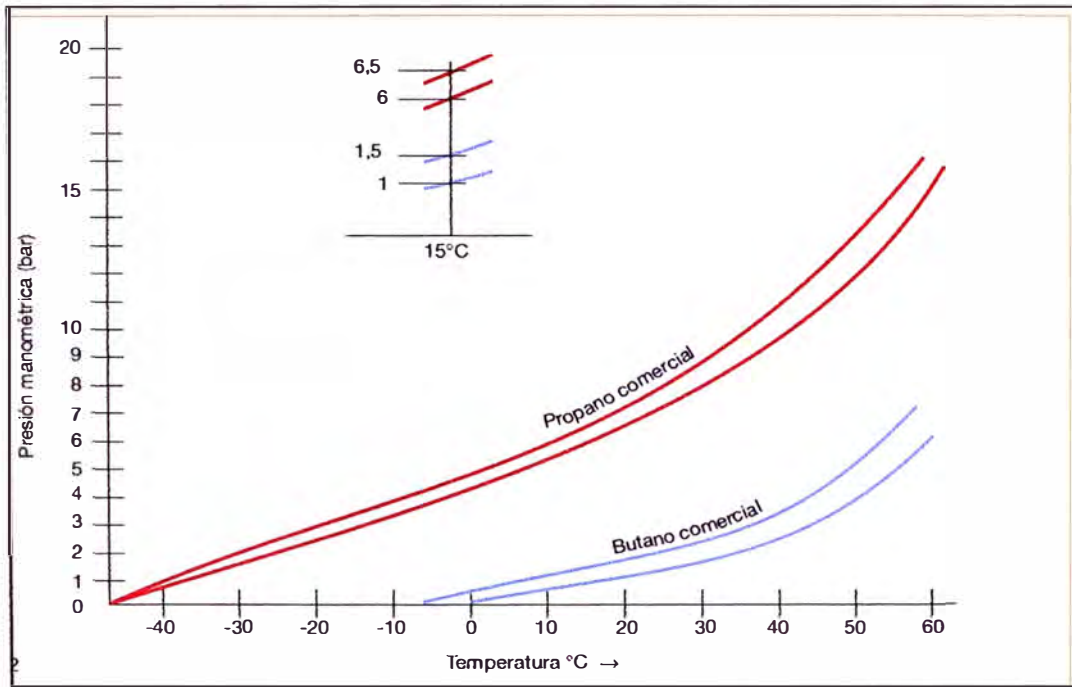


Figura 1: Presión de vapor vs. Temperatura

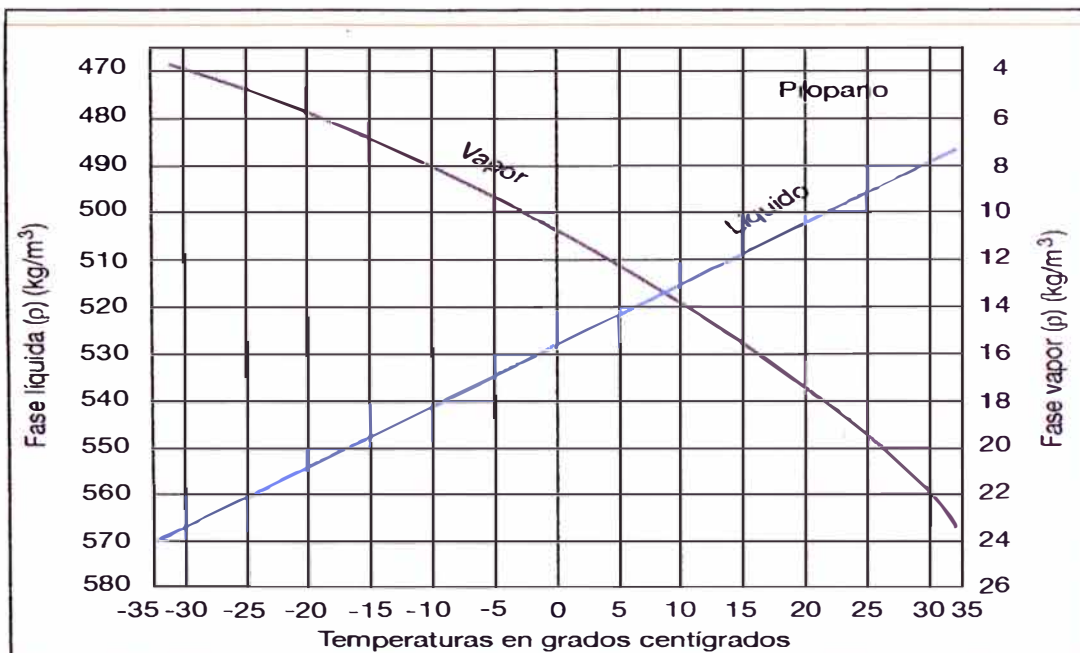


Figura 2: Densidad Vs. Temperatura



## 2.2 CAUDALES.

Con el GLP se trabaja normalmente los caudales expresados en kg/h. Tan solo cuando se han de calcular las tuberías, es que se expresan los caudales en m<sup>3</sup>/h.

La transformación del caudal másico a volumétrico se realiza dividiendo el caudal másico entre la densidad del GLP en fase gaseosa. La densidad del propano comercial en fase gaseosa es de 2.08 kg/Sm<sup>3</sup> (Anexo 1).

El caudal, ya sea a capacidad instalada o de operación depende de la razón entre la potencia del equipo consumidor y el poder calorífico inferior del GLP (Propano comercial P.C.I = 96.7 MJ/Sm<sup>3</sup> (0.0917 MMBTU/Sm<sup>3</sup>) (Anexo 2), es decir:

$$Q = \frac{\text{Pot. Equipo}}{\text{PCI}}$$

Q: Caudal expresado en (Sm<sup>3</sup>/h).

Pot. Equipo: Potencia del equipo expresado en (MJ).

PCI: Poder Calorífico Inferior del GLP, expresado en (MJ/Sm<sup>3</sup>).

## 2.3 FACTOR DE SIMULTANEIDAD.

Para el máximo caudal probable se requiere conocer la potencia máxima de todos los equipos consumidores. Es importante entonces, tener en cuenta un "Factor de simultaneidad" que es el que permite considerar un porcentaje del

consumo total de la instalación ya que es posible que no todos los equipos funcionen al mismo tiempo.

## 2.4 RECIPIENTES ESTACIONARIOS.

Los recipientes de almacenamiento de GLP son diseñados, fabricados y probados de acuerdo a la Norma Técnica Peruana (NTP) o código ASME Sección VIII. Pueden ser instalados de forma aérea, soterrados o monticulados dependiendo de las condiciones de la instalación.

Para determinar el volumen del recipiente de almacenamiento de GLP se emplean dos criterios de cálculo: Cálculo por autonomía y cálculo por vaporización, según consumo.

Se deben realizar los dos sistemas de cálculo para luego analizar los resultados y tomar una decisión en función a las particularidades del proyecto.

### 2.4.1 Capacidad de almacenamiento y autonomía:

Según la norma NTP 321.123, los depósitos de GLP no se llenarán por encima del 85% del volumen total del depósito. El volumen máximo del recipiente se calcula en función del volumen total del mismo, esto es:

$$V_m = 0.85 \cdot V_t$$

$V_m$ : Volumen máximo (m<sup>3</sup>)

$V_t$ : Volumen total del recipiente (m<sup>3</sup>).

Factor de multiplicación (0.85) (NTP 321.123, pg 118, tabla 18).

Y para obtener en kg se tendrá que multiplicar por la densidad del propano comercial en fase líquida, es decir por 531 kg/m<sup>3</sup>.

La autonomía es el tiempo mínimo que debe transcurrir entre dos llenados sucesivos del recipiente de GLP. Para calcular la autonomía de una instalación hay que tener en cuenta la cantidad máxima de producto GLP que se puede consumir de un recipiente, que será la cantidad que se restituye en cada llenado.

La norma NTP 321.123 indica que un depósito no puede ser llenado más del 85% de su volumen total, por otro lado las buenas prácticas indican que se debe evitar vaciar el tanque a un volumen menor al 20% del volumen total. Por lo tanto el volumen útil será la diferencia de los porcentajes indicados, es decir el 65% del volumen geométrico total del depósito.

Para determinar el volumen del depósito en función a la autonomía que se le quiera dar al sistema, considerar:

$$V_u = 0.65 * V_t$$

$V_u$  = Volumen útil (m<sup>3</sup>)

$V_t$  = Volumen total (m<sup>3</sup>)

Factor 0.65, asociado a las variaciones máximas y mínimas recomendadas.

#### 2.4.2 Vaporización de GLP:

En un recipiente coexisten dos fases, es decir la de líquido y vapor. Cuando del depósito se va extrayendo gas para su consumo, se va reduciendo la presión de la fase vapor rompiéndose el equilibrio entre las dos fases. Como consecuencia de ello se produce la vaporización de la fase líquida para tender a recuperar el equilibrio perdido y facilitar el consumo subsiguiente.

La vaporización en el recipiente se produce, primero tomando energía del propio líquido y luego absorbiendo el calor a través de las paredes del propio envase, exactamente de las paredes mojadas por el propio líquido, pues al enfriarse el líquido este extrae calor a las paredes que moja.

Si se realiza una toma de gas moderada, el líquido mantiene su temperatura pues todo el calor necesario para la vaporización se va tomando del exterior. Sin embargo al extraer del recipiente un caudal excesivo, el enfriamiento del líquido no podrá ser compensado por el calor procedente del exterior, pues este resultaría insuficiente. Aun más si se la toma de gas es de larga duración la fase líquida puede enfriarse tanto que la presión del gas que salga del recipiente va resultar inferior a lo requerido, llegando al punto de no vaporizar y en consecuencia dejar un remanente en el depósito; lo que hará que el sistema sea ineficiente.

Para determinar el caudal que un depósito puede vaporizar de forma natural, se utiliza la siguiente fórmula (Fuente: Instalaciones de GLP, Cepsa Ed.2001):

$$\text{Vap} = \frac{\rho \cdot S \cdot k \cdot (T_e - T_g)}{C}$$

Vap: Flujo de vaporización (kg/h).

$\rho$ : factor de superficie en contacto con el líquido,  $\rho = 0.336$ , cuando el depósito esta a un 20% lleno. (Fuente: Instalaciones de GLP, Cepsa Ed. 2001).

S: Es la superficie exterior total del recipiente (m<sup>2</sup>).

k: Coeficiente de transmisión del calor a través de las paredes del recipiente. Y se ha calculado  $k = 31 \text{ kJ/h-m}^2\text{-K}$  ( $7.4 \text{ kcal/h-m}^2\text{-}^\circ\text{C}$ ) para depósitos monticulados.

$T_e$ : Temperatura exterior mínima del ambiente. (Se estima para la ubicación de la central  $T_e = 283 \text{ K}$  ( $10 \text{ }^\circ\text{C}$ )).

$T_g$ : Temperatura de equilibrio líquido-gas, es la temperatura del gas en el interior del recipiente. Asumimos  $T_g = 263 \text{ K}$  ( $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ ), para la condición más desfavorable, pues la presión a esa temperatura es la mínima requerida para el proceso.

C: Calor latente de vaporización.  $C = 385 \text{ kJ/kg}$  ( $92 \text{ kcal/kg}$ ), para el propano comercial.

#### 2.4.3 Normatividad.

**Norma NTP 321.123, 5.15.7:** Tanques estacionarios.

Los tanques estacionarios serán diseñados, fabricados y probados de acuerdo a la Norma Técnica Peruana o de acuerdo al Código ASME

Sección VIII. Pueden ser instalados de forma aérea, soterrados o monticulados, dependiendo de las condiciones del proyecto.

La máxima presión de trabajo permisible (MAWP) para los recipientes que almacenan GLP será de 1.7 MPa manométrica (250 psig).

Las aberturas para las conexiones en los recipientes podrán estar ubicados en el casco, cabezales o en la tapa de la entrada de hombre en caso existiera.

Los recipientes de más de 7.57 m<sup>3</sup> (2000 galones) de capacidad de agua deberán tener una abertura para un medidor de presión (manómetro), con conexión roscada de ¼" con rosca NPT y orificio Nro 54, o en su defecto una conexión roscada de ¾" mediante válvula de nivel.

Los recipientes deberán tener aberturas para las válvulas de seguridad que tengan comunicación directa con el espacio de vapor.

Los recipientes 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.

Los recipientes 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 recipiente sea instalado.

Cada recipiente 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.

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 revisión total y pruebas de presión hidrostática, según lo siguiente: Dichas pruebas deberán ser descritas en un informe de la entidad que las realiza y anotadas en el Libro de Registro de Inspecciones.

Las pruebas e inspecciones que se realicen durante la operación de los tanques de almacenamiento serán las siguientes:

**Inspección parcial:** Debe realizarse por lo menos una vez al año con 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 calibración 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).

**Inspección total:** Debe efectuarse una vez cada diez años o cada vez que haya sido objeto de reparaciones. Consiste además de las inspecciones parciales, de una revisión interna y de una prueba de resistencia a presión hidrostática y un examen de espesores, con el propósito de verificar la resistencia del recipiente a condiciones de fuerza, carga o presión. Asimismo, se deberá cambiar la totalidad de válvulas y accesorios del tanque.

**NTP 321.123, 6.4.10:** Instalación de tanques enterrados y en montículo.

El conjunto de tanques para instalación enterrada, incluido los tanques intercambiables superficie-subterráneos, deberán instalarse de acuerdo a lo siguiente:

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.



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.

Los tanques deberán estar revestidos o protegidos para minimizar la corrosión.

Cualquier daño al revestimiento deberá ser reparado antes de proceder al relleno.

Los tanques deberán asentarse nivelados y rodearse de tierra o arena lavada de río firmemente compactada en el lugar.

La descarga del venteo del regulador deberá ubicarse por encima del máximo nivel de agua probable.

El material de relleno deberá estar libre de rocas y abrasivos.

**NTP 321.123, 6.4.10.3:** Los tanques en montículo deberán instalarse como sigue:

El material del montículo deberá ser tierra, arena u otro material no combustible, no corrosivo y deberá proveer un espesor de cubierta del tanque de por lo menos 0,3 m (1 pie).

