

1. GENERAL

1.1. OBJETO

El objeto del presente proyecto es establecer las condiciones técnico-económicas a las que se ajustará la instalación, montaje, pruebas y puesta en marcha de una Planta de Gas Natural Licuado (GNL) a construir en la partida “Les Coves” del T.M. de Alcarrás (Lleida), situada en el interior de una Planta de tratamiento y valoración de efluyentes ganaderos porcinos, propiedad de COGENERASA EXPLOTACIÓN, S.A.

Es así, que el diseño de la planta estará en función del último apartado y es por ello que se parte de los siguientes datos:

- Se supone un consumo uniforme máximo de 4000 Nm³/h cuando las instalaciones estén a su pleno rendimiento.
- Se ha considerado un tiempo de funcionamiento diario de 12 horas.
- Tomando una equivalencia de 1 m³ de GNL, aproximadamente 550 Nm³/h de GN.

1.2. ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto objeto de este documento mediante el consumo de GNL cubrirá las siguientes necesidades:

- Aprovechamiento de la energía residual de los motores generadores de electricidad para el secado y tratamiento de residuos purines.
- Producir electricidad.

La necesidad de tener GNL es debida a:

- Gran poder calorífico.
- Menor volumen de los tanques de almacenamiento.
- Su utilización como combustible para las calderas, quemadores y la mayor parte para obtención de energía eléctrica a través de motores.

1.3. EMPLAZAMIENTO

La instalación de la Planta de GNL se ubicará en los terrenos de la factoría COGENERASA S.A. en la partida “Les Coves” del T.M. de Alcarrás (Lleida). (Ver plano 1 adjunto en anexo A).

2. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

El impulso definitivo en la elaboración y ejecución de este proyecto está en la necesidad de implantar una infraestructura en la planta de purines que permita alimentar dicha instalación con GNL.

El símil más próximo de esta tecnología serían los abastecimientos de GPL por carretera, ampliamente utilizados a escala mundial y de empleo cotidiano, y cuya comparación con los abastecimientos de GNL pueden resultar esclarecedores como introducción a las mismas. Las diferencias más significativas son las siguientes:

- Los puntos de origen del GPL (refinerías y centros intermedios de almacenamiento), están evidentemente mucho más extendidos que los de GNL.
- Las plantas de almacenamiento y regasificación locales de GNL significativamente más caras que las de GPL.
- El abastecimiento de GPL puede efectuarse de un modo capilar (descargas a granel y pequeña capacidad), mientras que con GNL, por cuestiones técnicas de las descargas y trasiegos a bajas temperaturas, no son disponibles.

Estos tres inconvenientes comparativos se suplen por:

- El menor coste del GNL en planta de origen de suministro, dado que el GPL debe incorporar costes de proceso de refinería que no incorpora el GNL.
- El empleo de plantas satélites en España se viene efectuando desde hace más de 25 años con resultados plenamente satisfactorios a partir de la planta de GNL de Barcelona y posteriores como Huelva y Cartagena.
- Técnica constructiva simple, disponible y experimentada.

Desde el punto de vista de las capacidades de transporte, la energía transportada por unidad de volumen de líquido (GPL o GNL) es idéntica para ambos combustibles.

A título de ejemplo, se comparan dos instalaciones con 3 depósitos de 100 m³ de capacidad:

Concepto	GPL	GNL
Componente principal	Propano (C ₃ H ₈)	Metano (CH ₄)
Forma de almacenamiento	Líquido a T ^o ambiente	Líquido a -162 °C
Presión de almacenamiento	4-8 bar	4-5 bar
Poder Calorífico	12000 kcal/kg	13300 kcal/kg
Peso específico líquido	0,51 kg/l	0,47 kg/l
Energía por m ³ almacenado	6100000 kcal	6200000 kcal
Límites de inflamabilidad	2,3-9,5 %	5-14 %
Calor de vaporización	120 kcal/kg	100 kcal/kg
Normativa de instalaciones	Reglamento 29.01.86	MIE-AP-15
Grupo de clasificación para 300 m ³	A-4	E
Distancia de depósitos a límite de propiedad	15 m	5 m
Distancia depósitos a vías públicas y FFCC	15 m	30 m
Distancia a lugares públicos	30 m	30 m

Por otro lado, y de un modo general y ya conocido, las ventajas del empleo del gas natural, ya sea en consumos industriales como en domésticos y comerciales, se pueden resumir en:

- Notable disminución de los índices de contaminación.
- Expansión del confort.
- No tóxico.
- Facilidad de empleo y regulación.
- Elevados rendimientos de utilización.

3. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Se concreta en la ITC-MIE-AP15 relativa a Instalaciones de Almacenamiento de GNL, en depósitos criogénicos a presión (Plantas Satélites) de 22-04-1988, desarrollada de acuerdo con el Real Decreto 1244/1979 de 04-04-1979, por el que se aprobó el Reglamento de Aparatos a Presión.

Complementariamente será de aplicación la ITC-MIE-AP10 relativa a depósitos criogénicos de materiales inertes, carburantes e inflamables.

Con carácter general para el conjunto de instalaciones de planta serán de aplicación:

- El reglamento de Aparatos a Presión e ITCs complementarios.
- Normas UNE asociadas de aplicación.
- Normas internas de ENAGAS.

4. DISEÑO

4.1. INSTALACIÓN DE ALMACENAMIENTO

4.1.1. Objetivo

El objeto de esta instalación es almacenar GNL en depósitos criogénicos estándar homologados y a suministrarlo a la instalación de regasificación de acuerdo con la demanda de gas.

4.1.2. Descripción

La instalación de almacenamiento está integrada por dos depósitos de almacenamiento de GNL criogénicos homologados constituidos por un doble recipiente y sus elementos auxiliares. El grado de llenado máximo de cada depósito es del 95 %, es decir, la fase gas mínima con depósito lleno es del 5 %.

El recipiente interior, en chapa de acero inoxidable AISI 321, es el destinado a contener el GNL. El recipiente exterior, en chapa de acero al carbono, tiene como misión asegurar la permanencia del aislamiento al vacío; servirá de apoyo al recipiente interior que no tendrá impedido el desplazamiento relativo para así poder compensar las contracciones térmicas a las que estaría sometido durante la operación: dispondrá de un soporte fijo y otro deslizante.

El espacio comprendido entre los dos recipientes constituirá el aislamiento del depósito. Estará relleno de un medio aislante estable en un rango de temperaturas entre -170 °C y 900 °C , del tipo perlita. Este material evita las pérdidas por radiación, a la vez que esta dificulta el movimiento de las moléculas de aire remanentes en el espacio vacío.

Para reducir al mínimo la transmisión de calor, así como evitar la formación de escarcha en el espacio entre los recipientes, se practicará un vacío en este espacio, alcanzándose un valor de vacío entre 50 y 100 microbares (tanque en caliente y antes de su expedición). Estas pérdidas son causadas básicamente por los apoyos entre ambos

depósitos y es lo que se denomina el “boil-off” (evaporación de gas diaria a entradas de calor del exterior) que es del orden del 0,2 % diario en volumen de líquido.

Los tanques llevarán instalado un circuito economizador que estará comunicado a la atmósfera del tanque interior y que se conectará después de la válvula de interrupción de salida de GNL del tanque. En cualquier geometría de instalación, se realizará el picaje en el lugar adecuado y que permitirá que el circuito funcione correctamente.

Los elementos de mando y maniobra (válvulas automáticas, niveles, etc...) irán agrupados en un cuadro de mando montado sobre un bastidor soldado al recipiente exterior, en uno de los fondos y fácilmente accesible. Todos los aparatos están previstos para su funcionamiento a la interperie.

En la parte lateral del tanque irá montado sobre un chasis el serpentín de puesta a presión rápida (PPR) formado por un tubo con aletas de aluminio alimentado por gravedad.

