0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	GRUPO 1	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV..	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

PROYECTO DE PLANTAS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	Proyecto Final	**0**
	REEMPLAZA:	

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.
0	EMISION FINAL	31/07/2020	LUC	ARC	MAC
C	EMISION PARA APROBACION	15/07/2020	LUC	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISION	23/04/2020	LUC	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	21/10/2020	LUC	ARC	MAC

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

LISTA DE DOCUMENTOS

Compresor KG-016A/B

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-HD-007**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 3

CLIENTE:

PROYECTO: **PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**

TÍTULO:

LISTADO DE DOCUMENTOS

GENERAL

DOCUMENTO Nº:

G1-GE-LD-001

REVISIÓN:	A	B	C	0
Página	2	de	3	

GENERAL

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	REVISIÓN	FECHA DE EMISIÓN	OBSERVACIONES
G1-GE-LD-001	Lista de Documentos	A	21/10/2019	
		B	23/04/2020	
		C	15/07/2020	
		0	31/07/2020	
G1-GE-AC-001	Análisis Contextual	A	21/10/2019	
		B	23/04/2020	
		C	15/07/2020	
		0	31/07/2020	
G1-GE-DP-001	Descripción del Proceso	A	21/10/2019	
		B	23/04/2020	
		C	15/07/2020	
		0	31/07/2020	
G1-GE-LO-001	Lay Out	A	21/10/2019	
		B	23/04/2020	
		C	15/07/2020	
		0	31/07/2020	
G1-GE-PP-001	Plot Plan	A	21/10/2019	
		B	23/04/2020	
		0	31/07/2020	
G1-GE-BD-001	Bases de Diseño	A	21/10/2019	
		B	23/04/2020	
		C	15/07/2020	
		0	31/07/2020	

CLIENTE:

PROYECTO: **PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**

TÍTULO:

LISTADO DE DOCUMENTOS

GENERAL

DOCUMENTO Nº: **G1-GE-LD-001**

REVISIÓN: A B C 0

PROCESOS

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	REVISIÓN	FECHA DE EMISIÓN
G1-PR-BME-001	Balance de Masa y Energía	A	21/10/2019
		B	23/04/2020
		C	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-DF-001	Diagrama de Flujo	A	21/10/2019
		B	23/04/2020
		C	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-PI-001	Diagrama P&ID: Brazos de Carga y Descarga	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-PI-002	Diagrama P&ID: Tanque de Almacenamiento TKA-001	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-PI-003	Diagrama P&ID: Tanque de Almacenamiento TKA-002	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-PI-004	Diagramas P&ID: Tanque de Almacenamiento TKA-003	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-PI-005	Diagrama P&ID: Sistema de Compresión	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-PI-006	Diagrama P&ID: Recondensador	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-PI-007	Diagrama P&ID: Bombas de Alta Presión	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-PI-008	Diagrama P&ID: Open Rack Vaporizer	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-PI-009	Diagrama P&ID: Puente de Medición Fiscal	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-PI-010	Diagrama P&ID: Colector de Venteos	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-PI-011	Diagrama P&ID: Knock Out Drum	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-PI-012	Diagrama P&ID: Servicios Auxiliares	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-HD-001	Hoja de Datos Tanques de Almacenamiento TKA-001/002/003	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-HD-002	Hoja de Datos Bombas de Baja Presión LP P-004A/B/C; 005A/B/C; 006A/B/C	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-HD-003	Hoja de Datos Recondensador RC-017	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-HD-004	Hoja de Datos Bombas de Alta Presión HP P-007/008/009/010	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-HD-005	Hoja de Datos Evaporadores ORV-011/012/013/014	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-HD-006	Hoja de Datos Separador Scrubber SSC-015	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-HD-007	Hoja de Datos Compresor KG-016A/B	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-HD-008	Hoja de Datos Válvula de Control	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-HD-009	Hoja de Datos Válvulas de Alivio	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-MC-001	Memoria de Cálculo Hidráulico	A	23/04/2019
		0	31/07/2020
G1-PR-MC-002	Memoria de Cálculo de Bombas de Baja Presión	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-MC-003	Memoria de Cálculo de Bombas de Alta Presión	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-MC-004	Memoria de Cálculo de Tanques de Almacenamiento	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-MC-005	Memoria de Cálculo de Recondensador	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-MC-006	Memoria de Cálculo de Evaporador	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-MC-007	Memoria de Cálculo de Separador Scrubber	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-MC-008	Memoria de Cálculo de Compresores	0	31/07/2020
G1-PR-MC-009	Memoria de Cálculo de Válvulas de Control	0	31/07/2020
G1-PR-MC-010	Memoria de Cálculo de Válvulas de Alivio	0	31/07/2020
G1-PR-LE-001	Lista de Equipos	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-LL-001	Lista de Líneas	0	31/07/2020
G1-PR-MCE-001	Matriz Causa Efecto	A	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-FO-001	Filosofía de Control	A	23/04/2019
		B	15/07/2020
		0	31/07/2020
G1-PR-IS-001	Isometría	0	31/07/2020
G1-PR-MA-001	Maqueta	0	31/07/2020
GI-PR-LI-001	Lista de Instrumento	0	31/07/2020

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.
0	EMISION FINAL	15/07/2020	LUC	ARC	MAC
C	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	23/04/2020	LUC	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/7/2020	LUC	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	21/10/2019	LUC	ARC	MAC

ITBA

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

ANÁLISIS CONTEXTUAL

GENERAL

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-GE-AC-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 14

ÍNDICE

1. OBJETIVOS....3
2. ALCANCE....3
3. ASPECTOS REGULATORIOS DE LA IMPORTACION Y DISTRIBUCION DE GAS NATURAL EN LA REPUBLICA ARGENTINA....3
4. OFERTA Y DEMANDA DEL GAS NATURAL....5
5. UBICACIÓN DE LA UNIDAD.... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6. PRECIOS E IMPUESTOS....13
7. SITUACIÓN ACTUAL....13
8. CAUDAL OPERATIVO ANUAL....14
9. REFERENCIAS....14

1. OBJETIVOS

Este documento tiene la finalidad de evaluar el contexto socio económico de la República Argentina con el objetivo de analizar la viabilidad de una instalación Revaporizadora de LNG, en alineación con el proyecto “Planta Revaporizadora de LNG” el cual sería llevado a cabo en el puerto de Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina. También se verá la descripción de dicho proceso.

2. ALCANCE

Este documento abarcará una descripción de la economía del gas natural, las condiciones actuales de oferta y demanda del mercado, y así como predicciones de las tendencias a futuro. También, se analizarán las regulaciones que rigen en la importación y distribución de gas natural para el su consumo. Además, se investigarán los aspectos que inciden económicamente sobre el proyecto, los cuales afectan su rentabilidad. Luego se verá la descripción final del proceso en base a las conclusiones económicas.

3. ASPECTOS REGULATORIOS DE LA IMPORTACION Y DISTRIBUCION DE GAS NATURAL EN LA REPUBLICA ARGENTINA

La entidad responsable de la regulación del transporte y distribución del gas natural en la República Argentina es ENARGAS (Ente Nacional Regulador del Gas). Dicha institución depende de la Secretaría de Gobierno de Energia del Ministerio de Hacienda. En el año 1992 se sancionó la ley 24.076, la cual determinó la privatización de dicha institución.

Actualmente, existen ciertas especificaciones que regulan la composición del gas de inyección. Las mismas se encuentran detalladas en la siguiente tabla:

Tabla 1: Especificaciones de calidad de gas natural en condiciones básicas

Parámetro	Unidad	Condición básica	Referencia de control
Dióxido de carbono (CO_2)	% molar	2 (5.1)	ASTM D 1945 / GPA 2261 / IRAM-IAP A 6852
Total de inertes (CO_2 + N_2)	% molar	4 (5.2)	ASTM D 1945 / GPA 2261 / ISO 6976 / IRAM-IAP A 6852
Oxígeno (O_2)	% molar	0,2	ASTM D 1945 / GPA 2261 / IRAM-IAP A 6852
Vapor de agua (H_2O)	mg/m3	65	ASTM D 1142 / IRAM-IAPG A 6856
Sulfuro de hidrógeno (SH_2)	mg/m_3	3	GPA 2377 / IRAM-IAPG A 6860
Azufre entero (S_{TOT})	mg/m3	15	GPA 2377 IRAM-IAPG A 6860 / IRAM-IAPG A 6861
Punto de rocío de hidrocarburo (PRHC)	ºC	<-4 @ 5500 kPa	GPA 2286 y Ecuación de Estado
Poder calorífico superior (PCS)	kcal/m3 MJ/m3	8850 – 10200 37,04 – 42,70	GPA 2172 / ISO 6976 / IRAM-IAPG A 6854 / ASTM D3588
Índice de Wobbe (IW)	kcal/m_3 MJ/m_3	11300 – 12470 47,30 – 52,20	ISO 6976 / IRAM-IAPG A 6854
Partículas sólidas y líquidas	-	(5.3)	Ver 6.9
Temperatura máxima	ºC	50	-

5.1. Este valor límite podrá ser superado con acuerdo del Transportista, no pudiendo ser en ningún caso superior a 2,5% molar.

5.2. Este valor límite podrá ser superado con acuerdo del Transportista, no pudiendo ser en ningún caso superior a 4,5% molar.

5.3. El gas estará técnicamente libre de arena, polvo, gomas y otras sustancias indeseables que pudieran ser separadas del gas, como los productos químicos utilizados en el Procesamiento del gas (aminas, glicoles, antiespumantes, etc.) y aceites lubricantes de equipos compresores, como así también de otros sólidos (con un tamaño superior a 5 micrones) o líquidos que lo tornarían no comerciable o causarían daño o interferirían con la correcta operación de las cañerías, reguladores, medidores y otros dispositivos a través de los cuales fluye; y no contendrá sustancia alguna no contenida en el gas desde el momento de su producción, con excepción de aquellos que pudieran ser necesarios para el transporte y la entrega del gas, siempre que éstas no provoquen que el fluido deje de cumplir con especificaciones de calidad dispuestas en la presente reglamentación. Técnicamente libre significa que los componentes mencionados no son detectables o cuantificables con los métodos disponibles, bajo condiciones reales.