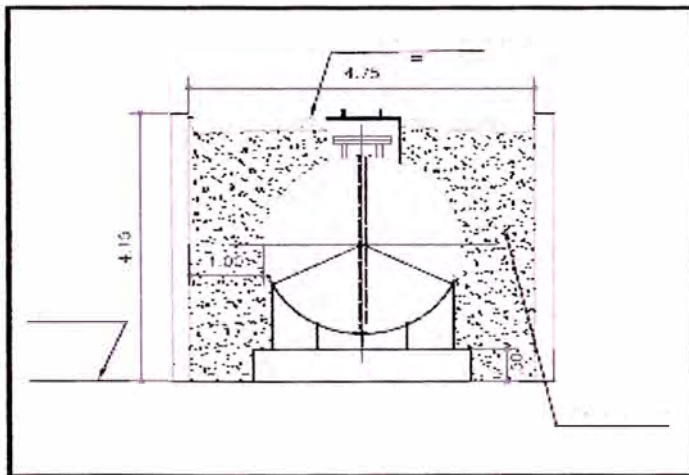
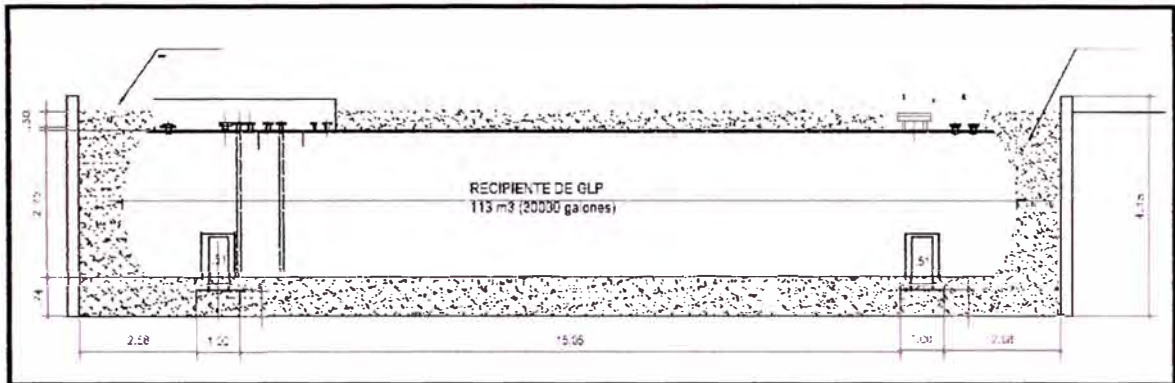


Fig. 3. Recipiente Monticulado.

Se deberá proveer de una cubierta de protección en el tope del material del monticulado sujeta a erosión.

Las válvulas y accesorios del tanque deberán ser accesibles para la operación o reparación sin perturbar el material del montículo, como sigue:

Cuando los tanques sean en montículo y la parte inferior del recipiente se encuentre a 0,76 m (30 pulgadas) o más por encima del nivel del piso circundante, se deberá proveer acceso a las conexiones del fondo a través de una abertura o túnel con un diámetro mínimo de 1,2 m (4 pies) y un área despejada de 0,9 m (3 pie) como mínimo.

Las conexiones del fondo que se extiendan más allá del montículo deberán ser parte del tanque o deberán haberse instalado cumpliendo con el Código ASME, y deberán estar diseñadas para soportar las fuerzas que pudieran actuar sobre las conexiones.

Los tanques en montículo deberán estar recubiertos o protegidos contra la corrosión.

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.

**Norma NTP 321.123, 6.11: Protección contra la corrosión.**

Todos los equipos y componentes metálicos que se encuentren enterrados o en montículo deberán ser recubiertos o protegidos y

mantenidos para minimizar la corrosión. La protección contra la corrosión de todos los otros materiales deberá realizarse de acuerdo a prácticas reconocidas de ingeniería.

**Norma NTP 321.123, 6.22:** Protección contra incendio

Un sistema de protección contra incendio deberá ser considerado para instalaciones con una capacidad de agua total de más de 15.14 m<sup>3</sup> (4 000 galones) y todos los tanques instalados en techos de edificios.

El método de protección contra incendio deberá ser especificado en una reseña escrita sobre la prevención de 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 apartados de la NTP 321.123, 6.23.1 al 6.23.4.

**Norma NTP 321.123, 6.22.4:** Protección especial

Si un aislante es usado, este deberá ser capaz de limitar la temperatura en el tanque hasta los 427 °C (800 °F) por un mínimo de 50 minutos

como es determinado por la prueba para aislantes aplicado sobre planchas de acero y sujeto a la prueba de llama especialmente sobre el área de la plancha de prueba.

El sistema de aislamiento deberá ser resistente a la intemperie y a la acción del chorro de manguera.

Si es utilizado el monticulado lo considerado en la **NTP 321.123**, apartado **6.4.10.3** será aplicado.

## **2.5 VAPORIZADORES.**

Transforman la parte líquida en vapor, manteniendo una presión constante, y son utilizados cuando la evaporación natural no abastece el caudal requerido por la aplicación. Existen dos clasificaciones principales, los que son seleccionados de acuerdo a las exigencias particulares del proyecto. Estos son: Vaporizador directo y vaporizador indirecto.

### 2.5.1 Clasificación.

#### 2.5.1.1 Vaporizador Directo.

**Del tipo llama**, es un vaporizador de llama directa en el cual el calor es suministrado por una llama que se aplica directamente sobre algún tipo de superficie de intercambio de calor en contacto con el GLP líquido a vaporizar (Figura 4). En el apéndice A se muestra un catálogo de la marca RANSOME de evaporador de llama directa.

**Del tipo eléctrico**, que utiliza electricidad como fuente de calor. Este vaporizador eléctrico de inmersión directa consiste en un elemento eléctrico directamente inmerso en el líquido y vapor del GLP.

#### 2.5.1.2 Vaporizador Indirecto.

**Del tipo llama**, en el cual el calor es suministrado por vapor, agua caliente, aire circundante u otro medio de calentamiento. Es aplicado a una cámara de vaporización o a una tubería, serpentín u otra superficie de intercambio de calor que contiene al GLP líquido a vaporizar. El calentamiento del medio utilizado se realiza en un punto alejado del vaporizador.

**Del tipo baño de agua o tipo inmersión**, es una variante del tipo llama, en el cual una cámara de vaporización, tuberías, serpentines u otra superficie de intercambio de calor que contiene al GLP líquido a vaporizar, está inmersa en un baño de agua, en una combinación de agua-glicol u otro medio no combustible de transferencia de calor a temperatura controlada, el cual es calentado por un calentador de inmersión del tipo llama que no está en contacto con la superficie de intercambio de calor del GLP (Figura 5).

**Del tipo eléctrico**, donde un elemento eléctrico calienta una solución de interfase en el cual el intercambiador de calor de GLP está inmerso, o calienta una pileta de calor intermedia.

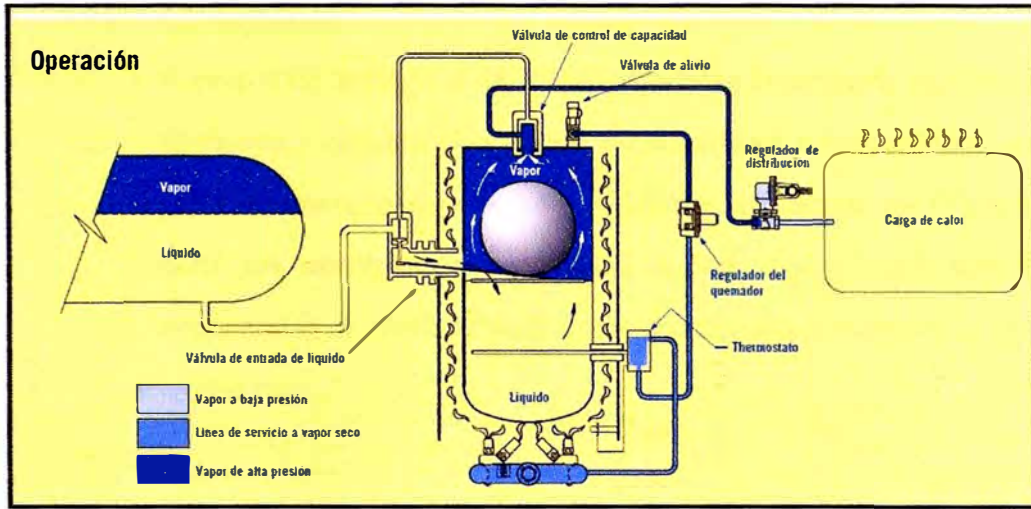


Figura 4: Vaporizador Directo

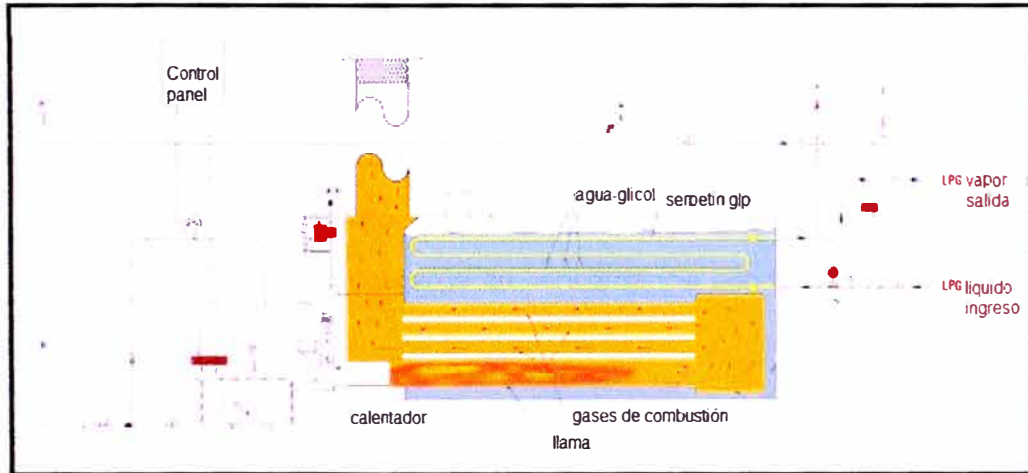


Figura 5: Vaporizador Indirecto

### 2.5.2 Normatividad.

**Norma NTP 321.123, 5.15.2:** Vaporizadores Directos de tipo llama.

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 de fabricación.

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 la **NTP 321.123**, apartado **5.15.7**.

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.

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.



Deberá proveerse medio manual para cortar el gas del quemador principal y al piloto.

Los vaporizadores a fuego directo deberán estar equipados con dispositivo de seguridad automático que corte el flujo de gas hacia el quemador principal si se extingue la llama del piloto.

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.

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 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.

**Norma NTP 321.123, 5.15.7:** Válvula de alivio para vaporizadores.

La velocidad de descarga mínima en pies cúbicos de aire por minuto para las válvulas de alivio de presión de los vaporizadores de GLP, sea de tipo indirecto o directo deberán cumplir con lo siguiente:

- a) Basados en cálculos de transferencia de calor conservadores (asumiendo que la cámara de vaporización está llena de líquido), la generación máxima de vapor (tasa) será determinado cuando el calor máximo está disponible. La tasa de vapor determinada será convertida a una tasa de aire equivalente.
- b) Si el vaporizador es a fuego directo o si una superficie exterior importante está en contacto con el GLP, entonces la suma de la

superficie del vaporizador y la superficie exterior mojada será usada en conjunto con la **NTP 321.123, Tabla 2** para determinar la capacidad requerida de la válvula.

c) La tasa mínima de descarga en pies cúbicos de aire por minuto para las válvulas de alivio de presión para los vaporizadores de GLP ya sea de tipo indirecto o directo, será por lo menos del 150% de la tasa de la capacidad de vaporización.

## 2.6 TUBERÍAS.

### 2.6.1 Velocidad de conducción.

La norma **NTP 321.121, 5.1** establece que la velocidad de circulación del gas en baja presión debe ser inferior a 5 m/s y en media presión, deberá ser menor a 40 m/s.

La velocidad podemos cuantificarla utilizando la siguiente expresión:

$$v = \frac{PCT}{2830 \cdot D^2}$$

Donde:

v: Velocidad de circulación del gas (m/seg).

PCT: Potencia de cálculo total (Sm<sup>3</sup>/h).

D: Diámetro interior real de la cañería (m).

Fuente: Instalaciones de gas natural, 4ta Edición 2004, PROCOBRE.

### 2.6.2 Pérdida de carga.

La norma **NTP 321.121, 5.1**, establece que en las líneas de baja presión son aceptables pérdidas de presión de hasta un 5% de la presión inicial, y en media presión se aceptan hasta un 50% de pérdida de presión respecto a la presión inicial del tramo.

Las pérdidas son calculadas con las fórmulas de Renouard, tanto para baja y media presión. Estas son:

Baja Presión,

$$\Delta P = P_i - P_f = \frac{5.74 \cdot 10^{-4} \cdot \rho \cdot L_e \cdot Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

Donde:

Pi y Pf: Presiones en el origen y final del tramo de la conducción (Pa).

$\rho$ : Densidad corregida ( $\rho = 1.16$ , para el propano comercial).

Le: Longitud equivalente del tramo (m).

Q: Caudal del tramo (Sm<sup>3</sup>/h).

D: Diámetro interior de la tubería (m).

Media Presión,

$$\Delta P = P_i^2 - P_f^2 = \frac{1.18 \cdot 10^{-4} \cdot \rho \cdot L_e \cdot Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

Donde:

Pi y Pf: Presiones inicial y final del tramo de la conducción (MPa).

$\rho$ : Densidad corregida ( $\rho = 1.16$ , para el propano comercial).

Le: Longitud equivalente del tramo (m).

Q: Caudal del tramo (Sm<sup>3</sup>/h).

D: Diámetro interior de la tubería (m).

### 2.6.3 Factor de fricción.

El factor de fricción o coeficiente de resistencia de Darcy-Weisbach (f) es un parámetro adimensional que se utiliza para calcular la pérdida de carga en una tubería debida a la fricción generada por su rugosidad ( $\epsilon$ ).

La expresión indicada es una adaptación realizada por Karmann-Prandtl, la cual aplica para flujos turbulento rugoso ( $Re > 4000$ ).

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left( \frac{\epsilon r}{3.7} \right)$$

$$Re = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu}$$

Donde:

f: Factor de fricción.

$\epsilon r$ : Coeficiente relativo ( $\epsilon r = \epsilon/D$ )

Re: Reynols.

v : Velocidad del gas (m/s)

D: Diámetro interior del tubo (m).

$\rho$  : Densidad del gas (kg/m<sup>3</sup>).

#### 2.6.4 Longitud equivalente.

Es aquella longitud de tubería en la que una pérdida de altura, para el mismo caudal, es igual a la de cualquier otro sistema con geometría diferente para el cual es equivalente. El coeficiente de resistencia "k" es propio de cada accesorio.

$$Le = \frac{D \cdot k}{f}$$

Donde:

Le: Longitud equivalente (m).

D: Diámetro interno de la tubería (m).

k : Coeficiente de resistencia.

#### 2.6.5 Normatividad.

**NTP 321.123, 5.9 – Tuberías, accesorios y válvulas.**

Los tubos deben ser recomendados y aprobados por el fabricante para el servicio.

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).

Los tubos deberán ser de hierro forjado o acero (negro o galvanizado), latón, cobre, poliamida o polietileno, y deberá cumplir con lo siguiente:

- a) Hierro forjado – de acuerdo con ASME B 36.10M.
- b) Tubos de acero – de acuerdo con ASTM A 53.
- c) Tubos de acero – de acuerdo con ASTM A 106.
- d) Tubos de latón – de acuerdo con ASTM B 43.
- e) Tubos de cobre – de acuerdo con ASTM B 42.
- f) Tubos de poliamida y polietileno – de acuerdo con ASTM D 2513 y deberán ser recomendados por el fabricante para el uso con GLP.

Los accesorios para los tubos metálicos deberán tener rango de presión mínimo especificado en la **NTP 321.123, Tabla 5** y deberá complementarse con lo siguiente:

- a) No deberá utilizarse accesorios para tubos de hierro fundido.
- b) El material de relleno para soldadura deberá tener un punto de fusión que exceda los 538 °C (1000 °F).
- c) Se permitirá el uso de accesorios de cobre que cumplan con la NTP 342.522-1 a NTP 342.522-20.