4.1.2.1. Elementos auxiliares

Los depósitos estarán dotados de los siguientes elementos auxiliares:

- Válvulas de corte criogénicas.
- Válvulas de seguridad del recipiente interior.
- Válvulas de seguridad de la cámara de vacío.
- Válvulas de seguridad del regasificador.
- Válvulas de corte comandadas.
- Regulador-economizador.
- Válvula controladora de presión.

- Válvula de corte para vacío.
- Válvula limitadora de caudal.
- Indicador de nivel con válvula de corte.
- Indicador de presión con válvula de corte.
- Filtro de perlita para el vacío.
- Regasificador.

4.1.2.2. Conexiones

Los depósitos estarán dotados de las siguientes conexiones:

- Salida de líquido: tubuladura DN40 con brida de conexión, situada en la parte inferior del recipiente interior.
- Entrada inferior de líquido: tubuladura DN50 con brida de conexión, situada en la parte inferior del recipiente interior.
- Entrada superior de líquido: tubuladura DN40 con brida de conexión, situada en la parte superior del recipiente interior. Se prolongará a lo largo del recipiente interior con perforaciones de forma que la entrada de líquido produzca una aspersión del líquido.
- Venteo: tubuladura DN40 con brida de conexión, situada en la parte superior del recipiente interior.
- Máximo nivel: tubuladura con conexión roscada ½" NPT (o rosca métrica equivalente), situada en el recipiente interior a la cota que corresponda al 95 % de la capacidad geométrica del depósito.

- Nivel superior: tubuladura DN10 con conexión roscada 1/4" NPT (o rosca métrica equivalente), situada en la parte superior del recipiente interior.
- Nivel inferior: tubuladura DN10 con conexión roscada 1/4" NPT (o rosca métrica equivalente), situada en la parte inferior del recipiente interior.
- Conexión para vacío (2 unidades): tubuladuras DN50 con brida de conexión, situadas en la parte inferior del recipiente exterior.
- Medición de vacío: tubuladura DN6 con conexión roscada 1/8" NPT (o rosca métrica equivalente), situada en la parte inferior del recipiente exterior.
- Válvulas de seguridad de la cámara de vacío (3 unidades): conexión con bridas DN100 situadas en la parte superior del recipiente exterior.
- Todas las tubuladuras que estén unidas al recipiente interior se situarán en una zona de este recipiente cercana al soporte fijo.
- Válvulas Preferentemente Soldadas: Inox-Inox, Inox-Bronce.

4.1.3. Características de los depósitos

Los depósitos deben construirse en España de acuerdo con la Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento de Aparatos a Presión, ITC-MIE-AP 15 (apartados 2, 3 y 4).

Los depósitos serán suministrados equipados con toda su valvulería, instrumentación y elementos de control incorporados.

Los dos depósitos se caracterizan por:

- Fabricante: DIVISIÓN ESPAÑOLA DE L' AIR LIQUIDE, S.A.

- Marca: DEAL
- Modelo: EFH-120000-PN5
- Código de construcción: CODAP (Francia)
- N° fabricación: 166-13
- N° placa industria: 962847 de 15-10-90
- Contraseña tipo: AP 115
- Capacidad geométrica: 130000 l
- Capacidad útil: 120000 l
- Diámetro recipiente exterior: 3900 mm
- Diámetro recipiente interior: 3400 mm
- Longitud total exterior: 16622 mm
- Longitud total interior: 15900 mm
- Presión de trabajo: 5 Kg/cm²
- Presión máxima de servicio: 5,3 Kg/cm²
- Presión de prueba: 8 Kg/cm²
- Temperatura de trabajo: -162 °C
- Material del recipiente interior: Acero inoxidable AISI 321

- Material del recipiente exterior: Acero al carbono
- Aislamiento intermedio: Vacío + perlita
- Fluido contenido: Gas natural licuado
- Peso del recipiente con aislante: 40000 Kg
- Peso total con GNL (d = 0,46 Kg/l): 95200 Kg

4.1.4. Características de los serpentines de puesta a presión rápida (PPR)

Los PPR están diseñados para mantener constante la presión en el interior del tanque, para un caudal de emisión de gas de 2500 Nm³/h durante un período continuo de 8 h.

Los dos serpentines se caracterizan por:

- Fabricante: DIVISIÓN ESPAÑOLA DE L' AIR LIQUIDE, S.A.
- Marca: DEAL
- Modelo: SERPENTIN PPR
- N° fabricación: 188-9-340-2
- N° placa industria: 9/9766 de 24-7-90
- Contraseña tipo: Modelo único
- Capacidad geométrica: 20 l
- Capacidad útil: 20 l
- Presión de trabajo: 5 Kg/cm²

- Presión máxima de servicio: 20 Kg/cm²
- Presión de prueba: 26 Kg/cm²
- Temperatura de trabajo: -162 °C
- Material: Aluminio
- Fluido contenido: Gas natural licuado

4.2. INSTALACIÓN DE DESCARGA DE CISTERNAS

4.2.1. Objetivo

El objeto de esta instalación es realizar el trasvase del GNL entre los camiones cisterna criogénicos y los depósitos de almacenamiento.

4.2.2. Descripción

La instalación se compone de tres líneas:

- La línea de descarga propiamente dicha que conduce el GNL desde el camión cisterna hasta los depósitos de almacenamiento
- La línea de salida de GNL del camión cisterna hacia el regasificador de puesta en presión rápida.
- La línea de GNL regasificado de retorno hacia el camión cisterna.

Para producir la descarga de los camiones cisterna es preciso regasificar una fracción del GNL transportado para, así, desplazar el GNL del camión con gas natural. Esta función se realizará en el regasificador de puesta en presión rápida.

Este equipo es un intercambiador de tubos aleteados, de tipo horizontal, que produce la regasificación del GNL tomando calor del ambiente.

La conexión entre la instalación fija (la planta de almacenamiento) y el camión cisterna se llevará a cabo con mangueras criogénicas.

La longitud de estas mangueras criogénicas será de 5 m. Dos de las mangueras serán de ½” (DN40) y la tercera de 3” (DN80). Estarán conectadas a la instalación fija mediante bridas PN16 y tendrán en sus extremos bridas terminales para conexión tipo ENAGAS.

Para realizar la despresurización de las mangueras previa a su desconexión, la instalación estará provista de válvulas criogénicas de purga.

La instalación de descarga de las cisternas estará diseñada para realizar la operación completa en un tiempo máximo de dos horas, desde que la cisterna llega a la planta hasta que la abandona. El tiempo de descarga de las cisternas habituales de aproximadamente 40 m³ suelen tener una duración media de una hora y media.

4.2.2.1. Características técnicas

Serán standards para este tipo de plantas, concretadas en:

- Capacidad de descarga: 20 m³ GNL/h aprox.
- Presión de servicio máxima: 10 kg/cm²
- Presión nominal: PN 16 ó ANSI 150
- Presión de prueba: 24 kg/cm²
- Temperatura de diseño: -162 °C
- Tubería de descarga GNL: Diámetro 3”

- Tuberías de presurización: Diámetro 1 ½”
- Tiempo de descarga: Aproximadamente 2 horas

4.2.2.2. Elementos de la instalación

- 2 mangueras flexibles criogénicas de diámetros 1 ½” y 1 de 3”, de 5 m de longitud, con terminales para cisterna tipo ENAGAS.
- 4 válvulas de interceptación criogénicas manuales y/o automáticas de diámetros de 1 ½” y 2 de 3” para maniobras de presurización de cisternas y vaciado cisterna/tanque.
- 1 válvula de retención criogénica de 3” para evitar la presurización de la cisterna por retorno de presión de tanques.
- 6 válvulas de seguridad criogénicas para despresurización de tramos de tuberías entre válvulas de interceptación.
- 2 manómetros de inox. $\frac{3}{4}$ 100 - 0 – 10 kg/cm².

4.2.3. Características del serpentín de puesta a presión rápida (PPR)

Se trata de un regasificador atmosférico, formado por: serpentín destinado a regasificar parte del GNL de la cisterna del camión para la fase gas de la misma.