Por dicha razón y a los efectos de preservar los sistemas de Transporte y Distribución, todo Punto de Recepción y/o Punto de Entrega deberá contar con un sistema de separación y filtrado de partículas sólidas y líquidas adecuado y de máxima eficiencia, capaz de cumplir con todas las exigencias que el fabricante indique como necesarias para lograr la pureza indicada en la corriente gaseosa. En base a lo indicado en la NAG 602, Norma de calidad del gas natural

Cabe destacar que dado que los requerimientos para el transporte marítimo de LNG son más exigentes que los requerimientos de distribución por gasoducto se puede prescindir de la realización de un tratamiento previo de acondicionamiento en la planta receptora.

Si se desea conocer la composición del gas importado, referirse al documento bases de diseño, G1-GE-BD-001.

4. OFERTA Y DEMANDA DEL GAS NATURAL

El la República Argentina, el consumo de gas natural está principalmente relacionado con la climatización (calefacción o refrigeración) en hogares, generación de energía y electricidad.

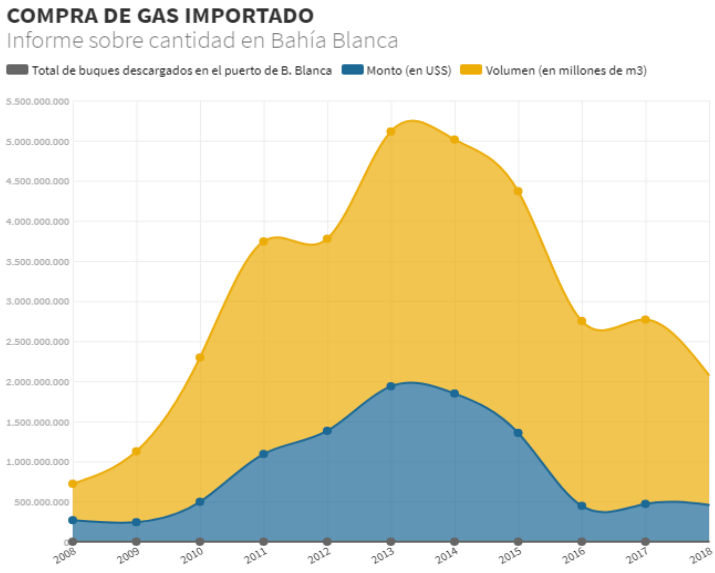


Figura 1: Curva de consumo

Como se puede observar en la ***Figura 1*** el consumo de gas natural en la Argentina ha variado ampliamente los últimos años. El Estado suele proveer subsidios al consumo de gas en hogares particulares, esto explica el alza en el consumo observado en los años 2012-2015, donde se llegó a superar los 5 millones de metros cúbicos anuales.

El ajuste tarifario realizado del 2015 en adelante, redujo abruptamente el consumo, pero se espera que esta tendencia decreciente no continúe. Esto se debe a que el incremento poblacional a futuro, indefectiblemente, generará un aumento en la cantidad demanda de LNG. Sin mencionar, la reinserción de los subsidios al gas.

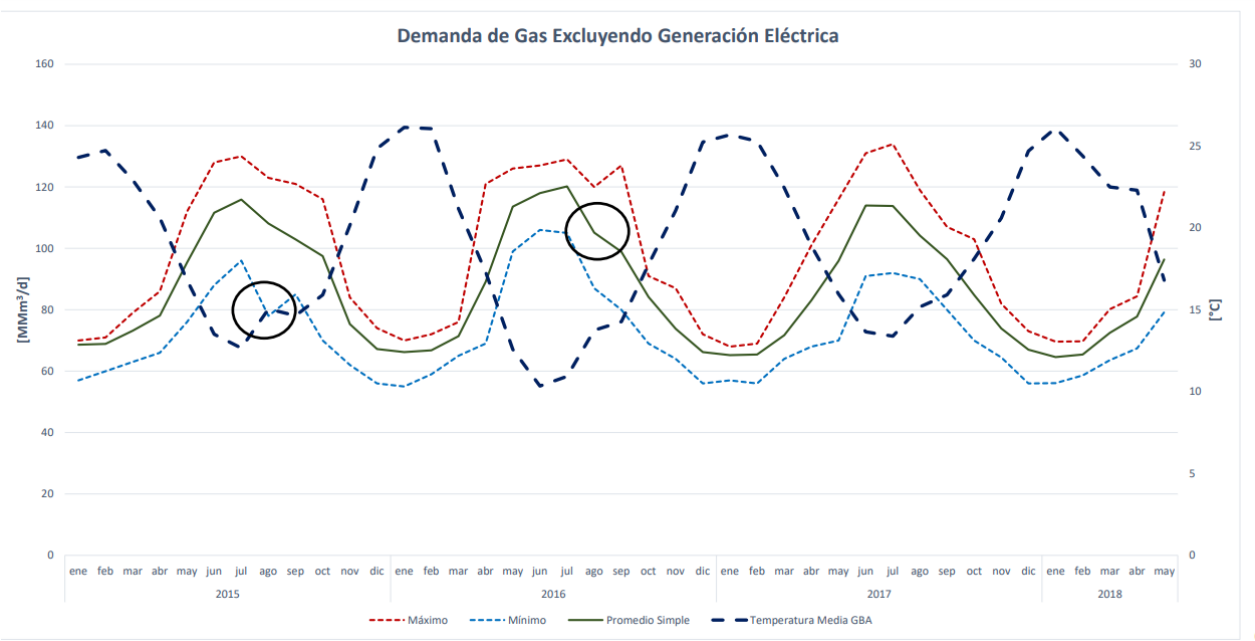


Figura 2: Curva de demanda de gas natural excluyendo generación eléctrica.

Como se puede observar en la ***Figura 2,*** la demanda de gas natural el en país, excluyendo el necesario para la producción de electricidad, va fluctuando de forma inversamente proporcional con la temperatura. En los meses más fríos, cuando la temperatura es más baja, el consumo de gas aumenta abruptamente, lo contrario sucede en los meses más calurosos, donde la demanda se ve reducida de forma importante.

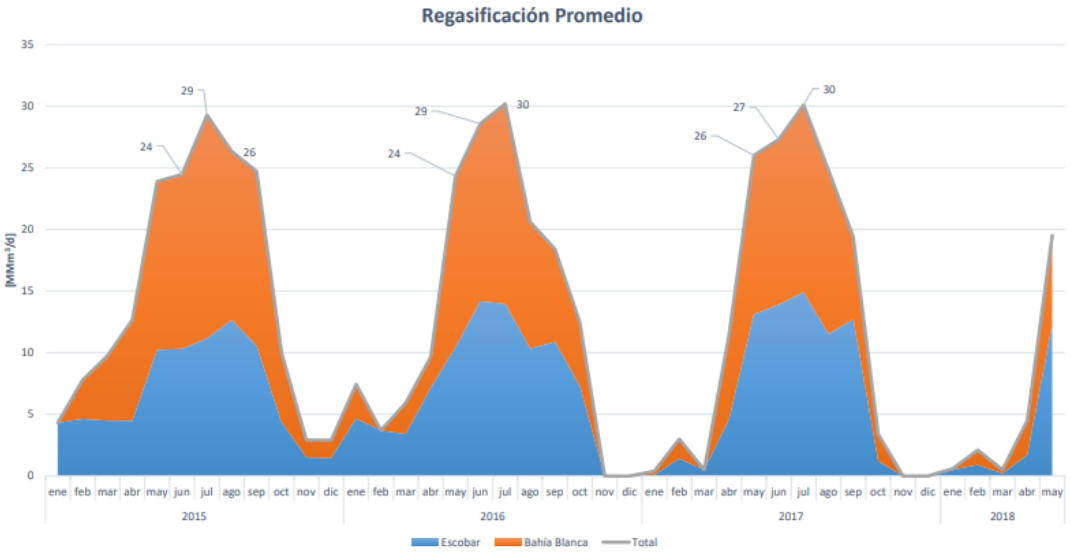


Figura 3: Curva de demanda la regasificación promedio del país.

Como consecuencia las fluctuaciones de demanda observadas en la ***Figura 2,*** se obtiene la ***Figura 3*** donde se observa el caudal regasificado en los puertos de Bahìa Blanca y Escobar. en la actualidad, se alquilan barcos regasificadores para cumplir esa función. La finalidad de la planta que se desea instalar es suplir el pico de demanda que se produce en los meses fríos del año.

Si bien se espera que la producción nacional de gas aumente producto de la explotación de hidrocarburos no convencionales en Vaca Muerta, la producción nacional no supliría el pico producido en los meses más frìos del año. Esto es porque, si se produjese lo suficiente como para abastecer los picos de demanda, en los meses más calurosos, habría un gran caudal de gas natural redundante, lo cual no resultaría muy rentable económicamente.

Para abastecer la demanda de gas, existen dos grandes compañías distribuidoras, TGS, es decir, transportadora de Gas del Sur, y TGN, transportadora de Gas del Norte respectivamente.

Figura 4: Mapa de las rutas de distribución de TGS (amarilla) y TGN (celeste).

En la ***Figura 4***, se indican esquemáticamente en azul y amarillo los sistemas de TGN y TGS, respectivamente. El ancho de las líneas indica la capacidad de transporte.

La empresa transportadora de gas TGS, surge a partir de la privatización de las compañías estatales de distribución de gas natural. Impulsado por la Ley 24.076, la cual aportó el marco regulatorio para

dicho cambio, donde se establece la división de Gas del Estado, en dos empresas transportistas y ocho distribuidoras.