Las tuberías verticales sin ánodo (Anodeless Risers) deberán cumplir lo siguiente:

La porción de metal que lleva el GLP de la tubería vertical sin ánodo después de la transición deberá tener una pared de espesor equivalente a un tubo de cédula 40.

## **CAPÍTULO III**

### **NECESIDAD DE SUMINISTRO DE GLP PARA HORNOS ELÉCTRICOS SIDERÚRGICOS.**

#### **3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

El hierro en estado puro no posee la resistencia y dureza necesarias para las aplicaciones de uso común. Sin embargo, cuando se combina con pequeñas cantidades de carbono se obtiene un metal denominado acero, cuyas propiedades varían en función de su contenido en carbono y de otros elementos en aleación, tales como el manganeso, el cromo, el silicio o el aluminio, entre otros.

El acero se puede obtener a partir de dos materias primas fundamentales:

- El arrabio, obtenido a partir de mineral en instalaciones de alto horno.
- Las chatarras férricas.

A continuación nos centraremos sólo en el proceso con chatarra férrica, que corresponde al caso tratado, donde la chatarra es fundida en horno eléctrico.

##### **3.1.1 La chatarra.**

En este proceso, la materia prima es la chatarra, a la que se le presta una especial atención, con el fin de obtener un elevado grado de calidad de la misma. Para ello, la chatarra es sometida a unos severos controles e inspecciones por parte del departamento de control de calidad, tanto



en su lugar de origen como en el momento de la recepción del material en fábrica.

### 3.1.2 Fabricación en horno eléctrico.

La fabricación del acero en horno eléctrico se basa en la fusión de las chatarras por medio de una corriente eléctrica, y al afino posterior del baño fundido. El horno eléctrico (Figura 7) consiste en un gran recipiente cilíndrico de chapa gruesa (0.015 a 0.030 m de espesor) forrado de material refractario que forma la solera que alberga el baño de acero líquido y escoria. El resto del horno está formado por paneles refrigerados por agua. La bóveda es desplazable para permitir la entrada y carga de la chatarra a través de unas cestas adecuadas.

La bóveda está dotada de una serie de orificios por los que se introducen los **quemadores a gas** y los electrodos que son generalmente tres gruesas barras de grafito de hasta 0.7 m de diámetro. Los electrodos se desplazan de forma que se puede regular su distancia a la carga a medida que se van consumiendo.

Los electrodos están conectados a un transformador que proporciona unas condiciones de voltaje e intensidad adecuadas para hacer saltar el arco, con intensidad variable, en función de la fase de operación del horno.

Otro orificio practicado en la bóveda permite la captación de humos, que son depurados convenientemente para evitar contaminar la atmósfera, el cual es la incorporación en el nuevo horno adquirido.

El horno va montado sobre una estructura oscilante que le permite bascular para proceder al sangrado de la escoria y el vaciado del baño de acero líquido.

### 3.1.3 Proceso de fabricación del acero.

El proceso de fabricación se divide básicamente en dos fases: la fase de fusión y la fase de afino.

#### 3.1.3.1 Fase de fusión.

Que se produce una vez introducida la chatarra y los agentes reactivos y escorificantes (principalmente cal) al horno eléctrico, luego se desplaza la bóveda hasta cerrar el horno y se bajan los electrodos hasta la distancia apropiada, haciéndose saltar el arco hasta fundir completamente los materiales cargados, considerando que se necesita mas de una carga de chatarra para completar las 30 toneladas, que es la capacidad del horno, el proceso se repite entre 3 a 4 cargas. Es entre carga y carga que los **quemadores a gas** cobran importancia pues son los que mantendrán la temperatura del acero fundido, ya que sin estos su temperatura bajaría bruscamente cada vez que la bóveda se abre desplazándose para dar paso a una nueva carga de chatarra.

#### 3.1.3.2 Fase de afino.

El afino se lleva a cabo en dos etapas. La primera en el propio horno y la segunda en un horno cuchara. En el primer afino se analiza la composición del baño fundido y se procede a la eliminación de impurezas y elementos indeseables (silicio, manganeso, fósforo, etc.) y realizar un primer ajuste de la composición química por medio de la

adición de ferroaleaciones que contienen los elementos necesarios (cromo, níquel, molibdeno, vanadio, titanio, etc.). El acero obtenido se vacía en una cuchara de colada, revestida de material refractario, que hace la función de cuba de un segundo horno de afino en el que termina de ajustarse la composición del acero y de dársele la temperatura adecuada para la siguiente fase en el proceso de fabricación. Previo al vaciado del acero en la cuchara de colada, dicha cuchara es precalentada a fuego constante por un **quemador a gas**, de modo de evitar choque térmico entre el refractario de la cuchara y el acero líquido. En general todo accesorio auxiliar en contacto con el acero líquido es precalentado y la tendencia es el uso de **quemadores precalentadores a gas** en lugar de los antiguos quemadores a diesel.

#### 3.1.4 La colada continua.

Finalizado el afino la cuchara de colada se lleva hasta la artesa receptora de la colada continua donde vacía su contenido en una artesa receptora dispuesta al efecto. La colada continua es un procedimiento siderúrgico en el que el acero se vierte directamente en un molde de fondo desplazable, cuya sección transversal tiene la forma geométrica del semi-producto que se desea fabricar; en nuestro caso la palanquilla. La artesa receptora tiene un orificio de fondo, o buza, por el que distribuye el acero líquido en varias líneas de colada, cada una de las cuales dispone de su lingotera o molde de cobre y paredes huecas para permitir su refrigeración con agua, que sirve para dar forma al producto. Durante el proceso la lingotera se mueve alternativamente hacia arriba y hacia abajo, con el fin de despegar la costra sólida que se va formando durante el enfriamiento.

Posteriormente se aplica un sistema de enfriamiento controlado por medio de duchas de agua fría primero, y al aire después, cortándose el semi-producto en las longitudes deseadas mediante sopletes que se desplazan durante el corte.

En todo momento el semi-producto se encuentra en movimiento continuo gracias a los rodillos de arrastre dispuestos a lo largo de todo el sistema.

Finalmente, se identifican todas las palanquillas con el número de referencia de la colada a la que pertenecen, como parte del sistema implantado para determinar la trazabilidad del producto, vigilándose la cuadratura de su sección, la sanidad interna, la ausencia de defectos externos y la longitud obtenida.

## **3.2 CONSUMIDORES DE GLP.**

### **3.2.1 Quemadores KT.**

El horno eléctrico tiene incorporado 03 quemadores del tipo KT, patentado por el fabricante del horno. Está compuesto principalmente por tres partes: cuerpo KT de bronce, boquilla interna de acero inoxidable e intercambiable y conector posterior para mangueras de gases y procesos. Cada quemador KT está diseñado para una potencia de hasta 3.05 MJ/s (10.4 MMBTU-H) (Figura 6).

Los accesorios auxiliares del horno son 02 cucharas de colada, con capacidad de 30 toneladas, cada una de las cuales es precalentada con un quemador KT de 1.5 MJ/s (5.1 MMBTU-H).

Tabla 2. Características técnicas Quemador KT

<i>Characteristics of the KT Burner &amp; Carbon/Lime Injector</i>	
Length of the cooled body	1000 mm (standard)
Material of the cooled body	Copper
Lifetime of the cooled body	6 months of continuous operation
External diameter	110 mm
Internal diameter	60 mm
Internal diameter of the nozzle	30 mm (for powder material)
Tip of the nozzle, inside part	Stainless. dismantable
Tip of the nozzle, outside part	Copper. dismantable
Nozzle lifetime (stainless part)	1000 heats
Nozzle lifetime (copper part)	2000 heats
Transportation medium	Compressed air
Transportation pressure	From 0. 6to 6 bar
Average flow of transport air	~ 1.5 Nm <sup>3</sup> /h·k/min C injected
Purging pressure	Form 0. 6up to 3 bar
Powder Material flow	40 kg/min

Fuente: Manual Sistema de inyección KT, TENOVA.

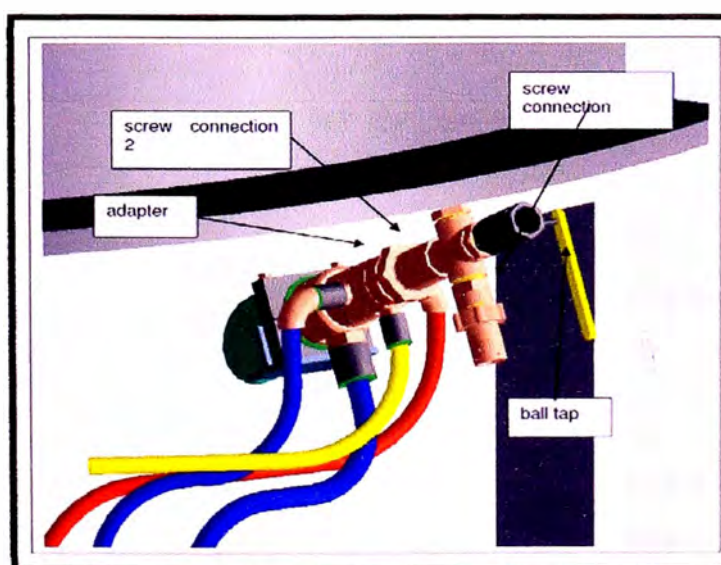


Figura 6. Quemador de GLP tipo KT

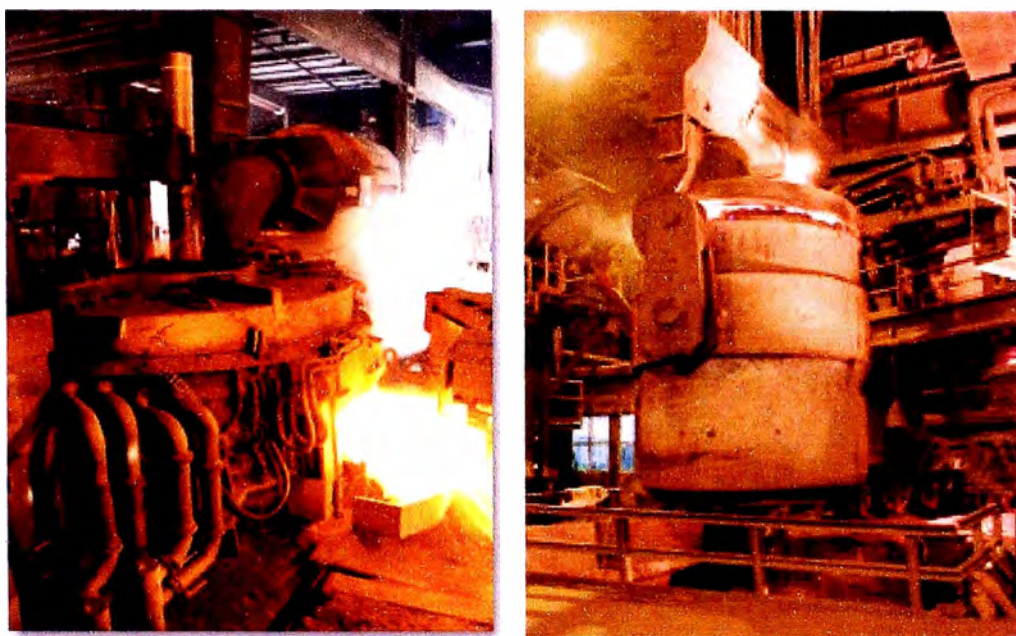


Figura 7. Horno Eléctrico Siderúrgico.

### 3.3 CAUDAL DE CONSUMO.

Considerando la potencia máxima de los quemadores KT tenemos:

$$Q = \frac{\text{Pot. Equipo}}{\text{PCI}}$$

$$Q = \frac{9.15 \text{ MJ/s}}{96.8 \text{ MJ/Sm}^3} = 0.095 \text{ Sm}^3/\text{s} = 340 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

De esta manera sabemos que los quemadores KT consumirán como máximo 340 Sm<sup>3</sup>/h. En la tabla 3 se resumen los resultados para cada consumidor y a diferente régimen.

## CUADRO DE CONSUMIDORES

Consumidor	Ubicación	Potencia instalada (MJ/s)	Factor operación	Cantidad	Potencia Capacidad instalada (MJ/s)	Consumo Capacidad instalada (Sm <sup>3</sup> /h)	Potencia de Operación (MMBTU-h)	Consumo de Operación (Sm <sup>3</sup> /h)
Quemador KT 10.4	Horno Eléctrico	3.05	0.65	3	9.15	340	5.95	221
Quemador KT 5.1	Cuchara de colada	1.5	0.75	2	3	112	2.25	84
TOTAL					12.15	452	8.2	305

1 MJ/s  $\leftrightarrow$  37.2 Sm<sup>3</sup>/h

Tabla 3. Cuadro de consumidores de GLP.

Para el dimensionamiento de la tubería principal y los evaporadores, es conveniente tomar el valor de a 452 Sm<sup>3</sup>/h. En el caso de dimensionar el recipiente de almacenamiento el valor será 305 Sm<sup>3</sup>/h.

## CAPÍTULO IV

### DISEÑO DEL SISTEMA DE SUMINISTRO DE GLP.

#### 4.1 RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO.

Para determinar el volumen del recipiente se ha visto conveniente considerar una autonomía de 3 días, además se sabe que la producción puede variar a favor es decir que la autonomía puede aumentar, debido a que en los últimos meses del año el consumo disminuye por la baja producción.

Se ha calculado el caudal diario requerido en 5396 Sm<sup>3</sup>/día (Anexo 3.1). Tomando en cuenta los 3 días de autonomía; el volumen resultante, en términos de GLP líquido, es:

$$V_u = 63.4 \text{ m}^3.$$

$$V_t = V_u / 0.65$$

$$V_t = 97.5 \text{ m}^3.$$

Calculado el volumen del tanque es importante conocer si éste vaporizará el GLP de forma eficiente para el consumo de operación (304 Sm<sup>3</sup>/h<> 632.3kg/h). Confirmar este dato nos da la seguridad que en lo que al tanque le corresponde el sistema funciona evitando combustiones incompletas y remanentes de GLP líquido innecesarios.



En el cálculo del caudal de vaporización, se hace referencia a la Norma NTP 321.123, a las especificaciones técnicas del tipo de recipiente comercial seleccionado y a la teoría de vaporización.

Del catálogo de la empresa LAPESA (Anexo 6, apéndice 6A-2) se toma la información para los recipientes de 113.9 y 238.8 m<sup>3</sup>, los que tienen 197.1 y 293.1 m<sup>2</sup>, respectivamente. Con esta información se realizan los cálculos de vaporización para cada recipientes, obteniéndose los siguientes resultados: 113 y 168.3 kg/h, respectivamente (Ver anexo 3.2).

Como se observa, los resultados no satisfacen la vaporización requerida de 632.3 kg/h, por lo que se concluye en la necesidad de utilizar equipos evaporadores de GLP líquido.

Considerando que la vaporización no dependerá del tamaño del recipiente, podemos seleccionar el recipiente de menor capacidad: 113.9 m<sup>3</sup> (30000 galones).