Sus características son las siguientes:

- Fabricante: DIVISIÓN ESPAÑOLA DE L’AIR LIQUIDE, S.A.
- Marca: DEAL
- Modelo: SERPENTIN PPR

- N° fabricación:	160-307
- N° placa industria:	962834
- Contraseña tipo:	Modelo único
- Capacidad geométrica:	60 l
- Capacidad útil:	20 l
- Presión máxima de trabajo:	20 kg/cm ²
- Presión de prueba:	26 kg/cm ²
- Temperatura de trabajo:	-162 °C
- Material:	Aluminio
- Fluido contenido:	Gas natural licuado

4.3. INSTALACIÓN DE REGASIFICACIÓN

4.3.1. Objetivo

El objeto de la instalación de vaporización tiene como misión calentar el GNL procedente de los depósitos hasta la temperatura ambiente (10-15 °C) para el total del caudal de emisión.

4.3.2. Descripción

La instalación se compone de una línea de vaporización de capacidad 4000 Nm³/h de GN. Se dejarán esperas para la instalación de una segunda línea. Comprende un

intercambiador de acero al carbono, atmosférico, en el cual se encuentra inmerso un serpentín de tubos aleteados de acero inoxidable por los que circula el GN.

En el intercambiador además de producirse el cambio de estado del GNL, también se produce un calentamiento hasta una temperatura de 15 °C, que será la temperatura de entrada del gas a la ERM.

Estará preparado para soportar los esfuerzos térmicos a que se someterá durante la operación: la temperatura de entrada del GNL es de -165 °C y en la carcasa el agua se encuentra a 90 °C.

Cabe señalar que el fluido transmisor es agua caliente procedente del sistema de producción (sala calderas) y que no será objeto de estudio la instalación de este sistema. Sí que se señalará la demanda calorífica necesaria para que el vaporizador funcione correctamente.

4.3.2.1. Elementos de la instalación

- 6 válvulas de interceptación y by-pass criogénicas.
- 4 válvulas de escape de seguridad.
- 1 cuba metálica de acero al carbono, destinadas a contener agua calentada por el circuito de calderas.
- 2 termostatos antideflagrantes de regulación de la temperatura del agua.
- 3 válvulas de interceptación de entrada agua de red.
- 1 sistema automático control nivel de agua.
- 1 válvula de purga de agua.
- Tapa de protección.

- Calorifugado exterior.

4.3.2.2. Instalación de seguridad de temperatura

4.3.2.2.1. Descripción

Está formada por dos termostatos que en caso de baja temperatura, mandarían primeramente una señal de alarma para su corrección y posteriormente en caso de no ser subsanada la anomalía proceder al cierre de la emisión de gas mediante la actuación de una electroválvula que activará el cierre de la válvula general de salida de emisión.

4.3.2.2.2. Características

La instalación se compone de:

- 2 termostatos antideflagrantes $-10\text{ }^{\circ}\text{C} + 50\text{ }^{\circ}\text{C}$.
- 2 sistemas de alarmas acústicas y visuales.
- 1 electroválvula de ejecución antideflagrante DN 6" y PN16.
- 4 válvulas de aislamiento y by-pass tipo esférico de bola, cuerpo de acero, DN 6" y PN16.

5. INSTALACIONES COMPLEMENTARIAS

5.1. ALCANCE

Se concretan como instalaciones complementarias:

- La instalación de la estación de regulación y medida (ERM).
- La instalación de odorización.
- La instalación de defensa contra incendios.
- Obra Civil.
- La instalación de control.

Es así, que las instalaciones complementarias de este proyecto que tendrán alcance serán las 2 primeras anteriormente dichas y con un breve comentario sobre las restantes.

5.2. INSTALACIÓN DE LA ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDIDA

5.2.1. Objetivo

El objeto de esta instalación es reducir y establecer la presión del gas y medir el volumen emitido.

5.2.2. Descripción

La ERM se diseñará de acuerdo con el Reglamento de Redes y acometidas de combustibles gaseosos (MIG-R.7.2)

La ERM estará dotada de una doble línea de regulación y una línea de contaje con by-pass manual, de modo que se asegure, con un elevado grado de garantía, que el suministro no se verá interrumpido ante el fallo de un elemento singular.

Sólo se admitirán los elementos de acero o fundición nodular en válvulas y reguladores y se certificará su uso para condiciones criogénicas.

El esquema de la ERM tendrá dos líneas de regulación, un by-pass, un sistema de odorización y un esquema de contaje.

Los elementos de cada una de las líneas de regulación básicamente serán los siguientes:

- Válvula de corte a la entrada: Es una válvula de esfera de paso integral de tipo “fire-safe”. Se conectará mediante bridas PN16 y tendrá mando manual por palanca.
- Filtro de malla.
- Conjunto de regulación: Estará compuesto por un regulador y una válvula de interrupción de seguridad (VIS) de máxima y de mínima. El regulador podrá ser de acción directa, del tipo “fail to open”. Todos los elementos serán de los tipos homologados por el Grupo Gas Natural-Enagas. La válvula VIS podrá estar integrada en el regulador, aunque tendrá actuación totalmente independiente.
- Conjunto de manómetros: Aguas abajo de cada regulador se instalará un manómetro provisto de válvula de corte y purga. Los manómetros tendrán una esfera de 100 mm de diámetro y una precisión del 1 % del fondo de escala.
- Una válvula de escape de seguridad (VES) que libere a la atmósfera el exceso de presión en caso de que los reguladores no actúen correctamente. Se conectará a la línea que une los elementos de regulación con los de contaje y su salida se conducirá hasta un lugar seguro (mínimo 4 m sobre la superficie del terreno circundante). Será capaz de liberar, como mínimo, el 1 % del caudal máximo de emisión.

- Válvula de corte a la salida: Cada línea de regulación dispondrá de una válvula de mariposa accionada por palanca, aguas abajo de la segunda etapa de regulación. La finalidad de esta válvula es aislar la línea de regulación para mantenimiento. Su presión de diseño será PN16 como mínimo y será de doble junta, sobre asiento esférico.

La salida de las líneas de regulación estará unida con la línea de contaje. Se establece un by-pass de modo que se permita operar cualquier conjunto de líneas de regulación y contaje. Los elementos que integran la línea de contaje son los siguientes:

- Válvula de corte a la entrada: Será de tipo mariposa actuada mediante palanca manual. La presión de diseño será de PN16 como mínimo.
- Contador de gas: Será un contador de tipo cuantómetro; una medida de flujo electromagnético con totalizador. El error de la medida será inferior al 2,5 %. Su presión de diseño será de PN16 como mínimo. Estará conectado mediante bridas a las líneas. Dispondrá de un contador de Baja Frecuencia libres de Tensión.
- Válvulas de corte a la salida: Será de tipo mariposa actuada mediante palanca manual. Su presión de diseño será de PN16 como mínimo. Será de doble junta sobre superficie esférica.
- Manómetro indicador: Se situará aguas arriba del contador e indicará cuál es la línea de contaje que está en operación. Tendrá una esfera de 100 mm y un error inferior al 1 % del fondo de escala. Estará dotado de válvula de corte con punto de purga.

5.2.3. Condiciones de diseño de los reguladores

- La capacidad de emisión de la planta corresponderá al 70 % de la capacidad máxima del regulador.

- La presión de entrada podrá variar entre un mínimo de 3,5 bar y un máximo de 5 bar.
- La presión de salida, salvo que se indique otro valor en las condiciones técnica particulares, será de 2,5 bar, aunque deberá ser posible garantizar una presión superior (hasta 4 bar) siempre y cuando la presión en los depósitos de almacenamiento lo admita.
- La oscilación máxima de la presión aguas abajo del regulador será de +/- 2,5 % para todo el rango de caudal (del 0 % al 100 % de la capacidad del regulador).
- Se asegurará un cierre total del regulador (caudal nulo) con una sobre presión máxima del 5 % de la presión de tarado.
- El nivel máximo de ruido será de 85 dBA medidos a 1 m del regulador, en las peores condiciones de operación.