Dicha empresa, es responsable del transporte del 60% del consumo de gas natural a nivel país. Cuenta con 68.000 km de gasoducto y una capacidad de 58 millones de metros cúbicos por día.

Dadas las grandes distancias que se deben recorrer desde las cuencas productoras de gas natural hasta el principal centro de consumo, la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, resulta económicamente favorecedor importar el gas natural en Bahía Blanca. Dada la proximidad de este puerto de aguas profundas con las grandes urbes del país se puede aprovechar las rutas de transporte establecidas entre la planta regasificadora y el principal punto de consumo de dicho recurso. Además, como se puede observar en la Figura 5 dicho puerto cuenta con un punto de inyección a la red de distribución de gas.

Figura 5: Mapa de puntos de inyección a la red.

5. SELECCIÓN DE LA LOCACIÓN

La planta estará localizada en el Puerto de Bahía Blanca. Esta ubicación se definió en base a varios parámetros que a continuación serán detallados.

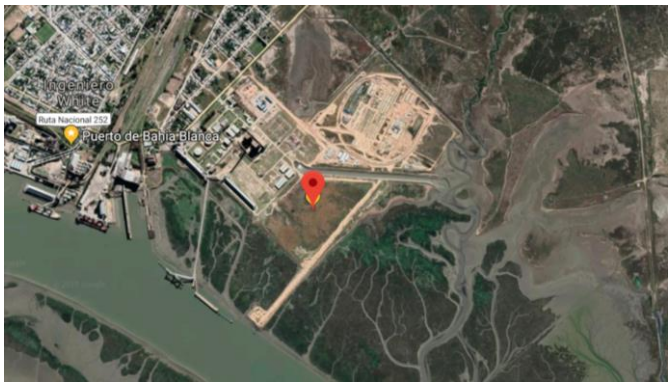


Figura 6: Ubicación elegida para la planta, en el Puerto de Bahía Blanca

Figura 7: Puerto de Bahía Blanca

La principal ventaja de dicha ubicación es la fácil accesibilidad marítima. Dicho puerto cuenta con un calado profundo, lo que permite el atraco de barcos de gran magnitud, a diferencia de otros puertos cuya profundidad no permitiría la circulación de barcos transportadores de LNG.

Tabla 2*: *Calado máximo permitido en las terminales de puerto de Bahía Blanca.

Terminales	**Calado máximo permisible (m)**
UTE/TOEPFER TERMINAL	13,72
CARGILL TERMINAL	13,72
TBB SITIO Nº 5/6	10,36
TBB SITIO Nº 7/8	10,36
TBB SITIO Nº 9	13,72
PROFERTIL	13,72
DREYFUS TERMINAL	13,72
MORENO TERMINAL PIER 2 / 3	12,8
GALVAN SITIO 5	10,36

Tabla 3: Características del barco "Energy Frontier".

Elemento	**Dimensión**	**Unidad**
Largo	289,53	m
Ancho	49	m
Profundidad	27	m
Obra muerta	15,596	m
Obra viva	11,404	m
Capacidad máxima	147.598	m3

Otro aspecto a resaltar es la cercanía con el gasoducto TGS el cual permitirá transportar el producto de la unidad hacia los principales polos de consumo. Es decir, además de permitir la recepción de materias primas, esta locación permite la fácil distribución del gas.

Bahía Blanca se encuentra en la misma provincia donde se encuentra la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el cual es el punto del país donde se concentra la mayor población, y por ende, el mayor consumo a nivel país. También es pertinente mencionar que otras ciudades que concentran grandes poblaciones como Córdoba, Rosario o La Plata, se encuentran relativamente cercanas a la ubicación elegida.

A continuación se detallan los costos de la utilización del puerto de Bahía Blanca:

Tabla 4: Precios del Puerto de Bahía Blanca

Servicio	**Importe (USD)**
Amarre	1.030
Lancha	580
Desamarre de lancha	1030

Tabla 5: Tabla de Recargos puerto de Bahía Blanca

Horarios	**Recargo**
Días hábiles de 7 a 19 hs.	Sin Recargo
Días hábiles de 19 a 7 hs.	50%
Días Sábados de 7 a 13 hs.	Sin Recargo
Días Sábados de 13 a 24 hs.	100%
Días Domingos y Feriados	100%

6. PRECIOS E IMPUESTOS

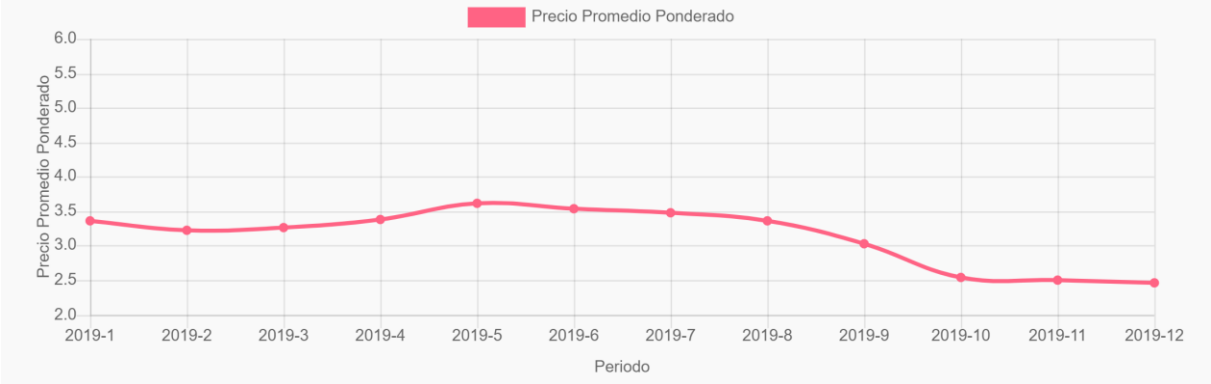


Figura 8: Precio promedio ponderado del GNL

Se realiza el cálculo del precio de importación de GNL el cual se valúa en aproximadamente 2.7 usd/MMBTU, incluyendo gastos de transporte marítimo.

Se pretende que la Planta de Revaporizadora de GNL le preste un servicio al Estado, proveyendo el gas necesario para el consumo civil de los habitantes de la República Argentina. La empresa se encargaría de la importación, revaporización y almacenamiento de dicho recurso.

En respuesta el Estado Nacional cubrirá los costos necesarios para dicho proceso, aportando además, un cierto margen económico para asegurar la rentabilidad de la planta

7. SITUACIÓN ACTUAL

Actualmente no se cuenta con una planta regasificadora de GNL en Argentina, sino que el proceso de regasificación se realiza en plantas adaptadas sobre buques. Este es el caso de Escobar, donde se importa GNL durante un período determinado para suplir la demanda pico de invierno. También se encuentra el puerto de Bahía Blanca, que, a diferencia de Escobar, importa durante todo el año y frente a la gran explotación de Vaca Muerta, el buque regasificador abandonará al país.

Hoy en día no se suple completamente la demanda con la producción nacional, y aunque se espera avance con la explotación de yacimientos de Vaca Muerta. Aun así, en invierno se necesitaría importar GNL para cubrir la totalidad de la demanda. Esto ocurre ya que, como ya se mencionó en la sección 4. Oferta y demanda de gas natural, aunque se pueda generar un caudal de gas tal de suplirla, las compañías sería viable la construcción de una planta de tratamiento y acondicionamiento de gas que procese la capacidad necesaria para cubrir la demanda máxima, además que esto generaría grandes excesos de LNG durante los meses de verano.

Es por ello, que es rentable el proyecto de diseño y construcción de una planta regasificadora y es lo que abordaremos a lo largo de los informes de ingeniería.

8. CAUDAL OPERATIVO ANUAL

En base al consumo anual de la República Argentina a lo largo de los años, ***Figura 1***, se toma un valor intermedio de 2 millones de metros cúbicos anuales de gas natural en condiciones estándar, dicho caudal, como ya fue mencionado anteriormente cumple la finalidad de suplir la demanda de los meses más fríos del año en la República Argentina Se considera posibles incrementos en el consumo a futuro, si bien en la actualidad el consumo de LNG se encuentra en baja. Esto permite que las instalaciones cuenten con una larga vida útil, sin requerir inversiones futuras para su ampliación, por un largo periodo de tiempo.

9. REFERENCIAS

1. https://www.lanacion.com.ar/economia/el-uso-de-gas-marca-records-en-el-pais-nid2222757
2. https://www.economiadelaenergia.com.ar/el-balance-de-gas-natural-argentino-en-2018/
3. https://datos.gob.ar/dataset/sspm-produccion-consumo-gas-natural
4. https://datos.gob.ar/dataset/sspm-produccion-consumo-gas-natural/archivo/sspm_364.1
5. https://www.aprendeconenergia.cl/uso-del-gas-a-nivel-mundial/
6. http://www.economiadelaenergia.com.ar/el-balance-de-gas-natural-argentino-en-2018/
7. https://ri.pampaenergia.com/nuestros-activos/petroleo-y-gas/midstream/tgs/
8. https://www.energiaynegocios.com.ar/2018/01/el-fin-de-la-transicion-la-necesidad-de-adaptar-la-regulacion-al-funcionamiento-real/
9. http://www.iapg.org.ar/docgas/4.pdf

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	ADU	ARC	MAC
C	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	15/07/2020	ADU	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	23/04/2020	ADU	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	21/10/2019	ADU	ARC	MAC

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

GENERAL

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-GE-DP-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 8

ÍNDICE

1. OBJETIVO 3
2. INTRODUCCIÓN 3
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO 3
   - 3.1 TANQUES DE ALMACENAMIENTO 3
   - 3.2 SISTEMA DE BOMBEO DE BAJA PRESIÓN 4
   - 3.3 SISTEMA DE COMPRESIÓN 4
   - 3.4 RECONDENSADOR 4
   - 3.5 SISTEMA DE BOMBEO DE ALTA PRESIÓN 4
   - 3.6 SISTEMA DE REVAPORIZACIÓN 5
4. SISTEMAS AUXILIARES 5
   - 4.1 SISTEMA DE DRENAJES 6
   - 4.2 SISTEMA DE VENTEO 6
   - 4.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN 6
   - 4.4 SISTEMA DE INERTIZACIÓN 7
   - 4.5 SISTEMA DE AIRE DE INSTRUMENTACIÓN 7
   - 4.6 SISTEMA DE GAS DE BLANKETING 7
5. MODO DE OPERACIÓN 8
   - 5.1 MODO DESCARGA 8
   - 5.2 MODO DESCARGA E INYECCIÓN A GASODUCTO 8

1. OBJETIVO

La finalidad de este documento es describir el proceso de almacenamiento, revaporación de LNG e inyección a gasoducto del proyecto de planta ubicada en la ciudad de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, Argentina.

2. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la planta es importar el gas natural licuado y almacenarlo hasta ser derivado hacia el sistema de revaporación para posterior inyección a gasoducto. La planta recibe gas natural licuado por parte de los barcos transportistas para luego almacenarlo en tanques atmosféricos criogénicos (aproximadamente a -160°C). El intercambio de calor constante con el ambiente resulta en la generación de gas llamado Boil Off Gas (BOG). Dado este último fenómeno nombrado es apropiado la instalación de un sistema de compresión que acondicione el gas para enviarlo al recondensador sin desperdiciar el fluido de interés.

Mediante bombas de baja presión, sumergidas dentro de los tanques de almacenamiento, se conduce el LNG hacia el equipo de recondensación. Esta línea presenta dos caminos posibles, la primera derivación es hacia el tope del recondensador la cual mediante distribuidor tiene la finalidad de tomar contacto con el BOG favoreciendo la condensación del mismo.

La segunda derivación ingresa por la parte inferior del equipo y su propósito principal es suministrar un pulmón de líquido tal de absorber las fluctuaciones de las bombas de baja presión evitando que afecte en la performance de las bombas de alta presión. Además, la altura de líquido en el recondensador proporciona parte de la energía requerida por el ANPA del sistema de bombeo de alta presión. En conjunto estos últimos equipos y el sistema de revaporación establecen las condiciones necesarias para cumplir la especificación de inyección a gasoducto.

3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

3.1 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Para la recepción de LNG de los barcos, se cuenta con tres tanques de almacenamiento en condiciones atmosféricas y criogénicas, aproximadamente a -160°C. Almacenarlo bajo estas condiciones favorece la disminución del volumen ocupado por el líquido siendo 600 veces menor que el volumen en estado gaseoso. Se decidió usar tanques criogénicos en vez de elevar la presión hasta la condensación del gas natural, ya que tener gases combustibles a altas presiones podría resultar peligroso para la integridad de la planta y su personal.
Se propone diseñar las dimensiones del tanque de forma tal de contener la totalidad del volumen de LNG que trae un barco. Mientras se produce la descarga de LNG a un primer tanque de almacenamiento, el segundo provee de LNG al proceso. En simultáneo, el último de los equipos alberga fluido de reserva.

Para preservar el frío, se busca reducir la mayor cantidad de calor que resulta del intercambio con el ambiente mediante los materiales de aislación adecuada. Sin embargo, una pequeña fracción de

calor es absorbida por el LNG, generando una evaporación mínima del mismo que será procesado en el sistema de compresión.

3.2 SISTEMA DE BOMBEO DE BAJA PRESIÓN

Cada uno de los tanques de almacenamiento, cuenta con un sistema de bombeo de baja presión integrado por tres bombas en paralelo siendo una de ellas de reserva. Dadas las condiciones operativas de la planta, las bombas presentan características particulares al encontrarse sumergidas en el interior del tanque soportando temperaturas criogénicas. Tiene como objetivo alcanzar las condiciones de presión necesarias para derivar el LNG a su siguiente etapa de proceso.

3.3 SISTEMA DE COMPRESIÓN

Al tener una generación continua de BOG en el interior del tanque, puede provocar un aumento de presión por lo que debe ser controlado. Para cumplir con este propósito y no desperdiciar el producto de interés, el BOG es derivado hacia un sistema de compresión. Para evitar el arrastre de partículas líquidas se instala un separador scrubber. La compresión se logra mediante equipos centrífugos en dos etapas para no superar la relación de compresión recomendada ni tampoco su temperatura. Ante cualquier operación de mantenimiento o inspección se cuenta con un tren de compresión de reserva.

3.4 RECONDENSADOR

Para continuar con el procesamiento de BOG en la parte superior del recondensador se promueve la recondensación a través de un lecho de relleno al tomar contacto con LNG que ingresa en esta misma zona.

Por otro lado, la parte inferior acumula el recondensado y recibe el LNG de los tanques para satisfacer el ANPA requerido por las bombas de alta presión. Como ya se ha mencionado, también cumple la función de suministrar un pulmón de líquido, evitando afectar el correcto funcionamiento de las bombas de alta presión.

Las inspecciones y/o paradas de mantenimiento de esta unidad son programadas para que coincidan con la parada de planta de rutina. Sin embargo, ante una eventualidad, si se requiere aislar el recondensador se cuenta con una línea de by-pass con la finalidad de poder seguir con la producción de gas natural. Frente a esta situación, el sistema de compresión se encuentra fuera de servicio lo que implica una pérdida de BOG el cual deberá ser venteado.

3.5 SISTEMA DE BOMBEO DE ALTA PRESIÓN

Como resulta más conveniente, tanto por su practicidad y bajo costo, elevar la presión de un fluido en estado líquido, se determina la instalación de un sistema de bombeo de alta presión de LNG para luego ser evaporado. Se utilizan bombas de características similares a las nombradas en el inciso 3.2 que se encuentran sumergidas en un barril lleno de LNG por debajo del nivel de terreno, es decir enterradas. Este desnivel ayuda alcanzar la altura de succión con el fin de evitar el fenómeno de

cavitación. Para poder operar a la capacidad diseñada, se cuenta con tres bombas en operación y una adicional como reserva.

3.6 SISTEMA DE REVAPORIZACIÓN

Por último, ya habiendo conseguido altas presiones, se procede con la evaporación de LNG que se puede llevar a cabo mediantes distintas alternativas. A modo de resumen, se presenta en la ***Tabla 1***, el estudio económico y ambiental de la evaluación de las posibles tecnologías de evaporación.

Tabla 1: Comparación de tecnologías para evaporación.

Opción	Vaporizador/ Fluido calefactor	CAPEX	OPEX	Medio Ambiente	Total	Ranking
1	Intermediate Fluid Vaporizers/ Agua calefactora	1	3	3	7	3º
2	Ambient Air Vaporizer/ Aire	3	2	1	6	2º
3	Submerged Combustion Vaporizer	4	4	4	12	4º
4	Open Rack Vaporizer/ Agua calefactora	2	1	2	5	1º

En la Tabla 1, se realiza el análisis de los diferentes tipos de vaporizadores que se podrían utilizar en una instalación de tratamiento de LNG. A cada equipo se le asigna un puntaje para cada categoría, siendo 1 aquel equipo que presenta el mejor desempeño en dicha categoría y 4 el peor desempeño. Luego para cada equipo se suman los puntajes de todas las categorías analizadas. Aquel equipo que presenta el menor puntaje, será aquel que presente un mejor desempeño generalizado, por ende el equipo que se deberá utilizar.

Por lo tanto, al ocupar el ranking número 1, el sistema de evaporación a implementar es el Open Rack Vaporizer construido por paneles verticales de tubos aleteados de acero inoxidable. Por la parte inferior ingresa el LNG ascendiendo de forma vertical por el interior de los tubos, mientras que, la parte externa de los mismos se encuentra en contacto con un film descendiente de agua que transfiere el calor necesario para evaporar el fluido de interés. El agua calefactora es suministrada por la central eléctrica que se encuentra en la vecindad.

Para poder operar a la capacidad diseñada, se cuenta con tres evaporadores en operación y uno adicional como reserva. La especificación de gas natural requerida para inyección es controlada por el Ente Nacional Regulador de gas, Enargas, que exige la instalación de un puente de medición fiscal.

4. SISTEMAS AUXILIARES

En este inciso se explican los sistemas auxiliares a implementar, los mismos no serán diseñados ya que quedan fuera del alcance de este proyecto.

4.1 SISTEMA DE DRENAJES

Un sistema de drenajes facilita la eliminación de contenido líquido o gaseoso, para tal fin se instalan líneas de purga o drenaje que son habilitadas al momento de requerir dicho servicio. Todas estas líneas derivan a un tanque de drenajes, que cumple la función de recipiente pulmón para posterior recirculación a los tanques de almacenamiento.

El líquido que ingresa al tanque de drenaje, debido a la transferencia de calor con el ambiente, se evapora parcialmente. Como en este sistema no se cuenta con ningún equipo rotante, como compresores o bombas, en los casos que la presión dentro del tanque sea insuficiente para que el líquido retorne a los tanques de almacenamiento, se debe utilizar un gas de barrido para impulsarlo desde el tanque de drenaje hasta su almacenaje.

En este caso se decide utilizar el gas natural generado en la planta como gas de barrido, ya que este se encuentra a alta presión y de fácil y rápida disponibilidad.
Dado que el sistema de drenaje no se encuentra refrigerado, aunque sí aislado, se espera que se vaporice una parte importante del LNG a drenar. A esto se le suma que el gas utilizado para el barrido se encuentra a unos 10°C. Se prevé, aún así, que no se desarrollen muy altas presiones en este sistema, dado que a medida que el LNG se evapora, aumenta la presión, lo que permite que vuelva a recondensar.

4.2 SISTEMA DE VENTEO

Los dispositivos de alivio se emplean con la finalidad de proteger los equipos o líneas por alta presión y así evitar que se generen contingencias debidas al exceso de acumulación de gas.