#### 4.2 **CÁLCULO DE EVAPORADORES.**

Se elaboró una tabla comparativa de alternativas (Anexo 4), y el criterio utilizado para evaluarlas fue obtener la mínima diferencia entre la potencia nominal del equipo con la potencia 12.15 MJ/s (41.1 MMBTU-h)(instalada) y la potencia de 8.2 MJ/s (27.93 MMBTU-h) (operación).

Así mismo, la tabla elaborada se utilizó para evaluar el tamaño económico del equipo stanby necesario.

Considerando las ventajas técnicas y económicas de cada una de las opciones, la evaluación concluyó en seleccionar 04 unidades evaporadoras de llama directa, modelo RH200 de la marca RANSOME, cada uno de los cuales tiene una capacidad de evaporación equivalente a 5.4 MJ/s (18.3 MMBTU-h). Tres de las cuales serán de operación y la cuarta de stanby. El apéndice A contiene el catálogo de equipos RANSOME.

#### 4.3 DIMENSIONAMIENTO DE TUBERÍAS.

Las exigencias de seguridad de la norma **NTP321.123**, **5.9.3** proponen la utilización de tubería de acero fabricada bajo norma ASTM A53, Grado B. Esta tubería se utiliza tanto para GLP en estado líquido como en estado vapor, y su presión de diseño supera el valor de 1.7 MPa mínimo indicado en la tabla 5 de la misma norma.

Para determinar el diámetro de la tubería matriz, asumiremos una velocidad de 30 m/s, aceptable para presiones medias como indica la norma **NTP 321.121**, **apartado 5.1**.

Considerando 452 Sm<sup>3</sup>/h como potencia total, en términos de flujo, y un factor de seguridad de 20%, se tiene:

$$v = \frac{PCT}{2830 \cdot D^2}$$

$$D^2 = \frac{(451 \cdot 1.2)}{2830 \cdot 30}$$

$$D = 0.0798 \text{ m}$$

Entonces seleccionando el diámetro comercial más cercano, se tiene  $D= 0.0762$  m (3").

La pérdida de carga será calculada con la expresión de Renouard para media presión, no sin antes realizar los cálculos previos del factor de fricción y la longitud equivalente de la tubería.

El anexo 5, muestra los cálculos de la pérdida de carga para una tubería de 0.0762 m (3") con 327 m de longitud equivalente y una presión de ingreso de 0.27 MPa.

Los resultados muestran que la pérdida de carga tiene un valor de 0.0195 MPa, lo que equivale al 7.2% de la presión de ingreso. Por lo tanto se cumple que dicha pérdida es aceptable pues su valor esta por debajo del valor máximo permitido (50% de la presión de ingreso), según la norma **NTP 321.121, 5.1**. Entonces el diámetro para la tubería principal será 0.0762 m (3").

## **CAPÍTULO V**

### **PRESUPUESTO DE INVERSIÓN.**

#### **5.1 PRESUPUESTO.**

Dado que el alcance está limitado, tal como se indicó en el capítulo I, el presupuesto que se elabora a continuación representa principalmente a las disciplinas mecánica y tuberías. Por lo tanto, este presupuesto formará parte del presupuesto general del proyecto, donde se involucra a todas las disciplinas.

Para determinar el valor del presupuesto mecánica-tuberías, es necesario conocer 03 aspectos importantes: Primero, la cantidad de materiales y equipos involucrados, para esto nos ayudaremos de los planos del proyecto. En segundo lugar, las actividades (o servicios) que serán realizadas en todas las etapas del proyecto, aquí nos ayudaremos de la estructura desglosada de trabajo o WBS (Work breakdown structure) del proyecto. Y por último los costo unitarios asociados a los dos primeros; es decir los costos de materiales, equipos y servicios.

Los costos unitarios estarán expresados en dólares americanos (T.C = 2.75 soles/dólar).

Las unidades de materiales y equipos serán las comercialmente utilizadas.

## 5.1.1 Cantidad de materiales y equipos:

<b>MATERIALES</b>				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Parcial (\$)
<b>Mecánico</b>				<b>0</b>
				0
				0
<b>Tubería</b>				<b>27,622</b>
Tubería de 3" , 327 m Sch40	9600	kg	1.8	17,280
Bridas 3", (40 kg)	10	u	12	120
Codos 3", (31 kg)	24	u	8	192
Válvula Globo 3"	2	u	350	700
Tubería de 2", 30 m	150	kg	1.8	270
Codos 2", (40 kg)	10	u	6	60
Regulador de presión primario 3" (*)	2	u	2500	5,000
Regulador de presión secundario. 3"(**)	2	u	2000	4,000
				0
<b>Estructuras.</b>				<b>2,262</b>
Tubos rectangular 4"x4" para cerco metálico	1120	kg	1.2	1,344
Malla hexagonal para cerco.	87.5	m2	5	438
Soportería para tubería de 3" y 2".	400	kg	1.2	480
				0
<b>Total (US\$)</b>				<b>29,884</b>

(\*) y (\*\*): la segunda unidad es stanby.

<b>EQUIPOS</b>				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Parcial (\$)
<b>Mecánico</b>				<b>53,000</b>
Evaporadores RANSOME RH200	4	u	12000	48,000
Bomba de GLP líquido, 5hp	1	u	5000	5,000
<b>Estructuras.</b>				<b>46,800</b>
Recipiente 30000 galones.	39000	kg	1.2	46,800
<b>Total (US\$)</b>				<b>99,800</b>

## 5.1.2 Partida de actividades.

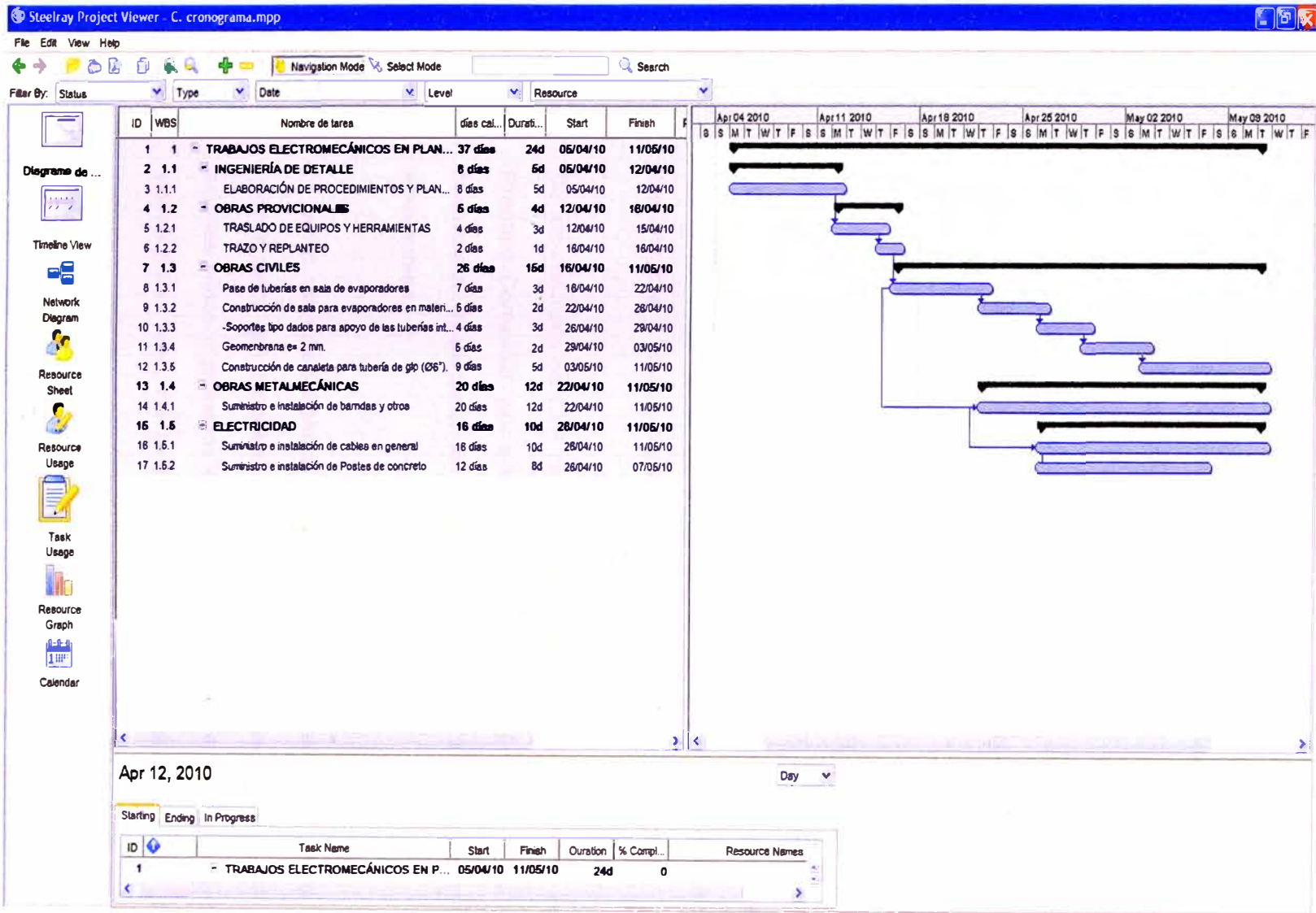
La estructura WBS para el proyecto se ha definido en función a las disciplinas involucradas: Mecánica, Tuberías, Electricidad, Civil, Instrumentación y Estructuras.

<b>FABRICACIONES Y MONTAJES</b>				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Parcial (\$)
<b>Mecánico</b>				<b>15,150</b>
Evaporadores RANSOME RH200	4	u	3600	14,400
Bomba de GLP líquido, 5hp	1	u	750	750
				0
				0
<b>Tubería</b>				<b>17,201</b>
Tubería de 3" , 327 m Sch40	9600	kg	1.6	15,360
Bridas 3", (40 kg)	10	u	3.4	34
Codos 3", (31 kg)	24	u	3.4	82
Válvula Globo 3"	2	u	52.5	105
Tubería de 2", 30 m	150	kg	1.6	240
Codos 2", (40 kg)	10	u	3	30
Regulador de presión primario 3" (*)	2	u	375	750
Regulador de presión secundario. 3"(**)	2	u	300	600
				0
<b>Estructuras.</b>				<b>17,647</b>
Tubos rectangular 4"x4" para cerco metálico	1120	kg	2.2	2,464
Malla hexagonal para cerco.	87.5	m2	3	263
Soporteria para tubería de 3" y 2".	400	kg	2.2	880
Recipiente 30000 galones.	39000	kg	0.36	14,040
				0
<b>Total (US\$)</b>				<b>49,997</b>

(\*) y (\*\*): la segunda unidad es stanby.

## 5.2 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.

El cronograma fue elaborado en secuencia lógica de intervención por disciplinas. Y fue desarrollado en programa computacional Microsoft Project.



## CONCLUSIONES

1. El proyecto contribuirá con la eliminación de las emisiones de gases contaminantes de la planta de acero.
2. Los nuevos equipamientos son: un horno eléctrico con quemadores a gas y dos calentadores para cuchara de colada, como equipamiento auxiliar.
3. Los hornos eléctricos de alta eficiencia, incluyen quemadores a gas (Natural o GLP) para evitar el enfriamiento del acero líquido, cada vez que este abre su bóveda para el ingreso de chatarra. Normalmente el Horno Eléctrico abre su bóveda de 3 a 4 veces para el ingreso de chatarra, con lo cual su capacidad queda al 100% de acero líquido.
4. De los dos tipos de GLP comerciales, el utilizado industrialmente es el Propano Comercial, por sus bajo punto de ebullición (228 K), lo cual favorece su evaporación en condiciones críticas de bajas temperaturas ambientales.
5. El factor de simultaneidad utilizado en cada proyecto dependerá del conocimiento del proceso. Para ello existen tablas de referencia de algunos casos o procesos estudiados. Este no es el caso de equipos siderúrgicos, pues no existen tablas de referencia, por ello será necesario realizar un estudio particular en cada planta.



En el proyecto, ambos equipos, tanto el horno eléctrico como los calentadores trabajan en forma continua, además existe una dependencia de los calentadores respecto al horno, pues cuando opera uno el otro también lo hace y viceversa. Por lo que el factor asumido es 1.

6. La autonomía asumida para el diseño de recipiente de almacenamiento, dependerá de factores particulares de la zona, pues deberá analizarse el tiempo de respuesta del suministrador de GLP, su ubicación respecto a la planta, los períodos de escases de GLP, tamaños disponibles de camiones cisternas, criticidad de los equipos en el proceso productivo, y otros. Para el proyecto en particular se asumió una autonomía de 3 días, ya que el suministrador más cercano se encuentra en la ciudad de Trujillo, que está a 2 horas de la ciudad de Chimbote.
7. El ítem 2.4.3, cita a la norma NTP 321.123, en su párrafo 6.22, e indica que debe ser considerado un sistema contra incendio. Esto aplica para el recipiente de almacenamiento, pues su capacidad supera los 15 m<sup>3</sup> (4000 galones). Por otro lado, el párrafo 6.22.4 indica que debe considerarse una protección especial contra incendio, que hará las veces de sistema contra incendio del recipiente. Este es el caso de los recipientes monticulados. El párrafo 6.4.10.3, indica las características constructivas de un monticulado (Figura 3).
8. Los vaporizadores indirectos de tipo inmersión en baño, son utilizados para grandes capacidades de vaporización, recomendables a partir de  $7.9 \cdot 10^4$  m<sup>3</sup>/s (750 GPH).

9. Los vaporizadores directos de tipo llama y los eléctricos, se utilizan en aplicaciones similares. Sus aplicaciones van de capacidades bajas a intermedias, es decir hasta los  $10.5 \cdot 10^4$  m<sup>3</sup>/s (1000 GPH). La conveniencia de uno u otro tipo dependerá de la evaluación de ventajas de uno sobre el otro en cada proyecto particular. En el caso tratado se optó por el tipo llama, pues para su operación, se tendría GLP disponible del mismo tanque de almacenamiento, y a un bajo costo, por las compras de grandes cantidades.
10. Para los cálculos de vaporización se toma en cuenta las condiciones más desfavorables del recipiente de GLP, es decir para época de invierno donde las temperaturas ambientales son mínimas y a un nivel de llenado del 20%, el cual es el mínimo volumen al cual debe llegar el líquido dentro del recipiente.
11. Se calculó la vaporización natural para dos tamaños de recipientes de 113 m<sup>3</sup> (30000 galones) y 238.8 m<sup>3</sup> (63000 galones) y ninguno superó el flujo másico requerido de 632.3 kg/h de GLP(<> 314 GPH)
12. Dado la necesidad de vaporizar el flujo de 632.3 kg/h, se utilizó vaporizadores de fuego directo.
13. La ventaja de utilizar vaporizadores del tipo llama directa, es la disponibilidad de combustible a bajo costo, pues los quemadores son abastecidos con una línea de gas vaporizado de la misma central de GLP.