5.3. INSTALACIÓN DE ODORIZACIÓN

5.3.1. Objetivo

El objeto de esta instalación es facilitar la detección del gas natural ante una eventual fuga, añadiéndose a la corriente de salida del gas emitido una pequeña cantidad odorizante.

5.3.2. Descripción

La odorización tendrá lugar a la entrada de la ERM. Como agente odorizante se utilizará el THT (tetrahidrotiofeno: C_4H_8S).

La instalación de odorización deberá garantizar que la concentración de odorizante en el gas emitido se sitúe en el rango de 5 mg/Nm^3 a 30 mg/Nm^3 para un caudal emitido que varíe entre el caudal nominal de emisión y un caudal de 1/50 del anterior.

La condición de diseño será de 30 mg/Nm³ para el rango de caudales emitidos considerado.

5.3.2.1. Elementos principales

- Placa de orificio. Se instalará entre lindas de PN16 y provocará una pérdida de carga en la línea de gas tal que permita la succión del odorizante desde el depósito. Como valor indicativo, esta pérdida de carga será de 0,1 bar para la capacidad de emisión de la planta.
- Depósito de almacenamiento de THT. Es un recipiente construido según las prescripciones del Reglamento de Redes y acometidas de combustibles y elementos auxiliares. El volumen del depósito será de 200 l para un caudal de emisión de 4000 Nm³/h con un consumo de THT máximo de 20 l/semana.
- La presión de diseño será de 7 bar. El material de construcción será acero al carbono Materiales API 5L Grado B SCH 40, dimensiones ANSI B36.10. El depósito tendrá los siguientes accesorios:
 - o Válvula de llenado provista de conexión de enchufe rápido. Es una válvula de bola de ½” realizada en acero al carbono.
 - o Válvula de vaciado y purga. Se situará en la parte inferior del depósito. Es una válvula de bola de ½” realizada en acero al carbono con tapón roscado.
 - o Conexión de toma de presión. Permite equilibrar la presión con la existente aguas arriba de la placa de orificio. Será de ½” y llevará una válvula de bola en acero inoxidable.
 - o Conexión para inyección. Se situará en la parte del depósito (o en la parte superior si se instala un tubo buzo). Su dimensión será de ½” y llevará una válvula de aguja para la regulación del caudal de THT inyectado, realizada en acero inoxidable.

- Transmisor de nivel o boya magnética de 2 contactos.
 - Manómetro, provisto de válvula de corte y purga.
 - Indicador de nivel, de tipo visor de vidrio, provisto de válvulas de corte.
 - Soporte de apoyo que asegure la estabilidad del conjunto.
- La odorización se realizará mediante un sistema de laminación con depósito calorifugado. La instalación deberá estar preparada para soportar la interperie.
 - Tubing de interconexión. Todo estará realizado en acero inoxidable.

5.4. INSTALACIÓN DE DEFENSA CONTRA INCENDIOS

5.4.1. Objetivo

El objeto de esta instalación es tener un sistema que minimice los daños que se puedan producir en la planta en el caso de que se produjera un incendio.

5.4.2. Descripción

Estará formada por la instalación de carros móviles de polvo seco y la instalación fija de refrigeración de tanques.

5.4.2.1. Instalaciones móviles de polvo seco

De acuerdo con el apartado de cálculos de la presente memoria se instalarán 6 carros móviles de 100 kg de polvo seco cada uno más 1 carro de 50 kg para cada tanque, que se situarán en la zona próxima a los tanques y en lugar fácilmente accesible, además de 4 carros de 100 kg suplementarios en la zona de Regasificación.

5.4.2.2. Instalación fija de refrigeración (duchas)

El circuito de agua para la refrigeración de los tanques constará de una red abastecida del propio circuito contraincendios de la planta de proceso.

Se colocarán 12 pulverizadores por cada tanque situados directamente encima de los tanques y cubriendo, con su acción, la superficie expuesta de los mismos.

El caudal requerido por el sistema de refrigeración de 120 m³/h (40 m³/h por tanque con 3 l/m²·h)

5.5. OBRA CIVIL

5.5.1. Alcance

No será objeto del presente proyecto el estudio y acondicionamiento del terreno para la adecuación de las diferentes instalaciones. Exclusivamente se tendrá en cuenta lo que obliga el reglamento de Aparatos a Presión según la ITC MIE AP-15 en referencia a la obra civil.

5.5.2. Clasificación de la instalación

De acuerdo con la clasificación dada en el apartado 5.2. de la ITC MIE AP-15, la instalación se clasifica dentro del grupo E de 200 a 300 m³ de capacidad.

5.5.3. Distancias de seguridad

Se han adoptado las indicadas en la tabla I de la ITC mayoradas a efectos de facilitar la distribución y circulación por la zona de planta, según plano (“”) de Implantación y distancias de seguridad adjunto.

5.5.4. Cubetos

Se han establecido 3 cubetos independientes de 0,60 m de altura en todo su perímetro, eventualmente mayorados hasta 1,5 m en la zona de válvulas, de acuerdo con el apartado 5.5. de la ITC MIE AP-15 con objeto de que h supere a cualquier brida o válvula en fase líquida, en el caso de que estas superen los 0,60 m de altura.

5.6. INSTALACIÓN DE CONTROL

5.6.1. Introducción

El funcionamiento usual de las plantas satélites es manual aunque se puede automatizar en mayor o menor grado dependiendo de factores tales como el número de operarios en planta, frecuencia de las descargas, distancia entre tanques y sala de control, entre otros. Las operaciones más usuales se limitan a las siguientes:

- Descarga de cisternas a uno de los tanques.
- Puesta en servicio de un tanque en sustitución de otro.
- Descarga de la fase gas de un tanque a la salida del regasificador de GNL
- By-pass de regasificadores o recalentadores

5.6.2. Objetivo

El objeto de esta instalación es fijar un grado mínimo de control a distancia dirigido a incrementar la seguridad de las instalaciones.

5.6.3. Descripción

Pese a la simplicidad de la instalación, se ha fijado un grado mínimo de control que es el siguiente:

- Colocación de válvulas Todo/Nada criogénicas a la salida de la fase líquida de cada tanque, mando neumático a distancia, presión de N₂ abre, muelle cierra:

Función: Intercepta la salida del GNL de cada tanque pulsando el botón correspondiente del cuadro de control, por el cual se activa la válvula electromagnética de 3 vías y se despresuriza el servomotor de la válvula criogénica, la cual cierra por la acción del muelle.

- Colocación de un transmisor de nivel en cada uno de los depósitos con salida a 4-20 mA y con un indicador digital en el cuadro de control.
- Colocación de un transmisor de presión salida a 4-20 mA en la fase gaseosa de cada uno de los depósitos, con registrador gráfico en el cuadro de control.
- Colocación de un transmisor de temperatura de salida a 4-20 mA situado a la salida del regasificador de agua caliente y con registro gráfico en el cuadro control.
- Sistema de cierre de salida del gas natural compuesto por: 2 termistatos antideflagrantes cuyas sondas estarán en contacto con el gas a la salida del regasificador.

El 1º termostato tarado a -5° C y señalizado en el cuadro de control con una alarma.

El 2º termostato estará calibrado a -10° C y actuará sobre una electroválvula, la cual cortará el paso del gas al actuador neumático de la válvula de salida, con lo cual el muelle cerrará la válvula.

El pulsador de activación se encontrará situado en el cuadro de control.

- Instalación de un corrector PTZ con señal de 4-20 mA de presión, temperatura y volumen.

6. MONTAJE MECÁNICO, PRUEBAS Y PUESTA EN MARCHA

6.1. MONTAJE

En este apartado se describirán los criterios a seguir que deben tener la instalación criogénica.

Respecto a los tanques, regasificadores, calderas y ERM junto con sus complementos son de responsabilidad del montaje, del fabricante que lo diseña según demanda a la necesidad del caudal de GNL del presente proyecto.

6.1.1. Tuberías

Serán de acero inoxidable según ANSI B-36.9 ó equivalente y calidad AISI 304, 304L, 316L y/o 316H (en general aceros austeníticos al Cr-Ni); el schedule será 10S.