Dado que todos los gases presentes en esta planta son altamente combustibles, no es posible ventear los gases acumulados a la atmósfera para reducir la presión del equipo ya que esto resultaría peligroso, tanto para las instalaciones como para el personal presente en ellas.

Además, el gas metano, el cual constituye el principal componente del gas natural, está altamente regulado por tratarse de un gas de efecto invernadero, por lo que su liberación al ambiente debe ser también controlada.

4.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Dado que la planta opera bajo condiciones criogénicas, se deben mantener refrigeradas todas las líneas que se encuentren en espera en la planta, tanto durante el período de inyección como así también durante los meses cálidos del año, en los que no se inyecta un gran caudal de gas natural. Con esta finalidad se busca que siempre haya cierto caudal de LNG circulando por las líneas para lograr mantener la condición criogénica.

Esto se realiza ya que el punto de evaporación del LNG es tan reducido, que si el mismo entrase en contacto con cañerías a temperatura ambiente, pasaría al estado gaseoso de manera violenta e inmediata, lo que peligra la integridad de estas cañerías.

La circulación de LNG por las cañerías, cuando la planta no se encuentre inyectando gas a gasoducto, cumple la finalidad de evitar tener que ventear grandes cantidades de gas natural en cada puesta en marcha, dado que reducir la temperatura del sistema hasta el punto deseado es muy dificultoso e implica una importante evaporación de LNG.

4.4 SISTEMA DE INERTIZACIÓN

Debido a que el fluido de proceso es un gas combustible y que, en presencia de una concentración de oxígeno y gas que se encuentre dentro de los límites de inflamabilidad y una fuente de ignición se puede generar una explosión, la planta se provee de un gas inerte, nitrógeno.

El mismo es utilizado para desplazar el gas contenido en los equipos fuera de servicio, antes de realizar las inspecciones correspondientes.

4.5 SISTEMA DE AIRE DE INSTRUMENTACIÓN

Las válvulas del proceso son operadas utilizando aire de instrumentos. Se toma aire ambiente, el cual pasa primero por un filtro, el cual retiene la humedad y partículas sólidas presentes en el mismo. Luego es llevado a la presión deseada, mediante la utilización de un compresor exclusivo para esta finalidad.

El diseño de este sistema queda fuera del alcance de este proyecto.

4.6 SISTEMA DE GAS DE BLANKETING

Tanto los tanques de almacenamiento como el recondensador necesitan este servicio. Como gas de blanketing se utiliza gas natural de la salida del sistema de evaporación.

Con respecto a los primeros nombrados, debido a que los tanques de almacenamiento de LNG operan a presiones cercanas a la atmosférica, frente a muy bajas presiones en los mismos, se corre el riesgo que el mismo implosione. Para evitar este fenómeno, se introducen las líneas de gas de blanketing las cuales ante la alarma de baja presión se habilitan recomponiendo la presión de los tanques.

Para evitar que esto ocurra, y como última opción, se abre una válvula de presión y vacío la cual permite el ingreso de aire para reconstituir la presión perdida dentro del tanque.

Se podría pensar que se corre un riesgo alto al permitir ingresar aire a un recinto cerrado con gas natural. Sin embargo, el riesgo de explosión debido a una implosión resulta ser mayor que el riesgo de explosión por generación de mezcla inflamable dentro del tanque. Esto se debe a que, para que se produzca la misma, además de contar con concentraciones dentro de los límites de inflamabilidad, también se necesita una fuente de ignición. Dado que es más probable encontrar esta última fuera del tanque que dentro de él, se establece una solución de compromiso en la cual se prefiere evitar

el evento más probable, esto es, una explosión debido al derrame de LNG como consecuencia de una implosión.

Con respecto al recondensador, el mismo cuenta con una presión de operación determinada para lograr la correcta condensación del BOG. Cuando esta presión baja hasta cierto valor específico, se habilita la línea de gas de blanketing de gas natural proveniente de la salida del sistema de evaporación tal de recomponer las condiciones de operación normal del equipo.

5. MODO DE OPERACIÓN

La planta de revaporización de LNG cuenta con dos modalidades distintas de operación, las mismas se listan a continuación:

1. Descarga de barcos a tanques de almacenamiento sin inyección a gasoducto.
2. Descarga de barcos a tanques de almacenamiento con inyección a gasoducto.

Cada uno de estos modos es tenido en cuenta en diseño de equipos y cañerías, ya que dependiendo de cuál de ellos se trate, se obtendrán caudales máximos de líquido o gas.

A continuación se detallan los dos modos:

5.1 MODO DESCARGA

Esta operación ocurre cuando se está descargando LNG desde un barco transportista hacia uno de los tanques atmosféricos. Como ya se ha mencionado anteriormente, la descarga de los barcos hacia los tanques se realiza de un tanque a la vez.

Esta operación se caracteriza, además, por no estar inyectando el caudal de gas normal al gasoducto. Lo que ocurre es que, como se deben mantener las líneas refrigeradas, además del intercambio propio del tanque con la atmósfera, parte del LNG se evapora, y como no es posible recondensarlo en su totalidad, siempre debe inyectarse un mínimo caudal de gas natural al gasoducto.

5.2 MODO DESCARGA E INYECCIÓN A GASODUCTO

Este modo de operación ocurre cuando uno de los tanques de almacenamiento se encuentra recibiendo LNG de un barco transportista, mientras que otro se encuentra enviando LNG a proceso para inyectar gas natural al gasoducto.

Como se mencionó en las secciones previas, no se puede cargar y descargar a un único tanque simultáneamente. Por lo que se procede a cargar un único tanque a la vez, mientras otro distinto descarga y se inyecta su contenido al gasoducto, con el debido previo tratamiento.

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LUC	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/07/2020	LGR	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	LGR	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV..	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

BASES DE DISEÑO

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-GE-BD-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 35

ÍNDICE

1. OBJETIVO 4

2. ALCANCE 4

3. IDIOMA 5

4. DATOS DEL SITIO 5

5. NORMAS, ESTÁNDARES Y REGULACIONES 6

6. REFERENCIA 6

7. UNIDADES 7

8. DOCUMENTOS A PREPARAR 8

9. CONDICIONES DE PROCESO 9

9.1 ESPECIFICACIÓN DE LNG IMPORTADO 9
9.2 ESPECIFICACIÓN GAS A INYECTAR A GASODUCTO 10
9.3 SERVICIOS 11

10. DESIGNACIÓN DE EQUIPOS 11

11. DESIGNACIÓN DE INSTRUMENTOS Y VÁLVULAS 12

11.1 INSTRUMENTACIÓN 12
11.2 VÁLVULAS MANUALES 14

12. DESIGNACIÓN Y DISEÑO CAÑERÍAS 15

12.1 DIÁMETRO 15
12.2 TIPO DE FLUIDO 17
12.3 CLASE DE CAÑERÍAS 17
12.4 AISLACIÓN EXTERNA 18

13. DISEÑO MECÁNICO 19

13.1 PRESIÓN DE DISEÑO 19
13.2 TEMPERATURA DE DISEÑO 19

14. DISEÑO DE EQUIPOS 19

14.1 RECONDENSADOR 19
14.1.1 RECONDENSADOR PARTE SUPERIOR 20
14.1.1.1 RELLENO 20
14.1.1.2 INTERNOS 20
14.1.1.3 DIÁMETRO 20
14.1.1.4 ALTURA 20
14.1.2 RECONDENSADOR PARTE INFERIOR ***20***
14.1.2.1 INTERNOS 20
14.1.2.2 DIÁMETRO 20
14.1.2.3 ALTURA 21
14.1.3 PRESIÓN DE DISEÑO ***21***
14.1.4 TEMPERATURA DE DISEÑO ***21***
14.1.5 ELEVACIÓN ***21***
14.1.6 ESPESOR ***21***
14.1.7 AISLACIÓN ***21***

14.2 EVAPORADOR 23
14.2.1 TUBOS *23*
14.2.1.1 PÉRDIDA DE PRESIÓN 23
14.2.1.2 DIÁMETRO, LARGO Y PITCH 23
14.2.1.3 TEMPERATURA DE DISEÑO 23
14.2.1.4 PRESIÓN DE DISEÑO 23
14.2.1.5 INTERNOS: ALETAS Y TWISTED TAPES 24
14.2.2 FLUIDO CALEFACTOR 24
14.2.2.1 TEMPERATURA DE DISEÑO 24
14.2.2.2 PÉRDIDA DE PRESIÓN 24
14.2.3 DIMENSIONAMIENTO 24
14.2.4 RESISTENCIA DE ENSUCIAMIENTO 24
14.3 COMPRESOR 25
14.4 BOMBAS CENTRÍFUGAS SUMERGIBLES 25
14.4.1 ANPA DISPONIBLE 25
14.4.2 ALTURA DE SUMERGENCIA 25
14.5 SCRUBBER 26
14.5.1 DISPOSICIÓN 26
14.5.2 TIEMPO DE RESIDENCIA 26
14.5.3 DISEÑO 26
14.5.4. INTERNOS 27
14.6 TANQUES DE ALMACENAMIENTO 27
14.6.1 DIMENSIONAMIENTO 27
14.6.2 PRESIÓN DE DISEÑO 27
14.6.3 TEMPERATURA DE DISEÑO 27
14.6.4 ESPESOR 27
14.6.5 AISLACIÓN 28

15. VÁLVULAS/ DISPOSITIVOS 30

15.1 VÁLVULA DE CONTROL 30
15.2 SISTEMAS DE ALIVIO 30

16. PASOS DE HOMBRE Y DE INSPECCIÓN 31

16.1 TANQUES DE ALMACENAMIENTO 31
16.2 RECONDENSADOR 31
16.3 SCRUBBER 31

17. INERTIZACIÓN, REFRIGERACIÓN, DRENAJES Y VENTEOS 32

18. LAYOUT 32

19. MEDIDOR FISCAL 32

20. ANEXO 33

20.1 ANEXO 1: CLASE DE CAÑERÍA 33

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es describir las bases de diseño para realizar la ingeniería básica de una planta de recepción de LNG (Liquefied Natural Gas), almacenamiento, revaporización y despacho a gasoducto ubicada en la ciudad de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, Argentina.