14. El criterio utilizado para la selección de evaporadores consideró la mínima diferencia entre la capacidad de evaporación del equipo o equipos y el caudal requerido por el proceso. Ello permitirá que nuestra inversión en equipamiento sea la menor posible. Adicionalmente es recomendable utilizar equipos modulares, ello permitirá acercarnos mejor al caudal requerido y que equipo stanby sea de menor tamaño.
15. Considerando que la vaporización necesaria para el proceso no dependerá del tamaño del recipiente, entonces seleccionamos el recipiente de 113 m<sup>3</sup> (30000 galones) por razones económicas.
16. La fórmula de Renouard nos demuestra que las pérdidas de presión en la tubería de diámetro 0.0762 m (3"), equivale al 5.3% de la presión de ingreso; valor que es inferior al valor de referencia (50%) indicado en la norma **NTP 321.121, 5.1**.
17. El diámetro de tubería seleccionado es tal que permitirá realizar ampliaciones de consumo. Ampliaciones para la conversión de diesel a GLP de los actuales quemadores de la planta.

**RECOMENDACIONES.**

1. En el dimensionamiento de recipientes de almacenamiento, donde también serán utilizados evaporadores de GLP, es recomendable considerar el consumo real de operación, pues estos valores son generalmente inferior a la potencia nominal de los equipos. Esto permitirá la selección de un tamaño económico del recipiente.
2. Cuando la capacidad de vaporización de un recipiente no satisface el consumo requerido, debe utilizarse evaporadores de GLP.
3. En la selección de vaporizadores de GLP, se recomienda utilizar el caudal máximo de los consumidores, lo que equivale a considerar la potencia instalada de estos.
4. El sistema de protección contra incendio de tipo monticulado es una alternativa a los tradicionales sistemas por aspersores. El cual tiene ventajas particulares como: No se requiere complejos sistemas de control, no se requiere tanque de almacenamiento de agua de reserva, entre otros, plazos de construcción menor y menor costo de construcción.
5. Si fuera requerido más de un equipo evaporador, estos deberán ser modulares, que permitan la estandarización de repuestos e intercambiabilidad. Incluir un equipo stanby incrementará la disponibilidad de la instalación y una respuesta rápida a picos de demanda.

6. En el dimensionamiento de tuberías, es recomendable considerar la potencia nominal de los equipos, e incluir el factor de seguridad, correspondiente.

**BIBLIOGRAFÍA.**

1. INSTALACIONES PARA CONSUMIDORES DIRECTOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN  
Norma Técnica Peruana 321.123-2009  
Edición 2009.
  
2. INSTALACIONES INTERNAS DE GLP PARA CONSUMIDORES DIRECTOS Y REDES DE DISTRIBUCIÓN.  
Norma Técnica Peruana 321.121:2008.  
Edición 2008.
  
3. REQUISITOS DEL GAS LICUADO DE PETRÓLEO.  
Norma Técnica Peruana 321.007  
Edición Tercera – 2002.
  
4. CÓDIGO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO.  
National Fire Protection Association NFPA 58.  
Edición 2001
  
5. INSTALACIONES DE GAS NATURAL.  
Procobre Perú.  
Edición Cuarta – 2004.
  
6. CHEMICAL PROPERTIES HANDBOOK.  
Carl.L Yaws - McGraw Hill.  
Edición 1999.

7. INSTALACIONES DE GAS DOMÉSTICAS Y COMERCIALES

Josep. M. Ollé Ráfols. Carlos Colás Roso y Xavier Alabern Morera.

Edición Primera - 2003

8. FLUJO DE FLUÍDOS EN VÁLVULAS, ACCESORIOS Y TUBERÍAS.

Crane- McGraw Hill.

Edición Primera - 1992.

9. MANUAL DE MANTENIMIENTO SISTEMA DE INYECCIÓN KT.

Tenova Melt Shops.

Edición 2008.

10. COMBUSTION HANDBOOK

North American Co.

Edición Segunda- 1978

11. MECANICA DE FLUÍDOS.

Irving. H. Shames.

Edición Tercera - 1995.

12. FUNDAMENTOS DE TERMODINÁMICA.

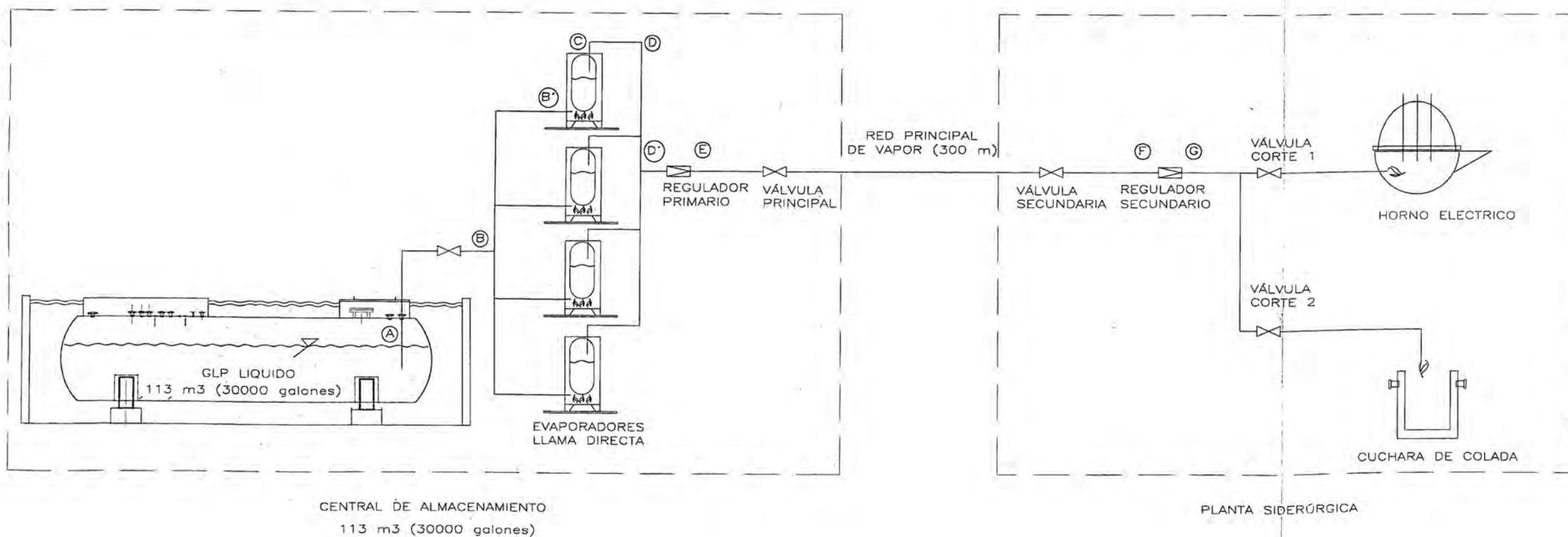
Gordon J. Van Wylen y Richard E. Sonntag.

Editorial Limusa Noriega.

## **PLANOS**



**PLANO 1: CENTRAL DE ALMACENAMIENTO DE GLP: FLUJOGRAMA DE  
PROCESO**

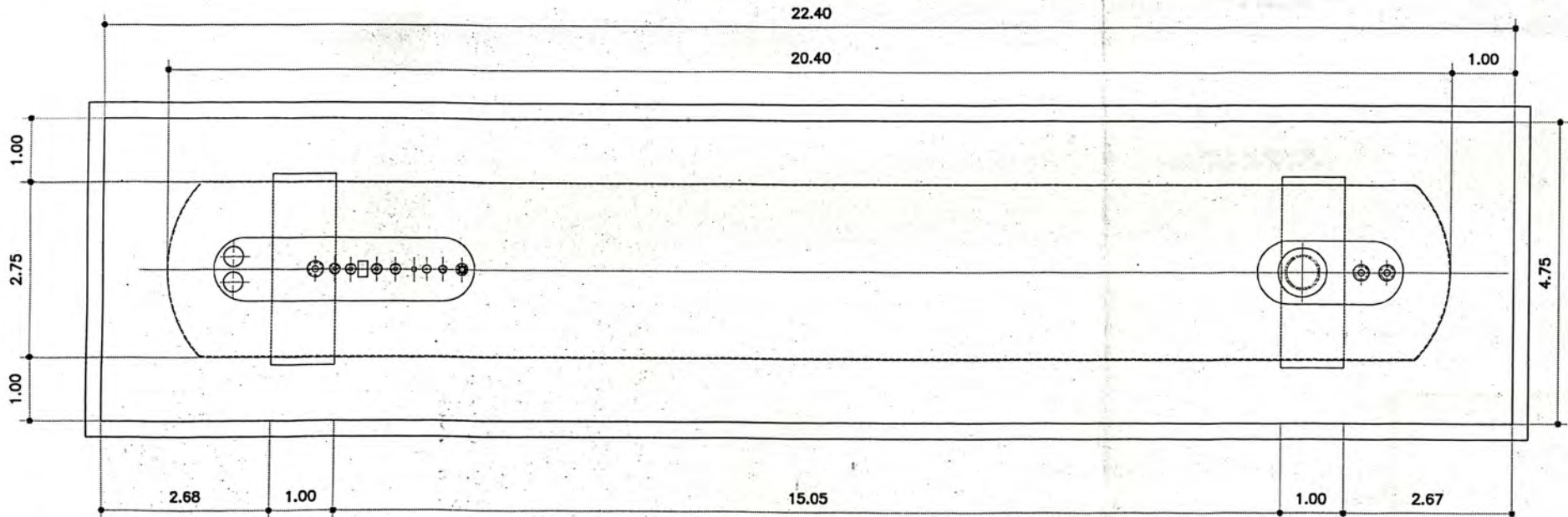
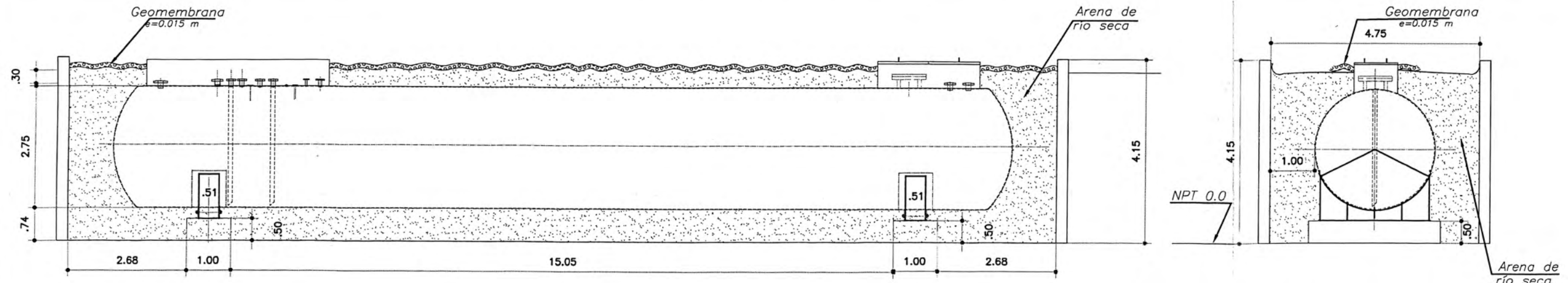


Ubicación	A	B	B'	C	D	D'	E	F
Parámetro								
Presión manométrica (MPa)	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.27	0.25
Temperatura (K)	291	291	291	291	291	291	280	291
Flujo (*)	2.1	2.1	0.7	180	180	541	541	541
Diámetro (x10 <sup>-3</sup> m)	50	50	50	76	152	76	76	76
Fase	L	L	L	G	G	G	G	G

L: Líquido (m3/h)  
 G: Gaseoso (Sm3/h)  
 (\*): Flujo con factor de seguridad 20%

PLANO No.	PLANOS DE REFERENCIA	REV.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	DIS.	REV.	APROB.	PROB.	DESARROLLO DE PROYECTOS	NOMBRE: ARTURO FLORES FECHA: 04ABR2010 REVISADO: ARTURO FLORES 01MAY2010 APROB. 1: ARTURO FLORES 10MAY2010 APROB. 2:	PROYECTO 2010 PLANTA SIDERURGICA DEPARTAMENTO FLUIDOS CENTRAL DE ALMACENAMIENTO GLP DIAGRAMA FLUJO DE PROCESO (PFD)		
		D	10MAY10	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	A.F	A.F	A.F				EDICIA S.E MARCO DE PLANO PS-DF-CGLP-09-001 REV. 0		

**PLANO 2: CENTRAL DE ALMACENAMIENTO DE GLP: TUBERÍAS.**



**FOSA TANQUE DE 113 m<sup>3</sup> (30000 GAL).**

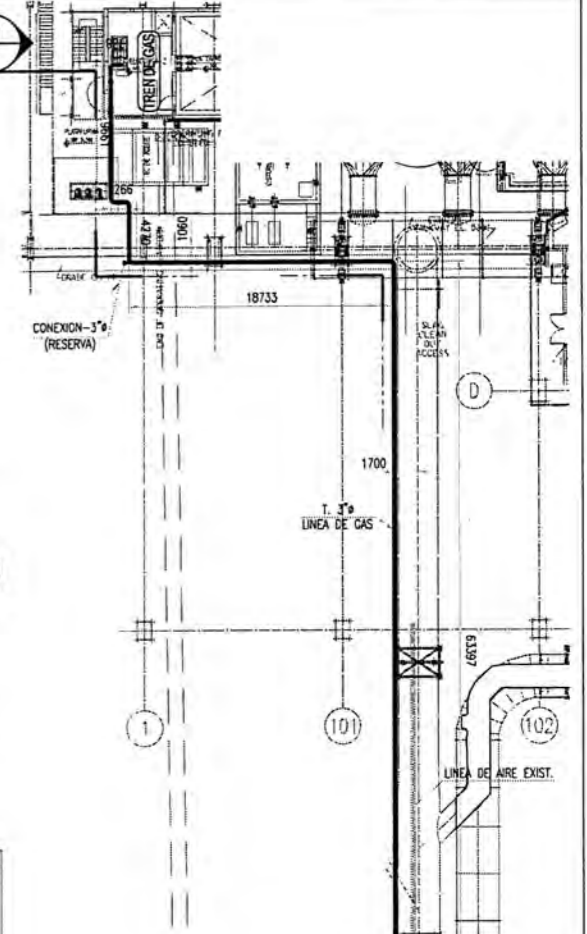
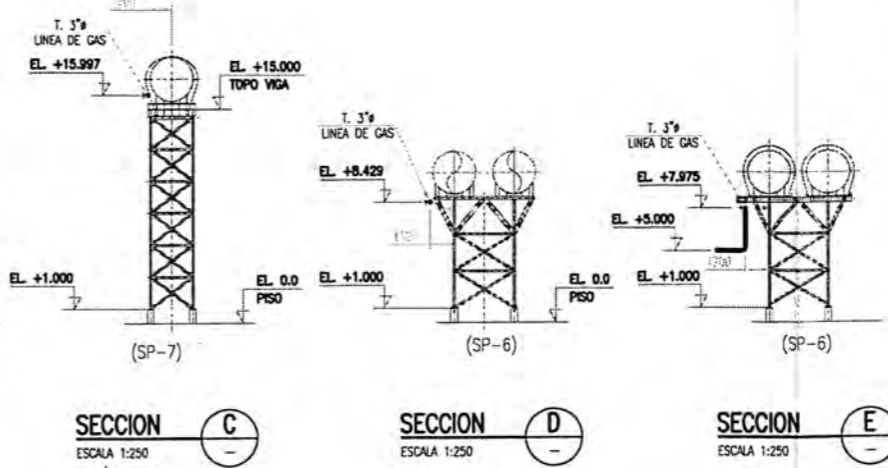
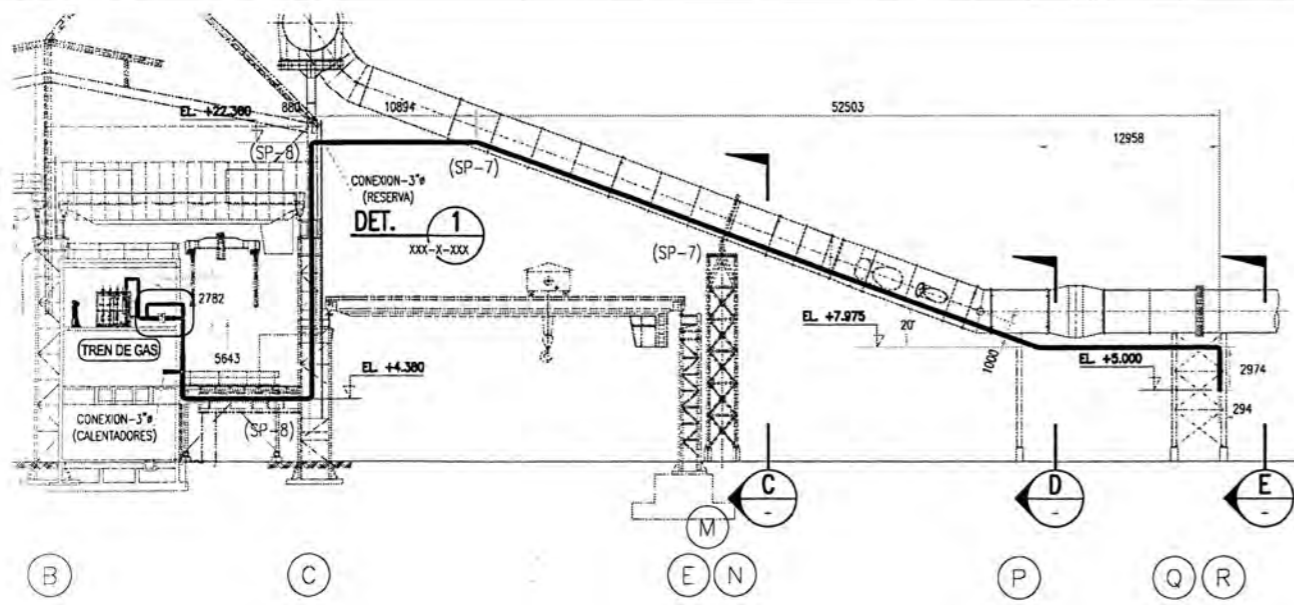
**NOTAS:**