6.1.2. Conexiones

- Hasta diámetros de 1 ½" inclusive podrán ser roscadas.
- Para diámetros superiores serán mediante bridas ANSI 150 o soldadura.

6.1.3. Accesorios

- Standard de fabricación según ASTM A-403 WP-304 ó equivalente.
- Dimensiones según ANSI B-16.9 ó equivalente.

6.1.4. Soldaduras

- Para efectuar las soldaduras en las canalizaciones o uniones de acero inoxidable se utilizará soldadura TIG con protección por corriente de gas inerte (argón).

- Las soldaduras serán efectuadas por personal previamente homologado.

6.1.5. Radiografiado

La totalidad de las soldaduras criogénicas efectuadas se radiografiarán al 100 %, con calificación según UNE 14011 y calidades 1 y 2.

El montaje de las instalaciones no criogénicas responderán a los criterios reflejados en los planos. La presión nominal de los equipos será PN 16 ó ANSI 150.

6.1.6. Bridas

- Standard de fabricación según ASTM A-182, F-304 ó equivalente.
- Dimensiones según ANSI B-16.5 ó equivalente.

6.1.7. Juntas

Las juntas serán compatibles con las temperaturas criogénicas de servicio.

6.1.8. Válvulas criogénicas

6.1.8.1. Válvulas de interceptación

- Materiales: Acero inoxidable y bronce.
- Tipo: Compuerta o globo.
- Cuello largo
- Conexión por brida o roscadas, según diámetros.
- Temperatura de diseño: -196° C.

- Presión de prueba mínima: 25 kg/cm² ef.

6.1.8.2. Válvulas de seguridad

- Materiales: Acero inoxidable.
- Tipo: Muelle.
- Conexión por brida o roscadas, según diámetros.
- Temperatura de diseño: -196° C.
- Presión de disparo: 5-9 kg/cm² ef.

6.2. PRUEBAS

Independientemente de las pruebas efectuadas por los fabricantes de los componentes individuales (depósitos , filtros, regasificadores, calderas, reguladores, etc.), de las que se adjuntarán con la documentación de proyecto los correspondientes protocolos y certificados, el suministrador procederá a efectuar las siguientes pruebas en presencia de la Propiedad o sus representantes.

6.2.1. Prueba de los depósitos de GNL

Se realizará tal y como se estipula en el Reglamento de Aparatos a Presión (Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-AP15).

6.2.2. Prueba de resistencia en taller (y/o timbrado como aparato a presión)

Consistirá en una prueba hidrostática realizada a 1,3 veces mínimo la presión máxima admisible de operación y como mínimo a 2 bar.

Dada la división de cada línea en zona de alta presión y ala existencia de las tuberías de fuel-gas y de agua caliente, se efectuará una prueba para cada zona con diferente presión máxima admisible de operación.

La presión se mantendrá durante el tiempo necesario para inspeccionar todas las uniones y nunca menor de 60 minutos.

Las pruebas hidráulicas en canalización se efectuarán con manómetro y registrador, ambos calibrados recientemente por organismo oficial y con escalas adecuadas a las presiones de prueba en cada caso.

6.2.3. Prueba de estanqueidad (en campo)

Se efectuará con nitrógeno, a una presión 1,1 veces la presión máxima de operación y para las diversas zonas (alta y baja presión de las líneas y del sistema de fuel-gas) que trabajan con gas.

La duración de la prueba será la necesaria para controlar por medio de solución espumante la no existencia de fugas en ninguna unión y nunca menor a 6 horas.

La forma de efectuar la prueba será la siguiente:

1. Aumento lento de presión hasta la máxima presión de prueba.
2. Mantenimiento de la presión al menos 20 minutos, dar jabón a las juntas y controlar las eventuales fugas.
3. Reducción lenta de presión hasta, aproximadamente el 20 % de la máxima presión de prueba.
4. Mantenimiento de la presión reducida al menos 20 minutos.
5. Aumento lento de la presión hasta obtener de nuevo la presión máxima. Dar nuevamente jabón a las juntas y controlar las eventuales fugas.

6. Mantenimiento de la presión de prueba durante 6 horas, con registro de presión.

6.2.4. Prueba de funcionamiento (en taller del fabricante)

Consistirá en una comprobación, vehiculando nitrógeno, de los puntos de tarado de las válvulas VIS, reguladores y demás elementos de la instalación.

6.2.5. Puesta en frío de la instalación

Tras las pruebas de presión y estanqueidad se realizará un barrido con gas que será de toda la instalación criogénica con objeto de eliminar la humedad. Los depósitos deberán suministrarse a la planta ya secos y con el vacío exigido realizado en la cámara intermedia.

Se presurizará la instalación con nitrógeno, comprobándose el tarado de las válvulas de seguridad.

Tras esta operación, y manteniendo abiertos los venteos, se irá introduciendo lentamente nitrógeno líquido en la instalación, con objeto de hojear la temperatura.

Cuando se verifique que en los depósitos se mantiene el nitrógeno en estado líquido, se puede considerar que la instalación está fría. Es este momento puede iniciarse la introducción de GNL.

Se realizará la purga de la mezcla nitrógeno-gas natural por un punto situado aguas abajo del regasificador, hasta que el contenido de nitrógeno sea muy bajo.

6.2.6. Prueba de funcionamiento

Las pruebas de funcionamiento, a realizar con la operación dirigida por y en el momento que indique la Propiedad, con la planta operando con gas, será tales que se verifiquen al menos, las siguientes operaciones:

1. Comprobación del funcionamiento de indicador de presión diferencial de los filtros, con anotación de la pérdida de carga.
2. Comprobación del punto de consigna de disparo de la válvula VIS de cada línea provocando 3 disparos. Comprobación de la estanqueidad de la válvula VIS cerrada.
3. Comprobación del valor de presión regulada, comprobación de la presión de cierre y funcionamiento a caudal máximo y mínimo de los reguladores de presión de cada línea.
4. Comprobación del tarado de la válvula de alivio provocando un disparo.
5. Comprobación de la estanqueidad después del disparo.
6. Comprobación de la operabilidad sin agarrotamientos de las válvulas de paso de cada línea, así como su estanqueidad.
7. Comprobación de que los contadores giran normalmente.
8. Comprobación del funcionamiento del sistema de conmutación de líneas al subir y bajar el caudal.
9. Comprobación del funcionamiento de las calderas y sus seguridades de detección de llama y alta temperatura. Comprobación del funcionamiento de todas las bombas de circulación de agua caliente así como el control de temperatura del gas.
10. Comprobación de los armarios de control y de calderas.
 - Verificación mecánica, conexiones, ausencias de golpes, etc.
 - Comprobación de la limpieza interior y exterior.

- Verificación de la resistencia de aislamiento de los circuitos principales con megger de 1000 V. La prueba se efectuará con los interruptores cerrados y antes de conectar los cables de los circuitos exteriores.
- Poner en tensión los armarios y efectuar el control de los circuitos, eficacia del aparellaje y el funcionamiento correcto de las señalizaciones y mandos.
- Comprobación de la entrega correcta de las señales a telecontrol.

6.3. CERTIFICADOS

Se requerirán los siguientes certificados de los equipos y del personal:

- De prueba de presión: Tanque criogénico, regasificadores y válvulas de seguridad.
- De origen: De los materiales de importación.
- De calidad: De los materiales del tanque criogénico y de los tubos de acero inoxidable del circuito criogénico.
- De homologación: De los soldadores del circuito criogénico.

6.4. PUESTA EN MARCHA

Una vez puesto en frío se procederá a la primera descarga de la cisterna de GNL.

Justo antes se purgará el nitrógeno existente en su interior, líquido y gas, a través de las válvulas de purga y venteo. A continuación se efectuará el llenado del tanque a través de la válvula de llenado de la fase líquida y mediante paso de GNL a través de la válvula de llenado de la fase gas se controlará la presión interior del depósito.

7. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO

7.1. ALMACENAMIENTO DE GNL

7.1.1. Estado de la instalación

- En el momento de la descarga del GNL de la cisterna, el depósito a cargar debe estar entre un 15-20 % de su capacidad total.
- El depósito a cargar dejará de funcionar y se dará paso al otro depósito para que la instalación no deje de funcionar.
- La cisterna viene presurizada a 1 bar aproximadamente.
- El depósito estará presurizado entre 3,5 – 4 bars
- Los flexibles criogénicos están desconectados.

7.1.2. Conexión de las mangueras criogénicas

El encargado de realizar el trasvase será el conductor de la cisterna quién conocerá la normativa de ENAGAS en el procedimiento de descarga del GNL. Con esta persona también se encontrará personal autorizado de la entidad para supervisión y apoyo en caso de alguna incidencia.

Entre cada depósito y las bocas de trasvase existe un órgano de funcionamiento automático o telecomandado (válvula de exceso de flujo, retención o similar) que, en caso de rotura accidental de la conducción flexible de descarga del camión cisterna, permite el corte rápido de la corriente líquida descargada. El conductor del vehículo transportista, de ocurrir este percance, cerrará las válvulas del camión-cisterna y avisará inmediatamente al responsable para que cierre la válvula correspondiente a la instalación de la planta.

Antes de conectar las mangueras a la instalación de descarga, el responsable de planta habrá comprobado el estado de las juntas y, si no es correcto, las cambiará por otras en buen estado.

La conexión de las mangueras a la cisterna la efectuará únicamente el conductor, con las llaves especiales que a tal efecto lleva la cisterna. Previamente a la conexión, se retirarán los tapones de las mangueras y las tapas de las bocas de carga de la cisterna y, a continuación, se conectarán las mangueras de la zona de descarga a la cisterna.

En el caso de que las mangueras no dispongan de válvulas de corte en sus extremos será necesario purgarlas, realizando las operaciones siguientes:

- abrir todas las válvulas de corte de la planta situadas en la estación de descarga, las válvulas de corte y de by-pass de la cisterna.
- abrir la purga de la cisterna.
- realizar un barrido rápido con gas con el fin de eliminar la posible suciedad y/o humedad de las mangueras.
- cerrar las purgas.

Una vez conectadas las mangueras no se comenzará la descarga propiamente dicha hasta que el conductor no haya comprobado la estanquidad de todas las conexiones del camión y el responsable de la planta las conexiones de la instalación de descarga. A continuación éste indicará al conductor que proceda a abrir las válvulas de la cisterna para iniciar su presurización.

7.1.3. Inicio de la descarga de GNL

La presión de la cisterna es inferior a la presión existente en el depósito y para ello se procede de la siguiente forma para igualar las presiones:

- abrir la válvula de duchas o válvula de llenado fase gas (W2) del depósito correspondiente.
- abrir la válvula de by-pass (VA-3) existente en la zona de descarga.
- abrir las válvulas de fase gas de retorno de gas a cisterna (VA-1) existente en la zona de descarga y en la propia cisterna (válvula manual).

Una vez realizadas estas operaciones, se deberá esperar a que se iguale la presión de la cisterna con la del depósito en un intervalo de +/- 0,2 bares aproximadamente.

Igualadas las presiones, se cerrará la válvula de by-pass y se procederá a aumentar la presión de la cisterna mediante el PPR existente en la zona de descarga y, a continuación, se realizará la descarga de cisterna de GNL según el procedimiento siguiente:

- abrir la válvula de fase líquida (VA-2) de la zona de descarga y de la cisterna.
- dejar abierta la válvula de retorno de fase de gas (VA-1).
- controlar la subida de presión de la cisterna.
- cuando la presión de la cisterna alcance aproximadamente 6 bar y previa autorización del responsable de la planta, se iniciará la descarga abriendo lentamente la válvula de entrada líquido (VA-20) a depósito situada en la estación de descarga. La entrada de líquido al depósito se efectuará por la válvula de duchas o válvula de llenado de fase gas (W2), ya que ésta se abrió al igualar la presión del depósito a la cisterna.
- Comprobar, antes de abrir totalmente la válvula, que el enfriamiento de las mangueras y tuberías de descarga es correcto y que no se producen fugas.

Este proceso dura aproximadamente 30 minutos.

En caso de que la presión de la cisterna supere los 6,5 bar (máxima presión de trabajo) se cerrará inmediatamente la válvula de la fase gaseosa del presurizador de cisterna y se avisará al responsable de la planta. También se deberá controlar la presión en el caso de que ésta bajara demasiado, ya que se debe mantener la presión mínima de consumo de la planta, definida por el operador de planta, abriendo la válvula de llenado de la fase líquida (W1) y cerrando la de llenado de fase gas (W2). La válvula de aislamiento del depósito (W3) siempre estará abierta y con la válvula del PPR del depósito (V1) cerrada para que no se proceda a la descarga del depósito.

Durante la descarga se mantendrá una diferencia superior a 1,5 bar entre depósito y cisterna, si esta diferencia disminuye se deberá disminuir el grado de apertura de la válvula de llenado de GNL (válvula manual de la cisterna o la de la zona de descarga) al depósito, recuperando así la diferencia de presión.

Durante el proceso el conductor permanecerá en las proximidades del camión, fuera de la cabina, dispuesto a intervenir por si fuera necesario cerrar las válvulas de la cisterna y retirar su vehículo, sin alejarse en ningún momento de la cisterna.

Durante la descarga, el responsable de la misma vigilará las posibles tensiones de las conexiones al ir elevándose la cisterna.

Si durante la operación de trasiego se observa el menor indicio de fuga en alguna de las partes de la instalación de trasvase, inmediatamente se detendrá la operación y no se reanudará hasta haber eliminado totalmente la anomalía. La misma disposición se adoptará cuando se observe cualquier otra anomalía en la planta.

7.1.4. Finalización de la descarga de GNL

Se dará por finalizada la operación de descarga de la cisterna de GNL cuando la presión del depósito suba 0,1 ó 0,2 bar en un intervalo pequeño de tiempo.

Entonces se igualará la presión de la cisterna y la del depósito mediante la apertura de la válvula de llenado de la fase líquida (W1) del depósito y el cerrado de la de duchas o de

llenado de la fase gas (W2), consiguiendo que el gas de la cisterna pase al depósito y se licue al entrar en la fase líquida.

Cuando se obtiene una diferencia de 0,2 a 0,3 bar entre la cisterna y el depósito, se da por finalizada la fase de igualar presiones al final de la descarga.

7.1.5. La finalidad de los aparatos que intervienen en la descarga

7.1.5.1. Las válvulas

- Válvula de llenado de fase gas (W2): el llenado del GNL se realiza por esta válvula para mantener la diferencia de presiones entre el depósito y la cisterna. El líquido entra por la parte superior del depósito a una temperatura de $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en su descenso arrastra las partículas gaseosas que están a una temperatura superior a la temperatura crítica, y así se consigue disminuir la presión del depósito.
- Válvula de llenado de fase líquida (W1): debido a que la presión del depósito puede disminuir y ser inferior a la presión de trabajo de la instalación, durante la descarga existe en algún momento en que se procede a realizar el llenado por esta válvula para así aumentar la presión del depósito hasta el punto en que no exceda la diferencia de 1,5 bar entre la cisterna y el tanque. La válvula de aislamiento (W3) siempre estará abierta y con la válvula del PPR del depósito (V1) siempre estará cerrada cuando se proceda a realizar este proceso.
- Válvulas auxiliares (VA-1, VA-2 y VA-20): son válvulas que facilitan el trasiego del GNL desde la cisterna al depósito. Mediante su manipulación correcta, tal y como conoce el conductor de la cisterna ya que está instruido por ENAGAS para la manipulación de estas válvulas, se consigue que la descarga se realice de forma eficaz y en el tiempo estimado. Además sirven para aislar la zona de descarga.