2. ALCANCE

Este documento busca sentar los criterios básicos para realizar el diseño de las siguientes operaciones:

- Descargar LNG de barcos a tanques de almacenamiento
- Despachar gas natural a gasoducto

El proyecto contempla los siguientes equipos:

- Tanques de almacenamiento criogénico de LNG
- Bombas de baja presión para extraer el LNG de los tanques (LP pumps: Low Pressure pumps)
- Compresores de Boil Off Gas (BOG)
- Recondensador de BOG
- Bombas de alta presión (HP pumps: High Pressure pumps)
- Evaporadores de LNG (ORV: Open Rack Vaporizer)

Queda fuera del alcance del proyecto la siguiente operación:

- Cargar LNG desde los tanques de almacenamiento hacia los barcos

Queda fuera del alcance del proyecto el diseño de los siguientes equipos:

- Brazos de carga/descarga de barcos
- Medición Fiscal de inyección a gasoducto
- Tanque de drenaje
- Tanque de agua contra el incendio

Quedan fuera del alcance del proyecto los servicios:

- Circuito de agua para los evaporadores
- Sistema de antorcha
- Sistema de agua contra incendio
- Compresor de alta presión (Pipeline compressor)
- Aire de instrumentos
- Aire de planta o aire de uso industrial
- Nitrógeno
- Gas combustible
- Sistema de drenaje cerrados

3. IDIOMA

El idioma oficial para la elaboración de los documentos es el español y como idioma secundario el inglés.

4. DATOS DEL SITIO

Según los criterios abordados en el análisis contextual Referencia [1] se establece como locación de la planta el puerto de la ciudad de Bahía Blanca, cercano al muelle Piedra Buena. A continuación, se presenta la tabla con datos relevantes del mismo:

Tabla 1:Datos relevantes de la ubicación de la planta.

Datos del sitio	
Altura del sitio sobre el nivel del mar	20 m
Código para el diseño sísmico	CIRSOC
Zonificación sísmica	Zona 0
Temperatura Máxima Absoluta	43,8 °C
Temperatura Mínima Absoluta	-11,8 °C
Temperatura Máxima Media	21,9 °C
Temperatura Media	14,9 °C
Temperatura Mínima Media	8,9 °C
Temperatura ambiente para el diseño: máxima	32 °C
Temperatura ambiente para el diseño: mínima	-1 °C
Temperatura promedio en invierno	8,2 °C
Temperatura promedio en verano	20,9 °C
Dirección predominante del viento	NO (Noroeste)
Presión barométrica media	1,16 bara
Velocidad del viento para diseño	20,5 km/h
Código de diseño para carga de viento	CIRSOC
Humedad relativa: máxima	74%
Humedad relativa: mínima	52%
Humedad relativa: promedio	64%
Precipitación pluvial: promedio anual	645,4 mm
Precipitación pluvial: promedio mensual	53,8 mm
Conductividad Térmica	0,0271

	W/m.K
Capacidad Calorífica	1005 J/kg.K
Densidad del aire	1,127 kg/m^3
Viscosidad Cinemática del aire	1,7 x 10^{-5} m^2/seg
Viscosidad Dinámica del aire	1,92 x 10^{-5} Pa.seg
Reynolds del aire	3,68 x 10^5
Prandtl del aire	0,711

5. NORMAS, ESTÁNDARES Y REGULACIONES

Las siguientes normas son de aplicación en el Proyecto:

- American National Standard Institute, ANSI HI91.8 & HI9.6.1
- American Petroleum Institute, API
- American Society of Mechanical Engineers, ASME
- Especificaciones de calidad para el transporte y la distribución de gas natural y otros gases análogos, ENARGAS
- Global Asset Protection Services LLC, GAPS Guidelines, GAP.2.5.2
- Instrument Society of America, ISA S5.1
- Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas, NFPA 59A
- API Standard 521 Pressure/relieving and Depressuring Systems
- Emerson Process Management – Fischer Valve Catalogue
- Gas Processors Suppliers Association Engineering Data Book (GPSA, 2004).

6. REFERENCIA

1. G1-GE-AC-001 Análisis Contextual.

7. UNIDADES

En el Proyecto se utilizarán las unidades del sistema Métrico:

Tabla 2: Sistema de unidades utilizado en el proyecto.

Unidades utilizadas en el Proyecto	
Ítem	Unidad
Caudal másico	kg/h
Caudal volumétrico	m^3/h
Caudal de gas (Nota 1)	MMSCMD o Sm3/h
Gravedad específica a t°C	(densidad a t°C)/ (densidad del agua a 15,56°C=60°F)
Densidad	kg/m^3
Capacidad volumétrica	m^3
Presión	bara o barg mbara o mbarg
Presión diferencial	bar / mbar
Temperatura	°C
Viscosidad	cP
Viscosidad cinemática	cSt
Masa	kg
Diámetros de cañerías y diámetros de válvulas (Nota 2)	inch
Espesor de aislación	mm
Longitud y altura de cañerías o equipos	mm o m
Energía	MJ
Potencia	kW
Tiempo	segundos, horas, días

NOTAS:

1. Las condiciones de referencia o condiciones estándar se definen como 101.325 kPa abs y 15°C (14.696 psia y 59°F) (de acuerdo al Capítulo 3 de la NAG 602).
2. No obstante, las dimensiones de las cañerias y tuberias para instrumentos se expresan en el sistema inglés (inch).

8. DOCUMENTOS A PREPARAR

Los documentos a preparar para el proyecto son:

- Lista de documentos
- Bases de diseño
- Análisis contextual
- Descripción del Proceso
- Simulación del proceso y reporte del Balance de Materia y Energía
- Diagramas de Flujo de Procesos (PFD)
- Diagramas de Cañerías e Instrumentos (P&ID)
- Layout
- Plot Plan
- Filosofía de los lazos de control
- Matriz Causa Efecto para el Sistema de Seguridad
- Lista de equipos
- Lista de líneas
- Lista de instrumentos
- Hoja de datos de tanques de almacenamiento de LNG
- Hoja de datos de bombas de baja presión
- Hoja de datos de bombas de alta presión
- Hoja de datos de compresores de BOG
- Hoja de datos de recondensador de BOG
- Hoja de datos de evaporadores de LNG
- Hojas de datos de válvulas de control
- Hojas de datos de válvulas de alivio
- Hoja de datos equipo de separación scrubber.
- Memoria de cálculo hidráulico de líneas de líquido y vapores
- Memoria de cálculo de bombas de baja presión
- Memoria de cálculo de bombas de alta presión
- Memoria de cálculo de tanques de almacenamiento de LNG
- Memoria de cálculo de recondensador de BOG
- Memoria de cálculo de evaporadores de LNG
- Memoria de cálculo de equipo de separación scrubber.
- Memoria de cálculo de compresores de BOG
- Memoria de cálculo de válvulas de control
- Memoria de cálculo de válvulas de alivio
- Isometría de una línea
- Maqueta

Los siguientes documentos se exceptúan del alcance del proyecto:

- Consumos de servicios auxiliares
- Listado de consumos eléctricos

9. CONDICIONES DE PROCESO

9.1 ESPECIFICACIÓN DE LNG IMPORTADO

Dependiendo de la localización de la extracción de petróleo, su gas asociado tendrá distintas composiciones. Para definir la composición del LNG a procesar en la planta, se realizó un promedio entre los valores encontrados, los cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3: Composición del gas natural licuado según el origen de importación.

	Trinidad y Tobago	Egipto	Qatar	Nigeria	Promedio
Metano (%)	97,1203	96,0679	93,0300	91,3076	94,3815
Etano (%)	2,5067	2,9738	6,3225	6,0483	4,4628
Propano (%)	0,3064	0,6313	0,1550	2,1043	0,7993
i-Butano (%)	0,0298	0,1610	0,0100	0,2796	0,1201
n-Butano (%)	0,0202	0,1254	0,0175	0,1916	0,0887
i-Pentano (%)	0,0004	0,0137	0,0000	0,0000	0,0035
n-Pentano (%)	0,0034	0,0133	0,0000	0,0016	0,0046
Nitrógeno (%)	0,0128	0,0136	0,4650	0,0670	0,1396
CO2 (%)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Total (%)	100,0000	100,0000	100,0000	100,0000	100,0000

Cada yacimiento petrolero alrededor del mundo, dadas las diferentes condiciones geológicas donde se desarrolló, produce hidrocarburos de diferente composición. Esto explica las diferentes composiciones que se pueden observar en la Tabla 3. El producto obtenido se refina, separándolo en cortes con un rango acotado de ebullición, es decir, se separan en base a su volatilidad y peso molecular principalmente. La refinación depende altamente del mercado final, sin embargo, siempre se intenta controlar el poder calorífico del gas natural obtenido.

El gas natural luego de ser extraído del yacimiento petrolero, debe pasar por un proceso de refinamiento previo a ser condensado para poder ser transportado. Se debe eliminar todo rastro de dióxido de carbono, agua o hidrocarburos pesados ya que estos compuestos cuentan con un punto de fusión mayor a las temperaturas requeridas para licuar el gas. Esto significa que, a las temperaturas de operación y transporte, estos componentes se solidifican, forman hidratos o condensan, escenarios que podrían dañar equipos o generar depósitos indeseados. Además, se deben eliminar compuestos tales como dióxido de carbono o sulfurados, ya que en presencia de agua forman ácidos que corroen los materiales de las cañerías y equipos.