- 1.- PESO Y CAPACIDAD DEL RECIPIENTE DE GLP  
 TARA ..... 30,000 Kg.  
 PESO LLENO DE AGUA ..... 113,400 Kg.  
 PESO TOTAL ..... 143,400 Kg.  
 PESO EN CADA SOPORTE ..... 71,700 Kg.
- 2.- ARENA DE RIO SECA  
 ARENA SILICEA DE RIO, LAVADA, SECA, EXCENTA DE ARCILLA, LIMOS, COMPUESTOS DE AZUFRE Y CUALQUIER OTRA SUSTANCIA QUE PUEDA ATACAR ELECTROQUIMICAMENTE AL ACERO DE L TANQUE DEBERA TENER UNA RESISTIVIDAD NO MENOR A 5 000 Ohm/cm  
 MAXIMO CONTENIDO DE MATERIAL ORGANICO 3%  
 TAMAÑO MAXIMO DE PARTICULAS 2 mm  
 ARENA LIBRE DE IMPUREZAS METALICAS. LIMITES ACEPTABLES:  
 CLORUROS: NO MAS DE 300 PPM  
 SULFATOS: NO MAS DE 300 PPM
- 3.- UNIDADES EN METROS

PLANO. No.	PLANOS DE REFERENCIA	REV.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	DIS.	REV.	APROB.		NOMBRE:	FECHA:	PROYECTO 2010
							1	2			
		0	10MAY10	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	A.F	A.F	A.F		ARTURO FLORES	04ABR2010	DEPARTAMENTO FLUIDOS
									ARTURO FLORES	01MAY2010	RECIPiente MONTICULADO
									ARTURO FLORES	10MAY2010	PLANTA Y CORTES
											ESCALA: S.E. NUMERO DE PLANO: PS-DF-RM-05-001 REV: 0

DESARROLLO DE PROYECTOS

**PLANO 3: TUBERÍAS - PLANTA Y ELEVACIONES.**

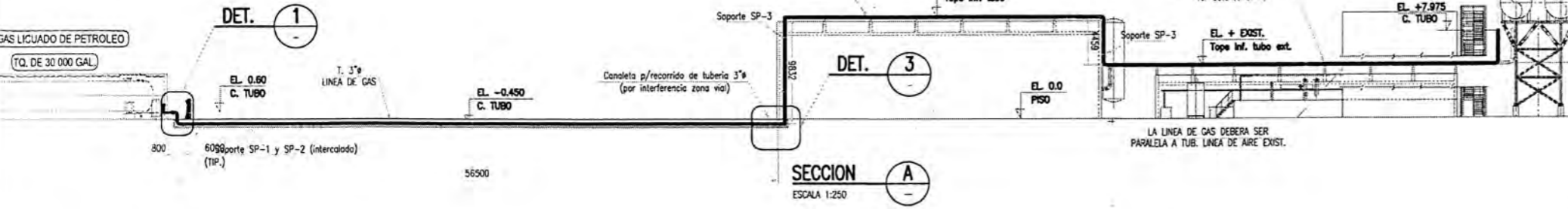


SECCION B  
ESCALA 1:250

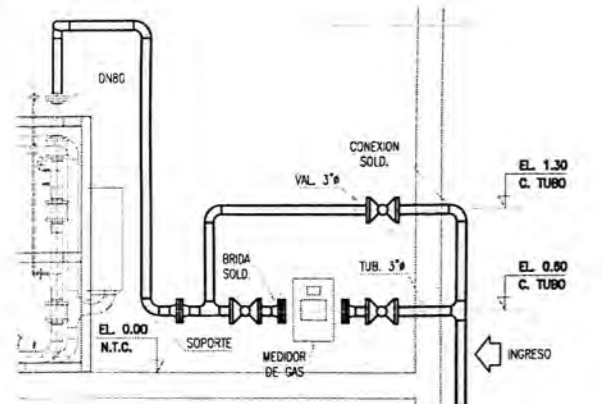
SECCION C  
ESCALA 1:250

SECCION D  
ESCALA 1:250

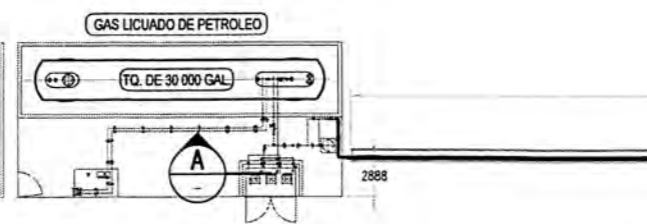
SECCION E  
ESCALA 1:250



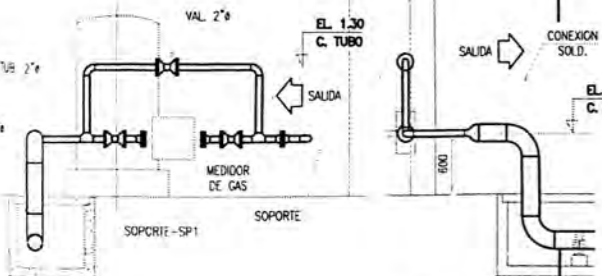
SECCION A  
ESCALA 1:250



DETALLE 2  
ESCALA 1:35



DETALLE 3  
ESCALA 1:35



SECCION F  
ESCALA 1:35

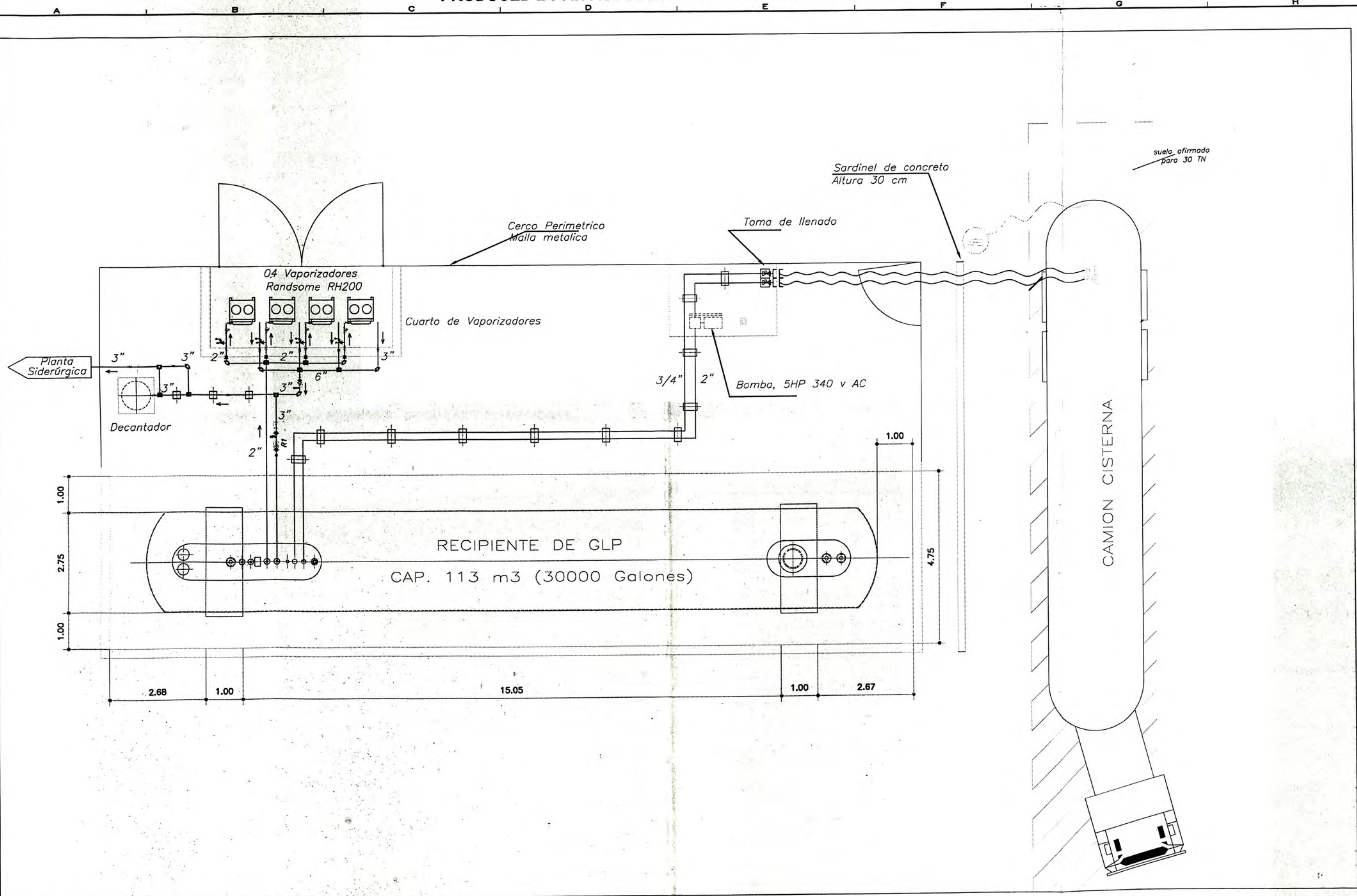
DETALLE 1  
ESCALA 1:35

6.- MATERIAL: ACERO A-36 O SIMILAR PARA ELEMENTOS ESTRUCTURALES. PARA PERNOS, TUERCAS Y TIRANTES USAR ACERO A-307 Gr. B. ESTOS ELEMENTOS TENDRAN TRATAMIENTO DE PINTURAS IGUAL QUE ESTRUCTURA PARA AREA DE SX Y EW DEBEN SER DE ACERO INOXIDABLE (S.I.C.).

NOTAS:  
1.- LA DIMENSIONES ESTAN ACOTADAS EN MILIMETROS, TODAS LAS ELEVACIONES ESTAN EN METROS.  
2.- COORDENADA RELATIVA (BENCH MARK) X=763915.758 Y=8998146.494 Z=8.7CON UNA INCLINACION DE 12.97° CON RESPECTO AL NOR-OESTE.  
3.- EL TIPO DE CONEXION TUBERIA SERAN SOLDADAS  
4.- VERIFICAR MEDIDAS EN CAMPO.  
5.- LAS MEDIDAS SON REFERENCIALES DE ACUERDO AL PLANO TOPOGRAFICO DE SIDERPERU.

PROYECTO 2010		
DISEÑADO	ARTURO FLORES	04ABR2010
REVISADO	ARTURO FLORES	04ABR2010
APROB. 1:	ARTURO FLORES	04ABR2010
APROB. 2:	-	-
		NÚMERO DE PLANO PS-DF-PAA1-04-002

**PLANO 4: RECIPIENTE MONTICULADO - PLANTA Y CORTES.**

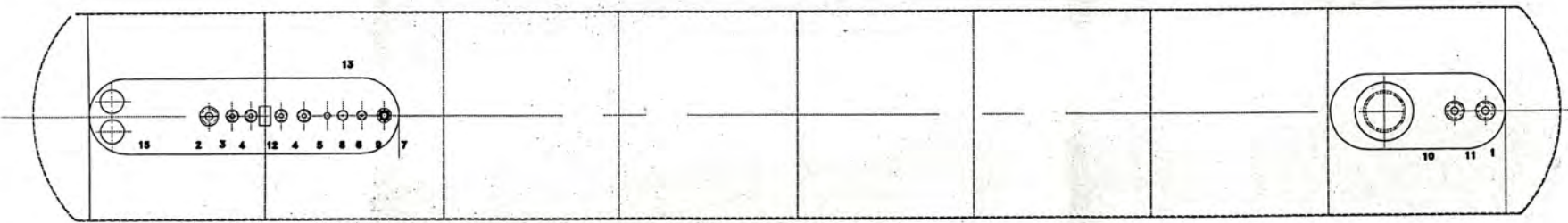
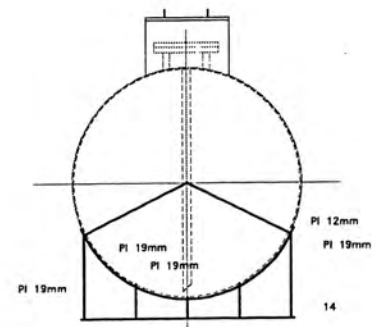
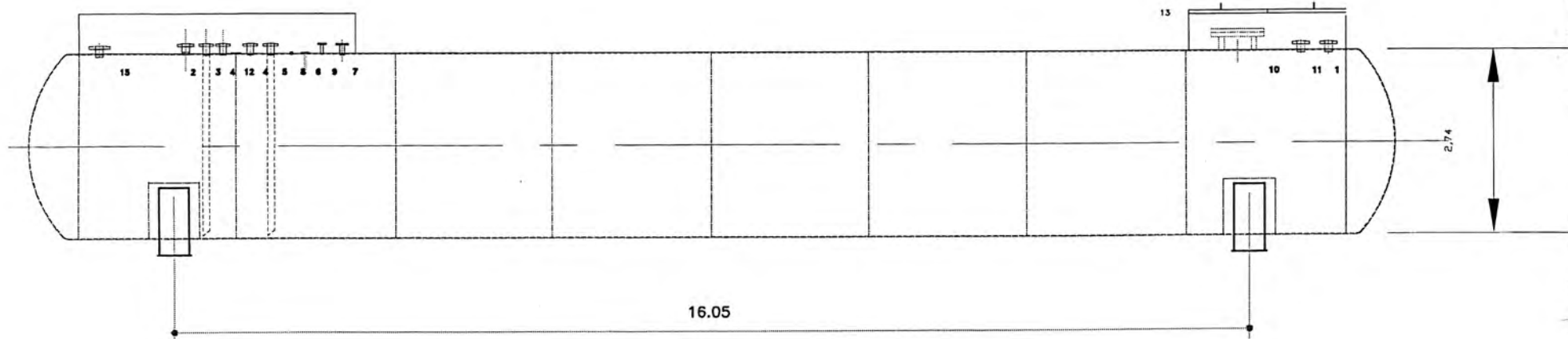