Junto a estas válvulas, están colocadas válvulas de purga, que tienen esa finalidad y además en caso de que exista una sobrepresión en la canalización, salten y desprendan el fluido .

- Válvula de retención o antiretorno (VR-3): es una válvula colocada aguas abajo de la válvula VA-20, que tiene como finalidad evitar el retroceso del GNL a la cisterna a causa de que aumente la presión del tanque y sea superior a la de la cisterna.
- Válvula de seguridad (S5): es una válvula que actúa automáticamente de forma que si en el circuito de carga del depósito se supera una determinada presión (5 bar aproximadamente) salta para que no se produzca ninguna incidencia en el depósito.
- Válvula de despresurización (V5): en el proceso de igualación de presiones de la cisterna y del depósito se puede dar el caso de que la presión existente no sea la adecuada para dar paso a la descarga, y se tenga que purgar parte del gas al exterior para disminuir la presión interna de la canalización.

7.1.5.2. Otros dispositivos

- Nivel (N): mediante los grifos de nivel inferior (ri), nivel superior (rs) y by-pass (re) se consigue medir el nivel del depósito y mediante un transmisor de nivel (TN) es posible obtener una señal analógica que indique el estado de llenado del depósito.
- Válvula rebosadero (W41): cabe incluir en este apartado esta válvula debido a lo que se refiere al control del llenado del depósito. Para ello un operario de la planta deberá estar visualizando esta válvula en el proceso de carga del depósito. Esta válvula es de seguridad en lo que se refiere al llenado ya que se podría dar el caso de que existiera algún fallo en los dispositivos que miden el llenado del depósito y por ello el operario en el caso de que viera que el fluido sale por esta válvula, envía una señal al responsable de planta para que se detenga la descarga de la cisterna.

7.1.6. Alternativas en la descarga

La instalación está diseñada de forma que exista la menor probabilidad de parar la planta por causas ajenas en la previsión de algún percance. Es por ello que se propone alternativas en el proceso de descarga tras la experiencia en el proceso.

7.1.6.1. Experiencia del conductor

Tras sucesivas descargas realizadas por un mismo conductor, éste adquiere la suficiente experiencia para realizar una descarga constante y sin que tenga que realizar ninguna otra operación para aumentar o disminuir la presión del depósito.

Para ello, el conductor debe regular la válvula de líquido de GNL situada en la estación de descarga (VA-20) de forma que entre el depósito y la cisterna exista una diferencia de presión de 1 bar aproximadamente. De esta forma se consigue un trasiego más lento pero dentro del margen de tiempo que requiere la descarga que es de 2 horas aproximadamente.

7.1.6.2. Presurización de la cisterna a través del otro depósito

La descarga de GNL del depósito se realiza a través de la válvula de descarga de línea (W6) y la válvula de trasiego (W8) que posteriormente se comentará en el apartado de descarga del depósito.

Dependiendo del depósito con el que se quisiera utilizar para cargar la cisterna, deberá estar cerrada la válvula auxiliar VA-13 cerrada y abierta la VA-11, o deberá estar cerrada la VA-13 y abierta la VA-10 y la VA-11.

Entonces realizando el proceso de descarga de un depósito (ver el apartado de su funcionamiento) se consigue hacer circular el fluido hacia el PPR de descarga y a través de la válvula VA-4 abierta, se pasa GNL al regasificador y de esta forma se aprovecha el GNL de un depósito para presurizar la cisterna.

7.2. DESCARGA DEL GNL DEL DEPÓSITO

7.2.1. Estado de la instalación

- El depósito tras su llenado, estará al 95 % con GNL.
- La presión en el depósito será entre 4 y 4,5 bar admitiéndose hasta un máximo de 5 bar.
- La temperatura del GNL será de $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.2.2. Proceso en el depósito

El depósito es autónomo, no precisa de aporte externo de energía y su funcionamiento es manual.

La salida del líquido del tanque provoca una disminución del nivel del mismo y aumenta el recinto ocupado por la fase de gas en la parte superior. Al estar el tanque térmicamente aislado no existe vaporización de líquido a gas, por lo que la presión de la fase gas disminuye al aumentar el recinto que ocupa. Para mantener la presión se instala el regulador (Rp), el cual abre al disminuir la presión en la fase gas y deja pasar gas al depósito y así se restituye la presión en la fase gas.

Con la válvula W1 cerrada, se deja pasar GNL por W3 y con la válvula del PPR (V1) abierta el fluido pasa por el regasificador a una temperatura de $-162\text{ }^{\circ}\text{C}$ y sale de éste a través del regulador (Rp) el cual permite el paso del gas al tanque por la válvula de aislamiento (W9).

En las primeras regasificaciones el gas entra más caliente al tanque (sobre $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$) y a medida que van pasando las horas, el gas que entra al tanque es más frío (sobre $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$) y sin llegar a la temperatura crítica ($-82\text{ }^{\circ}\text{C}$) debido a que se forman placas de hielo en las primeras zonas de contacto del GNL con el regasificador. El rendimiento del intercambiador vendrá dado por el intercambio de calor de las aletas, por el grado de humedad en el ambiente y por la velocidad del viento. Es por ello que tendrá mayor

eficacia el intercambiador si aumenta la velocidad del viento y disminuye la humedad del ambiente.

La presión que realiza el gas en el tanque hace que el GNL almacenado salga por la válvula de trasiego (W8) y aguas abajo se descargue por la válvula W6 donde se controla el paso a través de una señal digital. El GNL es canalizado a través de una tubería de 2" hasta llegar a una válvula auxiliar (VA-9) por donde el GNL entra al vaporizador.

7.2.3. La finalidad de los aparatos que intervienen en el depósito

7.2.3.1. Las válvulas

- Válvula de aislamiento del depósito (W3): es la válvula que permite la entrada del GNL en fase líquida durante la descarga de la cisterna y la que permite la salida del GNL durante la descarga del depósito. En caso de alguna incidencia se deberá cerrar para minimizar riesgos de fuga del gas natural.
- Válvula del PPR (V1): esta válvula permite el paso del GNL que sale del depósito al regasificador. Durante el proceso de descarga de la cisterna se mantiene cerrada y durante el proceso de utilización del GNL que sale del tanque se mantiene abierta.
- Válvula de aislamiento (W9): es la válvula que permite el paso de gas natural en fase gas al depósito cuando disminuye la presión dentro del tanque. Para ello se coloca un regulador de presión junto a esta válvula para que permita controlar la cantidad de gas que debe entrar en el depósito.
- Válvula de trasiego (W8): es la que permite la salida del GNL del tanque hacia consumo.
- Válvula de descarga de la línea (W6): a través de ella sale el GNL controlado a través de una señal digital (SD₃) que en caso de alguna incidencia la válvula se cerrará por telecomando.

- Válvula de retención o antiretorno (VR-1 ó VR-2): según del depósito que sea, son válvulas que tienen como función evitar que el GNL vuelva al depósito.
- Válvulas auxiliares (VA-12 ó VA-14): según del depósito que sea, son válvulas que permiten el paso del gas hacia la puesta al aire o venteo.
- Válvula de venteo o puesta al aire (V-12): permite la salida del nitrógeno en la puesta en marcha, además de aliviar la línea en caso de alguna incidencia en el vaporizador.
- Válvula de tres vías (Ri): permite la conexión de dos juegos de válvula de seguridad.
- Válvulas de seguridad (S1 y S2): tienen como función saltar automáticamente en caso de sobrepresión en el depósito. Una de ellas estará tarada 5,5 bar y la otra a 6,5 bar. Para mayor seguridad para que el proceso no deje de funcionar se instalan dos juegos ya que si falla uno, mientras se repara, el otro pueda funcionar.
- Válvula de seguridad (S6): permite la protección del gasificador.
- Válvulas auxiliares (VA-8 ó VA-9): permiten el paso del GNL hacia el vaporizador. Siempre están abiertas y caso de incidencia se cerrarán.

7.3. REGASIFICACIÓN

7.3.1. Sala de calderas

Para pasar el GNL a estado gaseoso es necesario un aporte calorífico que viene dado por la transmisión de calor de agua caliente.