Por lo anteriormente explicado, la corriente de alimentación de gas natural licuado, tendrá la siguiente composición:

Tabla 4: Composición del gas natural licuado a procesar en la planta de regasificación.

	% molar
Metano (%)	94,3815
Etano (%)	4,4628
Propano (%)	0,7993
i-Butano (%)	0,1201
n-Butano (%)	0,0887
i-Pentano (%)	0,0035
n-Pentano (%)	0,0046
Nitrógeno (%)	0,1396
CO2 (%)	0,000
Total (%)	100,0000

Además, presentará las siguientes propiedades detalladas en la siguiente tabla.

Tabla 5: Propiedades relevantes de la corriente de alimentación a la planta.

Propiedades de alimentación	
Caudal de descarga	14.000 m3/h
Temperatura	-159,7 ºC
Presión de descarga	4,5-5,5 barg
Capacidad de almacenamiento por barco	147.598 m3

9.2 ESPECIFICACIÓN GAS A INYECTAR A GASODUCTO

El gas debe cumplir con ciertas condiciones al momento de ser inyectado al gasoducto, las mismas son las que se encuentran a continuación:

Tabla 6:Propiedades relevantes de la corriente de alimentación a gasoducto.

Propiedades de inyección	
Caudal de inyección a gasoducto	16.551.048 Sm3/d
Temperatura	10 ºC
Presión	80 barg

9.3 SERVICIOS

Los servicios que se requieren para el proceso son

- Agua Calefactora: El caudal de agua para evaporar el LNG requerido es provisto por la central eléctrica a cercanías de la planta, el cual debe ser alrededor de 675000 kg/h a 40ºC.
- Electricidad: Se utiliza la energía de la red externa para los motores de equipos e instrumentación que la requiera, también, para la iluminación de la planta y como insumo básico del área de servicio, comedor, sala de control y oficinas.
- Fuel gas: se utiliza como gas de barrido para línea de drenaje cerrado. el vapor de LNG producido en la planta para abastecer el consumo de motores de equipos como compresores e instrumentación que la requiera.
- Aire de instrumentos: Servicio de aire que se utiliza para el funcionamiento de la instrumentación de equipos y líneas, válvulas de control, válvulas de shutdown, entre otros.
- Nitrógeno: Para inertizar líneas y equipos para la puesta en marcha de la planta como también en caso de requerir aislar el equipo para su mantenimiento o inspección.

10. DESIGNACIÓN DE EQUIPOS

Se establece un sistema de asignación de código de los equipos para su identificación y clasificación. Todos los equipos deberán tener un código, de acuerdo al siguiente criterio: **Y-XXX.**
Donde:

Y letra que identifica al equipo correspondiente a la Tabla Nº7.
XXX es el número de equipo de 3 dígitos.

Tabla 7: Codificación de equipos.

Equipo	Letra
Separador Bifásico	SB
Separador Scrubber	SSC
Tanque de Almacenamiento	TKA
Tanque	TK
Knockout Drum	KOD
Open Rack Vaporizer	ORV
Recondensador	RC
Bomba de alta presión	HP P
Bomba de baja presión	LP P
Bomba Centrífuga	P
Compresor	KG
Antorcha	FL

No se deberán repetir los números de equipo de la misma sigla. En caso de necesitar duplicidad de equipos para un mismo servicio, como son los casos de equipo de repuesto o de equipos en paralelo, se denominará con el mismo código agregando una letra que los diferencie al final del mismo (ej: A o B).

11. DESIGNACIÓN DE INSTRUMENTOS Y VÁLVULAS

11.1 INSTRUMENTACIÓN

Para la identificación de instrumentos se utiliza la siguiente nomenclatura representada en la tabla Nº8 según la norma ISA S5.1.

Tabla 8: Código funcional de instrumentos según ISA S5.1.

IDENTIFICATION LETTERS FOR TYPICAL INSTRUMENTS					
	FIRST–LETTER	SUCCEEDING–LETTERS			
	MEASURED OR INITIATING VARIABLE	MODIFIER	READOUT OR PASSIVE FUNCTION	OUTPUT FUNCTION	MODIFIER
A	Analysis		Alarm/Apagado		
B	Burner, Combustion/ Blow		User's Choice	User's Choice	User's Choice
C	Close			Control	
D	Differential/Down	Differential			
E	Voltage		Sensor (Primary Element)		Encendido
F	Flow Rate	Ratio (Fraction)			
G	User's Choice (Grounding)		Glass, Viewing Device		
H	Hand				High
I	Current (Electrical)		Indicate		
J	Power	Scan			
K	Time, Time Schedule	Time Rate of Change		Control Station	
L	Level	Light			Low
M	Motor	Momentary			Middle, Intermediate
N	User's Choice		User's Choice	User's Choice	User's Choice
O	Open		Orifice, Restriction		
P	Pressure, Vacuum		Point (Test) Connection		
Q	Quantity	Integrate, Totalize			
R	Radiation		Record		
S	Speed, Frequency/Shut	Safety		Switch	
T	Temperature			Transmit	
U	Interphase DCS/CCM		Multifunction	Multifunction	Multifunction
V	Vibration, Mechanical Analysis			Valve, Damper, Louver	
W	Weight, Force		Well		
X	Unclassified	X Axis	Unclassified		Unclassified
Y	Event, State or Presence	Y Axis		Relay, Compute,Convert	
Z	Position, Dimension	Z Axis		Driver, Actuator Unclassified Final Control Element	

Siendo las combinaciones de letras más utilizadas las enunciadas a continuación:

Tabla 9: Combinación de letras para codificación de instrumentos más comunes.

Flujo			
FAH	Alarma de alto flujo	FI	Indicador de flujo
FAL	Alarma de bajo flujo	FIC	Indicador controlador de flujo
FC	Controlador de flujo	FIT	Indicador transmisor de flujo
FCV	Válvula de control de flujo	FV	Válvula de control de flujo
FE	Elemento primario de flujo	FT	Transmisor de flujo
Nivel			
LAH	Alarma de alto nivel	LIT	Indicador transmisor de nivel

LAHH	Alarma muy alto nivel	LI	Indicador de nivel
LAL	Alarma de bajo nivel	LIC	Indicador controlador de nivel
LALL	Alarma de muy bajo nivel	LT	Transmisor de nivel
LC	Controlador de nivel	LV	Válvula de control de nivel
LCV	Válvula de control de nivel autorregulada		
Presión			
PAH	Alarma de alta presión	PDI	Indicador de presión diferencial
PAHH	Alarma de muy alta presión	PDT	Transmisor de presión diferencial
PAL	Alarma de baja presión	PE	Elemento primario de presión
PALL	Alarma de muy baja presión	PI	Indicador de presión
PC	Controlador de presión	PIC	Indicador controlador de presión
PCV	Válvula controladora autorregulada	PDA	Alarma de presión diferencial
PV	Válvula controladora de presión	PT	Transmisor de presión
Temperatura			
TAH	Alarma de alta temperatura	TE	Elemento primario de temperatura
TAHH	Alarma de muy alta temperatura	TI	Indicador de temperatura
TAL	Alarma de baja temperatura	TIC	Indicador controlador de temperatura
TC	Controlador de temperatura	TT	Transmisor de temperatura
TCV	Válvula controladora autorregulada	TV	Válvula de control de temperatura
Otras abreviaturas utilizadas			
ESD	Sistema de Seguridad	SDV	Válvula de Shutdown
SP	Set Point ajuste	XV	Válvula de bloqueo motorizada
PLC	Controlador lógico programable	PSV	Válvula de seguridad de presión
FO	Falla abierta	TSV	Válvula de seguridad de temperatura
FC	Falla cerrada	PCS	Sistema Básico de Control
HS	Hand Switch	ZSO	Switch de posición abierta
RO	Orificio de restricción	ZIO	Indicador de Switch de posición abierta
SV	Válvula solenoide	ZIC	Indicador de Switch de posicion cerrada
ZSC	Switch de posicion cerrada	LTD	Transmisor de nivel, temperatura y densidad
VSV	válvula de seguridad de vacío	DI	Indicador de

Para la identificación de los instrumentos se establece un sistema de asignación de código. Deben tener un código de acuerdo al siguiente criterio **YYY-XXX**
Donde:

YYY son las letras que identifican al tipo de instrumento según la Tabla Nº9.
XXX es el número de instrumentos de 3 dígitos.

11.2 VÁLVULAS MANUALES

Para la identificación de las válvulas manuales se establece un sistema de asignación de código. Todas las válvulas manuales deben tener un código de acuerdo al siguiente criterio **VY-XXX**
Donde:

Y es la letra que identifica al tipo de válvula según la Tabla Nº10.
XXX es el número de válvula manual de 3 dígitos.

Tabla 10: Codificación de válvulas manuales.

Válvula Manual			
B	Esférica	G	Globo
M	Mariposa	R	Retención

12. DESIGNACIÓN Y DISEÑO CAÑERÍAS

Todas las líneas se identifican utilizando la siguiente combinación de letras y números:

D”-NNN-XXXXX-WWW-K-L

Siendo;
D: Diámetro (en in)
NNN: Tipo de Fluido
XXXXX: Número de línea
WWW: Clase de Cañería
K: Aislación externa
L: Espesor de aislación externa (en mm)

Por otro lado, mediante el software Unisim se dimensionan las cañerías considerando los criterios detallados más adelante.

12.1 DIÁMETRO

Para el dimensionamiento de las cañerías se debe tener en cuenta la pérdida de carga, velocidad y erosión. En los casos donde hay limitaciones tanto de la pérdida de carga como de velocidad, la condición más limitante va a determinar el tamaño de la línea.

Los diámetros de ¼”, 2 ½”, 3 ⅓”, 5”, 7”, 9”,11”, 13”, 15”, 17”, 19”, 21”, 22” no serán utilizados dado que dichas medidas no se encuentran en el mercado. Teniendo en cuenta que el mínimo diámetro de cañería permitido es de ½”.