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PLANO. No.	PLANOS DE REFERENCIA	REV.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	DIS.		REV.		APROB.		PROYECTO 2010						
					1	2	1	2	1	2	NOBRE:	FECHA:	ESCALA	RANGO DE PLANO	REV.		
		0	10MAY10	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	AJ	AJ	AJ					DESARROLLO DE PROYECTOS	ARTURO FLORES	04ABR2010	SE	PS-DF-CGLP-04-001	0
													ARTURO FLORES	01MAY2010			
													ARTURO FLORES	10MAY2010			
													-	-			



**PLANO 5: RECIPIENTE DE ALMACENAMIENTO – DETALLES Y ELEVACIONES.**



**DETALLE**  
 Cople Roscado  
 2" x 3000 Psi  
 BRIDA 4"Ø x 300#  
 BRIDA 2"Ø x 300#

LISTA DE MATERIALES - ACTUAL			
ITEM	CANT	DESCRIPCION	OBSERVACION
1	1	Copla NPT 3/4"Ø	
2	2	Tubo Bridado de 6"Ø x 300 lbs	
3	1	Tubo Bridado de 4"Ø x 300 lbs	
4	1	Tubo Bridado de 2"Ø x 300 lbs	
5	1	Tubo Bridado de 2"Ø x 300 lbs	
6	1	Tubo Bridado de 2"Ø x 300 lbs	
7	1	Tubo Bridado de 2"Ø x 300 lbs	
8	1	Manhole Bridado de 20"Ø	
9	1	Tubo Bridado de 4"Ø x 300 lbs	
10	1	Tubo Bridado de 4"Ø x 300 lbs	
11	1	Tubo Bridado de 2"Ø x 300 lbs	
12	1	Tubo Bridado de 3"Ø x 300 lbs	
13	1	Tubo Bridado de 2"Ø x 300 lbs	

LISTA DE MATERIALES - PROPUESTO			
ITEM	CANT	DESCRIPCION	OBSERVACION
1	1	Tubo Bridado 4"Ø x 300 lbs	Válvula Seguridad A8574AG
2	1	Tubo Bridado 2"Ø x 300 lbs	Válvula Interna A3212R250
3	1	Tubo Bridado 2"Ø x 300 lbs	Válvula Interna A3212R250 C/ Tee Tube
4	2	Tubo Bridado 2"Ø x 300 lbs	Válvula Interna A3212R250
5	1	Tubo Bridado 2"Ø x 300 lbs	Válvula Interna A3212R250 C/ Tee Tube
6	1	Conex. Bridada 1" x 300 Lbs Inox.	Termometro 1/2" x 12" Lt
7	1	Brida Ø190 mm	Medidor Magnético
8	1	Copla NPT 3/4" X 3000 Lbs	Válvula Nivel Líquido A2805C
9	1	Tubo Bridado 1" x 300 lbs	Indicador de Volumen
10	1	Manhole Bridado 20"	
11	1	Tubo Bridado 4"Ø x 300 lbs	C/ Brida Ciega
12	1	Placa de Identificación	
13	2	Capuchas Desmontables	
14	2	Silletas de Apoyo	
15	2	Tubo Bridado 6"Ø x 300lbs	Con Brida Ciega

PLANO. No.	PLANOS DE REFERENCIA	REV.	FECHA	DESCRIPCION DE LA REVISION	DIS.	REV.	APROB.	DESARROLLO DE PROYECTOS	NOMBRE:	FECHA:	PROYECTO 2010
		0	10MAY10	EMITIDO PARA CONSTRUCCION	AF	AF	AF				
									REVISADO:		DEPARTAMENTO FLUIDOS
									APROB. 1:		RECIPiente DE ALMACENAMIENTO
									APROB. 2:		DETALLES Y ELEVACIONES
											PS-DF-TK-05-002

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

Densidad del vapor de GLP.

## **ANEXO 2**

Poder Calorífico Inferior (PCI), conversión de MJ/s a Sm<sup>3</sup>/h.

**ANEXO 1: Densidad del vapor de GLP (kg/m<sup>3</sup>).**

Densidad = 1.226 kg/m<sup>3</sup> (Condiciones estándar)  
aire

Densidad = 1.7  
relativa GLP  
Vapor

$$\Rightarrow \text{Densidad GLP vapor} = 1.226 \times 1.7 = 2.08 \text{ kg/m}^3$$

**ANEXO 2 : Poder Calorífico Inferior (PCI), conversión de MJ/s a Sm<sup>3</sup>/h.**

El volumen de vapor producido por un kilogramo de GLP líquido se calcula con la siguiente expresión.

$$V = m / \rho$$

V: Volumen de GLP vapor (Sm<sup>3</sup>)  
m: masa de GLP (kg)  
 $\rho$ : Densidad del vapor GLP (2.08 kg/m<sup>3</sup>)

Reemplazando :  $V = 0.48 \text{ Sm}^3$

De la tabla 1:

$$\text{PCI} = 46.2 \text{ MJ/kg} \quad (11032 \text{ kcal/kg})$$

Entonces se establece la siguiente equivalencia:

$$46.2 \text{ MJ} \longrightarrow 1 \text{ kg} \longrightarrow 0.48 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ MJ} \longrightarrow 0.0104 \text{ Sm}^3$$

$$1 \text{ MJ/s} \longrightarrow 37.2 \text{ Sm}^3/\text{h}$$

## **ANEXO 3.1**

Cálculo del caudal diario

### ANEXO 3.1: Cálculo del caudal diario (Sm<sup>3</sup>/d)

#### 3.1.1 Horas de operación de Horno Eléctrico:

Debido a las restricciones de energía en horas de la noche, las horas efectivas son:

# horas día= 24 h

# horas restricción = 6 h

he: horas efectivas del horno eléctrico.

$$he = 19 \text{ horas}$$

#### 3.1.2 Horas de operación de los calentadores de cucharas:

Debido a las operaciones de vaciado de ovlada del horno eléctrico, existe un tiempo de descanso de los calentadores. Por lo que en promedio estos equipos están operando el 75% del tiempo. Además, los calentadores operan cuando opera el Horno Eléctrico por lo el cálculo se resume en:

ho: horas efectivas de los calentadores.

$$\#ho = 0.75 * 19 = 14.25 \text{ horas}$$

#### 3.1.3 Caudal diario.

De la tabla 3, se sabe que los consumos horarios de cada equipo es:

Horno Eléctrico(H.E): 221 Sm<sup>3</sup>/h

Calentadores (C) = 64 Sm<sup>3</sup>/h

Entonces:

Consumo diario H.E (C<sub>1</sub>) = 221 \* 19 Sm<sup>3</sup>/h \* h

Consumo Calentadores: 64 \* 14.25 Sm<sup>3</sup>/h \* h

Por lo tanto el consumo total diario es:

C <sub>total</sub> =	5396	Sm <sup>3</sup> /d
----------------------	------	--------------------

## **ANEXO 3.2**

Cálculo vaporización natural para recipientes de 113.9 y 238.8 m<sup>3</sup>.



**ANEXO 3.2: Cálculo vaporización natural para recipiente de 113.9 y 238.8 m3 (kg/h)**

Del anexo 6, apéndice 6A-2, los datos de los recipientes son:

Modelo: LP-114A-24  
Volumen: 113.9 m<sup>3</sup>  
Area: 197.1 m<sup>2</sup>

Modelo: LP-239A-35  
Volumen: 238.8 m<sup>3</sup>  
Area: 293.1 m<sup>2</sup>

Considerando la fórmula para evaporación del ítem 2.4.2 (capítulo 2) del presente informe la expresión se reduce a:

$$m_v = 0.541 \cdot S \text{ (kg/h)}$$

$m_v$ : evaporación (kg/h)

$S$ : area del recipiente (m<sup>2</sup>)

Entonces:

$m_v113 =$	106.6	kg/h
$m_v238 =$	156.6	kg/h

Por lo tanto, estos resultados muestran que será necesario utilizar evaporadores para lograr los niveles de evaporación requerida (632 kg/h).

#### ANEXO 4: Cálculo de evaporadores y cuadro de selección de tamaños.

Para el cálculo, tomaremos la capacidad instalada y de operación, en términos de flujo, esto es 451 Sm<sup>3</sup>/h y 305 Sm<sup>3</sup>/h, respectivamente.

451 Sm<sup>3</sup>/h  $\leftrightarrow$  41.4 MMBTU

305 Sm<sup>3</sup>/h  $\leftrightarrow$  28 MMBTU

Del apéndice 6A-1: catálogo RANSOME se tiene los equipos y sus capacidades.

Modelo	Capacidad (MMBTU)
RH400	36.7
RH200	18.3
RH120	11

Cuadro de opciones.

Opción	Operación	Capacidad instalada	Stand by
1	1XRH400 = 36.7 > 28	RH400+RH120 = 47.7 > 41.4	RH400 = 36.7
2	2XRH200 = 36.6 > 28	2XRH200+1XRH120 = 47.6 > 41.4	RH200 = 18.3

#### Análisis:

##### Opción 1:

Un solo equipo RH400, satisface el consumo de operación normal. Si se da el caso de ser necesario mayor potencia de los quemadores, entonces el valor de la capacidad instalada (41.4) debe ser satisfecho, entonces debemos tener un equipo adicional de tamaño mínimo para cubrir los picos de consumo, un RH120 sería la opción. Y para efectos de standy, debemos elegir un equipo que satisfaga el consumo de los equipos RH400 o RH120. La única alternativa es tener un stand by RH400, pues cubre la demanda del mayor equipo.

##### Opción 2:

Dos equipos RH200, satisface el consumo de operación normal. Si se da el caso de mayor potencia de los quemadores, entonces el valor de la capacidad instalada (41.4) debe ser satisfecho, entonces debemos tener un equipo adicional de tamaño mínimo para cubrir los picos de consumo, un RH120 sería la opción. Y para efectos de standy, debemos elegir un equipo que satisfaga el consumo de los equipos RH200 o RH120. La única alternativa es tener un stand by RH200, pues cubre la demanda del mayor equipo.

#### Conclusión:

Del cuadro de opciones es claro que la opción 2 satisface los diferentes escenarios de la operación a un menor costo, con la única modificación que el modelo RH120, es cambiado por un RH200. Las ventajas principal, es la estandarización de repuestos.

## **ANEXO 4**

Cálculo de evaporadores y cuadro de selección de tamaños.

## **ANEXO 5**

Dimensionamiento de tuberías para GLP líquido y GLP vapor.

**ANEXO 5: Dimensionamiento de tuberías para GLP .**

De acuerdo a la identificación adoptada para cada tramo de tubería, según se indica en el diagrama de flujo PS-DF-CGLP-09-001 Rev 0, procederemos a realizar los cálculos por tramos:

Tubería E- B:

Para determinar las pérdidas de presión en el tramo de tubería E-B, realizaremos cálculos previos:

$$Re = \frac{v \cdot D}{u}$$

Datos:

D = 0.0762 Diámetro de tubería (m)  
e = 0.05 rugosidad absoluta (mm)  
e/D = 0.00065617  
 $\rho$  = 1.16 Densidad corregida  
  
v = 30 velocidad del gas (m/s)  
u = 0.00000094 viscosidad cinemática (m<sup>2</sup>/s)

Reemplazando:  $Re = 2431914.9$

==> Régimen turbulento

$$f = (1/(-2 \cdot \log(e/3.7 \cdot D)))^2$$

Remplazando :

$$f = 0.01768$$

5.1 Cálculo de la longitud equivalente (m):

Accesorios:

Accesorio	K	La' (m)
24 Codos	0.248	25.6
2 Válvulas de bola	0.053	0.4

$$\text{Total (La)} = 26$$

$$Le = Lt + La$$

Por lo tanto, reemplazando en la expresión de Renouard para medias presiones se tiene:

$$P1^2 - P2^2 = \frac{51.5 * \rho * Le * Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

Donde :

$$\begin{aligned} Q &= 451 \text{ Sm}^3/\text{h} \\ P1 &= 0.37 \text{ Mpa (absolutos)} \end{aligned}$$

Reemplazando:

$$P2 = 0.3505 \text{ Mpa}$$

$$\text{Por lo tanto } \Delta P = 5.3\%$$

Conclusión :

La tubería con diámetro 0.0762 m (3") tiene una caída de presión total de 5.3% respecto de la presión de entrada. Y dicho valor es menor al máximo permitido de 50% respecto de la presión de entrada, que indica la norma NTP 321.121- 2008.


## **ANEXO 6**

APENDICE 6A-1.: Catálogo RANSOME, evaporadores de fuego directo.

APENDICE 6A-2.: Catálogo LAPESA, recipientes de almacenamiento de GLP.

## APÉNDICE 6A-1.

### CATÁLOGO RANSOME: EVAPORADORES DE FUEGO DIRECTO.


**Vaporizers - Direct Fired and Electric**
**144**

**RANSOME DIRECT FIRED VAPORIZERS**


**RANSOME DIRECT FIRED VAPORIZERS**

RMI Part No.	w/ Electric Re-light	Capacity GPH @ 0°F.	Capacity BTU/HR	Dimensions			Liquid Inlet	Vapor Outlet	Weight (lbs.)
				Depth	Width	Height			
RH50	RH50-E	50	4,580,000	20.5"	16.6"	31"	1/2"	1"	205 lbs.
RH80	RH80-E	80	7,340,000	20.5"	16.6"	41"	3/4"	1"	245 lbs.
RH200	RH200-E	200	18,340,000	20.5"	16.6"	67.5"	1"	1"	380 lbs.
RH400	RH400-E	400	36,680,000	26.3"	34"	64"	1"	2"	920 lbs.