7.3.1.1. Línea de gas

Tras la vaporización del GNL en el regasificador y tras el paso del gas por el sistema de odorización, parte del gas se desvía para utilizarlo como combustible en la sala de calderas.

Este gas está sometido a una presión de 4 bar aproximadamente y tras pasar por un regulador, entra a la caldera a una presión de 22 mbar.

Los componentes que participan en este circuito tiene la siguiente función cada uno de ellos:

- Presostato: calibrado entre 0 y 6 bar, visualiza el valor de la presión del gas tras su paso por el mismo.
- Válvula auxiliar de entrada y de salida: tiene como misión cerrar la línea en caso de algún percance. Colocadas una antes del filtro y la otra después del presostato de 60 mbar.
- Filtro: retiene las impurezas que pueden perjudicar al quemador de la caldera.
- Regulador de presión: Disminuye la presión del gas desde 4 bar a 22 mbar.
- Presostato: calibrado entre 0 y 60 mbar, visualiza el valor de la presión del gas tras su paso por el mismo y además controla que el regulador funciona correctamente.
- Válvula de purga: colocada entre el regulador de presión y el presostato, salta en caso de que la presión supere los 60 mbar.
- Contador: que marca el caudal de paso de gas natural hacia las calderas.

La zona entre las válvulas auxiliares de entrada y de salida está duplicada, con válvulas inclusive, para que en caso de que exista algún percance, pueda funcionar la otra línea.

7.3.1.2. Línea de agua

El circuito es cerrado y por él circula agua que entra a la caldera a una temperatura de 70 °C aproximadamente y sale de ella a una temperatura de 90 °C.

El agua sale del vaporizador por la línea de 4" que atraviesa un transmisor de temperatura (TT₆) que permite dar una señal analógica (A₆) y así refleja la temperatura del agua.

Aguas abajo del transmisor existe una doble línea (una de seguridad en caso de fallo de la otra) que contiene los siguientes componentes:

- Válvula auxiliar de entrada y de salida: tiene como misión cerrar la línea en caso de algún percance. Colocadas una antes del filtro de agua y otra después la válvula antiretorno.
- Filtro: que retiene las partículas que pueden afectar a las calderas. Debido a que el vaporizador es atmosférico, el circuito antes de llegar al filtro puede contener depósitos que pueda haber en el aire.
- Bomba (B1 ó B2): que impulsa el agua hacia las calderas y que permite la circulación de ésta con un caudal de 65 m³/h aproximadamente.
- Válvula de retención: permite la circulación del agua en un solo sentido.
- Válvulas de aislamiento: a la entrada y salida de cada caldera existe una válvula de corte o de cierre en caso de que no se necesite el uso de alguna de ellas.
- Mando de calderas: a la salida de todas las calderas, la línea que conduce el agua hacia el vaporizador, está controlada por el mando de calderas que da el aviso en el caso de que el agua salga a una temperatura menor de 60 °C.

7.3.2. Vaporizador

Está diseñado para que se produzca el cambio de fase de líquido a gas y para calentar el gas hasta una temperatura de 15 °C de un caudal del fluido de 4000 Nm³/h.

Por el vaporizador entra agua caliente de 90 °C que proviene de las calderas y sale el agua a 70 °C vuelta a las calderas para volverla a calentar. El GNL que proviene de los depósitos debido al rozamiento llega a una temperatura aproximada de -140 °C y sale del vaporizador a una temperatura de 15 °C.

A la salida del vaporizador se coloca un transmisor de temperatura (TT₅) que permite dar una señal analógica (A₅). De esta manera se controla la temperatura de salida del GN.

La tubería que canaliza el GNL desde los depósitos hasta el vaporizador es de 2". El GNL dentro del vaporizador circula por una tubería de 1" y a la salida el GN es conducido por una tubería de 6" hasta la entrada de la ERM.

Aguas abajo del transmisor de temperatura se coloca una válvula auxiliar para que en caso de incidencia se cierre manualmente.

7.3.2.1. Operación manual contra avería del circuito de calderas

La línea de proceso contiene una línea secundaria en caso de fallo del vaporizador. Esta línea está conectada mediante la válvula VA-8 al vaporizador.

En caso de fallo del vaporizador el GNL no se puede transformar a gas y para ello el operario en planta debe cerrar la VA-9.

Esta línea secundaria está a mayor altura que la línea principal y de esta forma se consigue que por diferencia de densidades el gas acumulado en la línea principal circule hacia la línea secundaria la cual servirá para uso en caso de necesidad de consumo mínimo.

Llegado a este punto, se hace necesaria la línea secundaria para tener un consumo mínimo. Para ello se cierra la válvula de trasiego W8 y se abre la VA-12. De esta forma se consigue que se aproveche la regasificación natural de los depósitos y de los PPR. Además se abre la válvula de llenado de fase gas W2 la cual deja pasar GNL hacia el PPR de descarga con la previa apertura de la válvula de by-pass (VA-3). De esta forma el GNL se regasifica y vuelve a la línea secundaria mediante la válvula auxiliar VA-5.

7.4. ODORIZACIÓN

El sistema de odorización permite que en caso de fuga de gas, éste pueda ser detectado por el olfato de las personas.

Se coloca aguas abajo del vaporizador. El sistema empleado es el de un diafragma el cual realiza un estrechamiento en la canalización entre la entrada y la salida del odorizador. Esto provoca que la presión antes del diafragma sea mayor que después de éste y de esa manera por vasos comunicantes parte del gas se desvía hacia el odorizador y la otra parte atraviese el diafragma.

El gas que pasa por el odorizador se mezcla por absorción y a su salida se devuelve a la corriente que ha pasado por el mismo, reestableciéndose la presión existente anterior a su entrada.

7.5. ESTACIÓN DE REGULACIÓN Y MEDIDA

Tras la salida del odorizador, el gas es conducido por la tubería de 6" hasta llegar a la ERM.

El gas pasa por dos presostatos los cuales tienen la función de indicar si existe el paso de GN.

Para evitar daños en la ERM, se instalan dos termostatos tarados a -5°C y a -10°C . Se colocan dos para mayor seguridad. En caso de que el gas pase a -10°C por el segundo termostato, aguas abajo de éste, se coloca una válvula de interceptación de cierre automático para evitar la emisión de gas a temperaturas inferiores a -10°C . Esta válvula

es de rearme manual. Esta seguridad, obligatoria según MIE-AP-15, tiene la función de proteger la zona construida en acero al carbono y red de salida de cualquier temperatura criogénica que pudiese alcanzar la zona de salida de la planta por rotura de la tubería de salida y consiguientemente elevado caudal de gas, o por un mal funcionamiento del sistema de calentamiento de la regasificación.

La ERM comprende dos partes, la primera la de regulación y la segunda la de medida. Las dos partes están diseñadas por duplicado según la MIE-R7.2 para que si existiera algún percance se pudiera utilizar la duplicada.

7.5.1. Estación de regulación

Está constituida por dos válvulas una de corte de entrada y otra de salida para aislar la zona en caso de mantenimiento.

El gas entra a una presión de 4 bar y pasa por un filtro que intercepta las impurezas que puedan dañar a los dispositivos de regulación.

A continuación atraviesa el conjunto de regulación constituido por el regulador de presión y por la válvula de interceptación (VIS) por máxima y mínima presión. El regulador hace disminuir la presión de 4 bar a 2,5 bar. En caso de fallo existe a continuación una válvula de escape (VES) que salta automáticamente.

7.5.2. Estación de medida

Está constituida por dos válvulas una de corte de entrada y otra de salida para aislar la zona en caso de mantenimiento.

La medición se realiza mediante un contador PTZ. A través de dos transmisores, uno de presión y otro de temperatura el contador recibe valores de presión y temperatura y mediante corrección del factor Z (programado en el aparato) para los gases reales, el contador calcula el caudal de paso a través de él. Previo a este existe un registrador que anota los valores de presión y temperatura del gas cada cierto tiempo.