Note: Larger units available

**RANSOME REPAIR PARTS**

RMI Part No.	Description
KT-120F	Replacement Temperature Switch
R632 HCF	Replacement Regulator RH50 RH200
R632 JFF	Replacement Regulator RH400
LC-KIT	Pilot Assembly
MW-0313A	Thermal Generator
MV-15820A	Gas Valve
M285 250	Relief Valve



PLANT & TRUCK



## APÉNDICE 6A-2.

### CATÁLOGO DE RECIPIENTES PARA ALMACENAMIENTO DE GLP.



**GLP**

**lapesa**

**ALMACENAMIENTO Y  
SUMINISTRO DE G.L.P.**

*aéreos - enterrados*

**PRODUCTOS PARA G.L.P.**

Depósitos estáticos para G.L.P., todas las capacidades  
Depósitos de doble pared, para instalación enterrada  
Depósitos para estaciones de servicio de propano  
Unidades autónomas para suministro de G.L.P.  
Cisternas para transporte y traspase de G.L.P.  
Vaporizadores

Tabla de características para diámetro 2.450

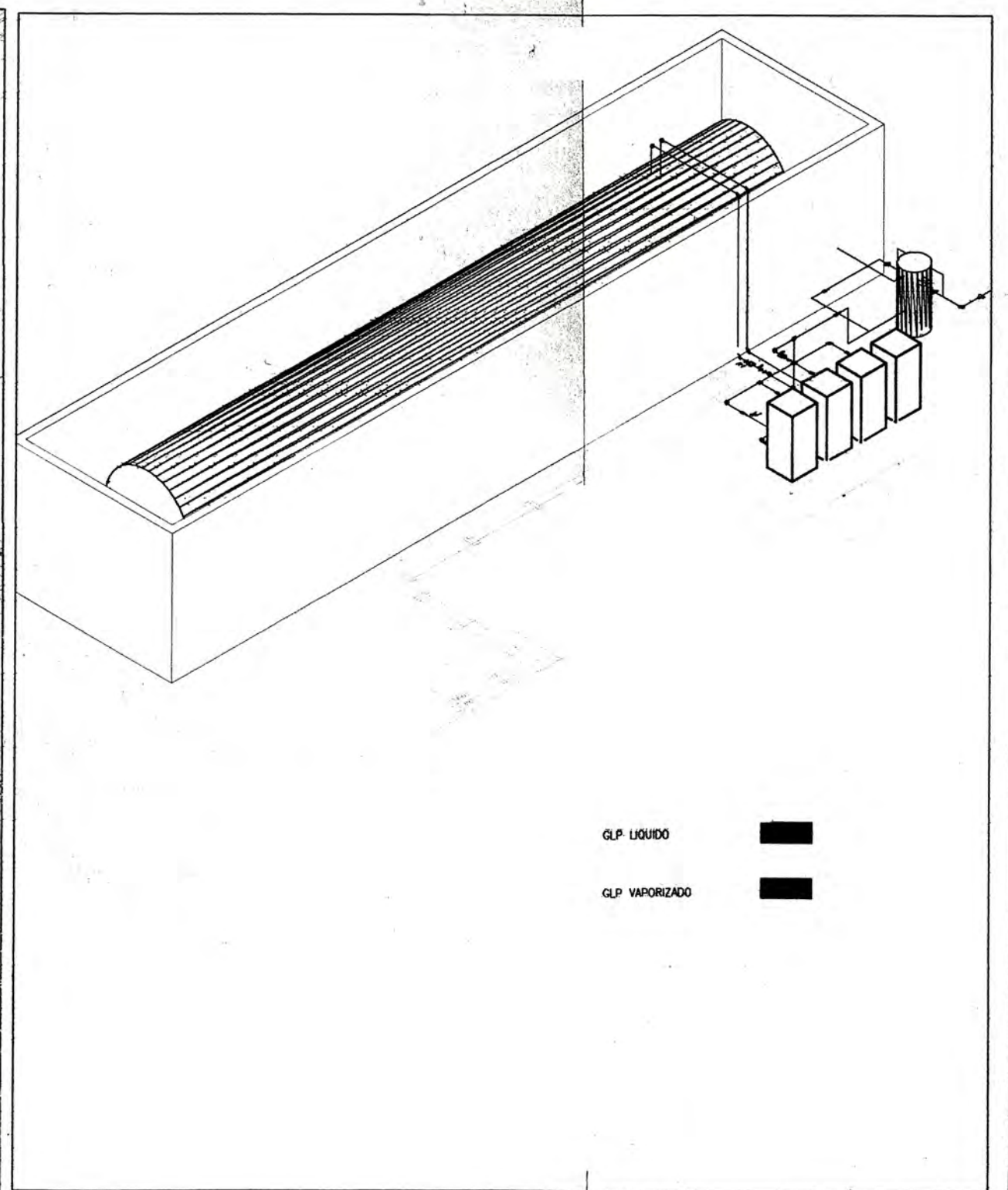
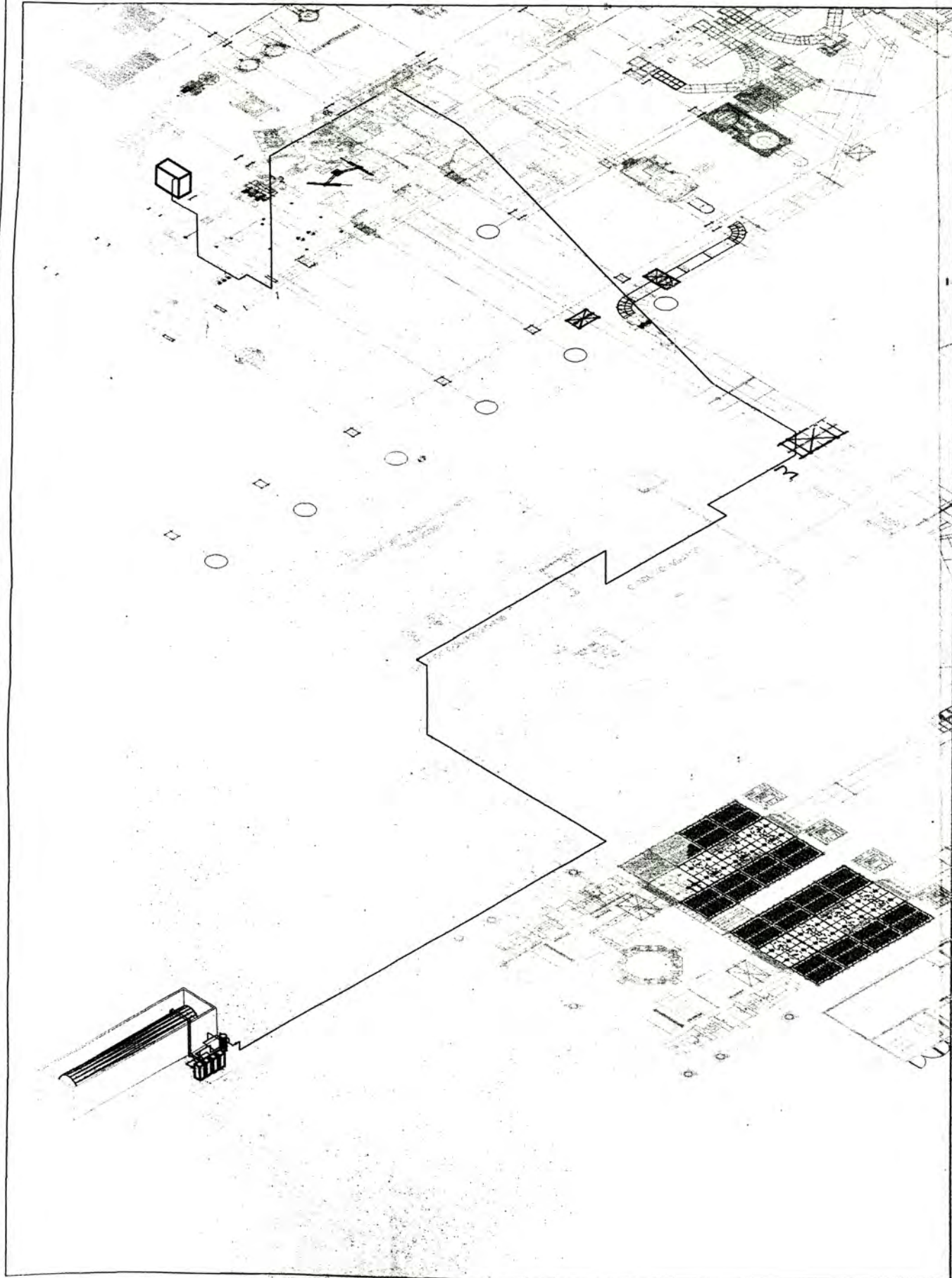


Modelo Lapresa (Lit.)	Capacidad Nominal (litros)	Propeno Almacenado (Kg.)	Superficie Total (m²)	Peso en vacío aproximado (Kg.) (1)	Descarga mínima de válvula de seguridad (m³/min. abq)		DIMENSIONES EN MILÍMETROS										
					Aéreo	Enterrado	A	B	D	F	G	H	I	K	L	P	
LP 23* 24	22.600	9.492	44,7	5.490	240,3	168,2	5.150	3.180	2.450	962	2.142	600	1.740	3.032	300	1.312	
LP 25* 24	24.500	10.468	48,5	5.938	257,0	179,9	5.840	2.450	2.450	880	2.342	600	1.740	3.032	300	1.312	
LP 27* 24	27.250	11.424	52,3	6.382	273,4	191,4	6.340	2.450	2.450	1.072	2.542	600	1.740	3.032	300	1.542	
LP 32* 24	31.800	13.356	59,9	7.240	305,5	212,5	7.330	3.700	2.450	1.592	2.542	600	1.740	3.032	300	2.042	
LP 36* 24	36.300	15.246	67,5	8.110	332,0	235,9	8.330	3.700	2.450	2.092	2.502	600	1.740	3.032	300	2.542	
LP 39* 24	38.600	16.212	71,3	8.550	352,4	246,7	8.820	5.000	2.450	2.342	2.512	600	1.740	3.032	300	2.792	
LP 41* 24	40.500	17.178	75,1	8.990	362,8	257,4	9.310	5.000	2.450	2.592	2.752	600	1.740	3.032	300	3.042	
LP 46* 24	45.500	19.150	82,8	9.860	398,4	278,9	10.300	6.700	2.450	2.592	2.792	600	1.740	3.032	300	3.042	
LP 50* 24	50.000	21.060	90,4	10.730	428,7	299,7	11.290	6.700	2.450	2.592	2.792	600	1.740	3.032	300	3.042	
LP 52* 24	52.300	21.966	94,2	11.210	442,9	310,0	11.780	6.700	2.450	2.842	4.192	600	1.740	3.032	300	4.292	
LP 55* 24	54.600	22.922	98,0	11.670	457,5	320,2	12.270	6.700	2.450	4.642	4.492	600	1.740	3.032	300	4.492	
LP 59* 24	59.300	24.864	105,6	12.540	486,4	340,5	13.260	6.700	2.450	4.542	4.492	600	1.740	3.032	300	4.992	
LP 64A 24	63.700	26.774	113,2	13.420	514,9	360,4	14.250	7.800	2.450	4.692	600						
LP 66A 24	66.000	27.720	117,1	13.850	529,4	370,6	14.700	8.900	2.450	4.692	600						
LP 68A 24	68.300	28.666	120,9	14.290	543,4	380,4	15.200	9.700	2.450	4.692	600						
LP 73A 24	74.000	30.576	128,5	15.160	571,3	399,9	16.250	9.800	2.450	4.692	600						
LP 77A 24	77.400	32.500	136,1	16.040	599,5	419,2	17.240	10.100	2.450	5.692	600						
LP 80A 24	79.700	33.474	139,9	16.480	612,5	428,8	17.740	11.500	2.450	6.192	600						
LP 82A 24	82.000	34.440	143,7	16.910	626,1	438,3	18.230	12.000	2.450	7.192	600						
LP 87A 24	86.500	36.230	151,4	17.790	653,5	457,5	19.220	11.000	2.450	7.692	600						
LP 91A 24	91.000	38.242	159,0	18.660	680,3	476,7	20.210	12.000	2.450	7.692	600						
LP 93A 24	93.000	39.228	162,8	19.100	693,6	485,5	20.710	12.500	2.450	7.692	600						
LP 96A 24	95.300	40.194	166,6	19.540	706,3	494,8	21.200	12.500	2.450	7.692	600						
LP 100A 24	100.200	42.084	174,2	20.410	733,7	513,2	22.200	13.500	2.450	7.692	600						
LP 105A 24	104.800	44.016	181,8	21.310	759,3	531,5	23.190	13.900	2.450	7.692	600						
LP 107A 24	107.100	44.980	185,6	21.750	772,3	540,6	23.680	14.200	2.450	7.692	600						
LP 110A 24	109.400	45.946	189,4	22.190	785,1	549,7	24.180	14.500	2.450	7.692	600						
LP 114A 24	113.900	47.836	197,1	23.060	811,3	568,9	25.170	15.000	2.450	7.692	600						

Tabla de características



Modelo Lapresa (Lit.)	Capacidad Nominal (litros)	Propeno Almacenado (Kg.)	Superficie Total (m²)	Peso en vacío aproximado (Kg.)	Descarga mínima de válvula de seguridad (m³/min. abq)		DIMENSIONES EN MILÍMETROS					
					Aéreo	Enterrado	A	B	D	G	L	M
LP 54A 30	49.600	20.832	78,9	11.630	378,4	262,6	11.200	4.000	3.100	2.205	750	1.150
LP 70A 30	70.400	29.548	106,3	15.090	489,0	342,3	16.220	6.000	3.600	2.205	700	2.150
LP 91A 30	91.100	38.262	134,5	19.550	593,1	415,2	17.220	8.000	3.600	2.205	740	2.650
LP 112A 30	111.900	46.978	162,8	23.510	693,6	485,5	18.230	10.000	3.000	2.205	700	2.150
LP 133A 30	132.600	55.692	191,1	27.470	791,0	553,7	19.230	11.000	3.000	2.205	700	3.150
LP 153A 30	153.400	64.408	219,4	31.430	889,9	620,1	22.230	13.000	3.000	2.205	700	3.650
LP 174A 30	174.100	73.122	247,6	35.414	978,2	684,8	25.230	15.000	3.500	2.205	750	3.950
LP 96A 35	97.600	40.992	128,1	21.940	569,8	358,9	11.810	6.000	3.500	1.898	800	2.400
LP 126A 35	125.000	52.836	161,1	27.380	687,7	481,4	14.810	10.000	3.500	3.498	800	3.950
LP 154A 35	154.100	64.722	194,1	32.820	801,2	560,8	17.810	11.500	3.500	3.498	800	3.200
LP 180A 35	182.300	76.566	227,1	38.270	911,3	631,9	20.810	13.500	3.500	3.498	800	2.700
LP 211A 35	210.500	88.452	259,1	43.710	1.018,5	713,0	23.820	13.900	3.500	3.498	800	1.000
LP 235A 35	239.800	100.296	291,1	49.150	1.123,3	796,3	26.820	16.500	3.500	3.498	800	1.200



GLP LIQUIDO      ■

GLP VAPORIZADO      ■

	NOMBRE	FECHA	PROYECTO 2010
DISEÑADO	ARTURO FLORES	10MAY2010	PLANTA SIDERÚRGICA DEPARTAMENTO DE FLUÍDOS TUBERÍAS ISOMETRICO
REVISADO	ARTURO FLORES	10MAY2010	
APROB. 1:	ARTURO FLORES	10MAY2010	
APROB. 2:	-		<small>NÚMERO DE PLANO</small> PS-DF-ISO-09-001