Para el diseño de las cañerías se considera la peor condición de caudal teniendo en cuenta que la velocidad de la cañería se encuentre dentro de las velocidades recomendadas y no supere la velocidad máxima de erosión. A su vez, las pérdidas de presión se deben encontrar dentro del rango admisible.

Para las líneas de líquido y vapor según el tipo de línea, se adopta los siguientes criterios presentados en las tablas a continuación:

Tabla 11: Rangos considerados para el diseño de líneas de líquido.

Hidrocarburos (Simple Fase Líquida)		
Tipo de servicio	Velocidad (m/s)	ΔP (bar/100m)
Densidad Líquido 320-800 kg/m3	2-7	0,09-0,3
Línea por Gravedad	1-2,5	0,033

Tabla 12: Rangos considerados para el diseño de líneas de bombas centrífugas.

	Máxima Velocidad (m/s)		ΔP admisible (bar/100m)		
DN (mm)	Succión	Descarga	Succión		Descarga
			Boiling Liq.	Subcooled Liq.	
<100	1,0	1,8	0,01-0,05	0,05-0,14	0,23-0,35
100	1,4	2,5	0,01-0,05	0,05-0,14	0,23-0,35
150	1,5	3,0	0,01-0,06	0,05-0,14	0,23-0,35
200	1,8	4,3	0,02-0,06	0,11-0,23	0,35-0,45
>200	1,8	5,0	0,02-0,07	0,11-0,23	0,35-0,45

Tabla 13: Rangos considerados para el diseño de líneas de vapor.

Hidrocarburos (Simple Fase Vapor)			
Presión Operativa (bara)	Máxima Velocidad (m/s)	Máximo $\rho*v^2$ (kg/m.s^2)	ΔP (bar/100m)
<3,5	25	6000	0,01-0,03
3,5-10	25	6000	0,04-0,07
10-40	25	7500	0,07-0,11
40-150	25	15000	0,11-0,27
>150	25	15000	0,2% P operativa

Tabla 14: Rangos considerados para el diseño de líneas de vapor para compresores.

Línea de Succión - Compresor			
Presión Operativa (bara)	Máxima Velocidad (m/s)	Máximo $\rho*v^2$ (kg/m.s^2)	ΔP (bar/100m)
<0	10,1	3000	0,01
0-7	10,1	3000	0,01-0,045
7-35	10,1	6000	0,045-0,11
35-70	10,1	6000	0,11-0,2
Línea de Descarga - Compresor			
Presión Operativa (barg)	Máxima Velocidad (m/s)	Máximo $\rho*v^2$(kg/m.s^2)	ΔP (bar/100m)
0-10	15,2	6000	0,04-011
10-50	15,2	7500	0,11-0,26
50-100	15,2	1500	0,26-0,45

Para todos los casos, se toma como caudal de diseño el caudal operativo y se verifica el dimensionamiento para un 20% adicional del mismo, al menos que se indique lo contrario. Para estimar la caída de presión por accesorios y desniveles se ha tomando un 10% adicional del largo del tramo.

Las cañerías con vapor a temperatura de equilibrio y/o con líquido arrastrado se dimensionan como líneas de vapor teniendo el recaudo de no superar la velocidad máxima de erosión.

Para las líneas bifásicas se puede presentar el fenómeno slug y se debe determinar su presencia para tenerla en cuenta o si es posible, evitarlo.

La velocidad de erosión se calcula mediante el método de API RP 14E:

$$Ve = C/\sqrt{\rho m}$$

Donde:

- Ve =Velocidad de erosión (m/s)
- ρm =Densidad del fluido (gas/líquido en condiciones de flujo; kg/m3)
- C =Constante empírica adoptando un valor según su material y servicio de:
    - C= 122 para acero al carbono en servicio continuo
    - C= 150 para acero al carbono en servicio intermitente
    - C= 250 para acero inoxidable en servicio continuo
    - C= 400-450 para acero inoxidable en servicio intermitente

12.2 TIPO DE FLUIDO

Se especifican las siglas para identificar el tipo de fluido que circula por una cañería.

Tabla 15: Codificación de fluidos.

Fluido	Código
LNG	LNG
Gas Natural	NG
Boil Off Gas	BOG
Agua de servicio	W
Aire de Instrumentos	AI
Fuel gas	FG
Nitrógeno	NIG

12.3 CLASE DE CAÑERÍAS

Las cañerías en la planta presentan distintas propiedades de fluidos, condiciones de presión y temperatura. Dependiendo de estos tres factores, se definen las respectivas clases de cañerías, las mismas se detallan en el Anexo 1 y se muestra un resumen de las mismas a continuación:

Tabla 16: Clase de cañería resumida.

Clase de cañería	Rating	Material	C.A. (mm)	Servicio	NPS		Límites de Proceso de Diseño	
					Dmin	Dmax	P (barg)	T(°C)
AIB	Class 150 PN 20	Acero Inoxidable	0	LNG	1/2	48	14	-196/+65
				BOG				
				NIG				
AIA	Class 1500 PN 250	Acero Inoxidable	0	LNG	1/2	36	153	-196/+65
				NG				
ACB	Class 150 PN 20	Acero al carbono	0	Agua	1/2	10	13,9	-20/+60
ACA	Class 900 PN 150	Acero al carbono	0	NG	1/2	36	105	-20/+65
				FG				

12.4 AISLACIÓN EXTERNA

Se especifican las siglas para identificar la aislación externa de una cañería.

Tabla 17: Codificación de aislación externa.

Tipo	Código
Conservación de frío	CC
Personal Protection	PP
Sin aislación externa	B

Para aislar térmicamente las cañerías se adopta Celullar Glass como material de aislación. La siguiente ***Tabla 18*** corresponde a los espesores del mismo según el diámetro nominal de la cañería.

Tabla 18: Espesor de aislación según el diámetro nominal para Celullar Glass.

Cellular Glass	
Diámetro Nominal (in)	Espesor (mm)
44	210
42	210
40	200
38	190
36	180
32	175

30	175
24	170
18	160
16	155
14	155
12	150
10	145
8	140
6	130
4	120
3	115
2	105
½" to 1 ½"	100

13. DISEÑO MECÁNICO

13.1 PRESIÓN DE DISEÑO

La presión de disparo de la válvula de seguridad u otro elemento de seguridad estará relacionada con la presión de diseño de las líneas o equipos a las cuales protege.

Para todos los diseños la presión de diseño se define como la presión operativa más un 10% de la misma, al menos que se indique lo contrario.

Para los equipos que no están protegidos como es el caso de una bomba centrífuga, la presión de diseño será la presión de shut-off más la presión de succión.

13.2 TEMPERATURA DE DISEÑO

Para la temperatura de diseño se resta/suma 10°C a la temperatura de operación en caso que el proceso se encuentre por debajo/encima de 0ºC.

14. DISEÑO DE EQUIPOS

14.1 RECONDENSADOR

La parte superior de este equipo posee un lecho de relleno que promueve la recondensación del BOG, generado debido al calor entregado por el ambiente, en contacto con LNG el cual es inyectado por el tope de esta misma unidad. Por otro lado, la parte inferior acumula el recondensado y recibe el LNG de los tanques para satisfacer el ANPA requerido por las bombas de alta presión.

14.1.1 RECONDENSADOR PARTE SUPERIOR

14.1.1.1 RELLENO

El relleno del recondensador es de Pall Ring de 2” que fue elegido por su gran utilización en las industrias que proveen el mismo servicio.

14.1.1.2 INTERNOS

Para una dispersión uniforme y un buen contacto entre fluidos se instala un distribuidor tanto de líquido (LNG) como de gas (BOG). Se coloca un soporte de lecho en la parte inferior del mismo.

14.1.1.3 DIÁMETRO

Se utiliza el software Sulcol 3.0.8 para determinar el diámetro mediante las propiedades resultantes de la simulación de UniSim tal que no supere la pérdida de presión admisible de 5 mbar/m ni la capacidad del 80% recomendada por la empresa de ingeniería Sulzer.

14.1.1.4 ALTURA

Se considera una altura total de 6 m la cual incluye la altura correspondiente al relleno de 3 m provista por el proveedor .

14.1.2 RECONDENSADOR PARTE INFERIOR

14.1.2.1 INTERNOS

Para proteger al sistema de bombeo que se encuentra aguas abajo se evita que se produzca un flujo turbulento en rotación espiral instalando un rompe vórtice en la salida de LNG.

14.1.2.2 DIÁMETRO

Para el dimensionamiento del diámetro, se adopta una relación entre el diámetro inferior y superior de 1,5.

14.1.2.3 ALTURA

La altura se determina mediante los tiempos de residencia de LNG, tomados de una planta de referencia, utilizando el caudal de operación normal de las bombas de alta presión.

14.1.3 PRESIÓN DE DISEÑO

La presión de diseño es la correspondiente a la presión de descarga máxima del compresor que se encuentra aguas arriba del recondensador.

14.1.4 TEMPERATURA DE DISEÑO

Al trabajar a bajas temperaturas, las temperaturas de diseño son: la mínima la cual se corresponde con los criterios detallados en el inciso 12.2, y la máxima de 32ºC, valor de la temperatura máxima de diseño del ambiente.

14.1.5 ELEVACIÓN

Para cumplir con el ANPA disponible se eleva el equipo 5,5 m. En el documento G1-PR-MC-003 Memoria de Cálculo de Bombas de Alta Presión se detalla el cálculo asociado a los requerimientos de dichas bombas.

14.1.6 ESPESOR

Se establece el espesor del equipo mediante el código ASME Sección VIII División I con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{P.R}{S.E - 0{,}6P}$$

siendo:

- t: espesor
- P: presión de diseño
- R: radio interno
- S: tensión admisible
- E: eficiencia de la junta

14.1.7 AISLACIÓN

El espesor de la aislación de poliisocianurato, PIR, que se adopta para el recondensador es de 200 mm, la misma medida que en la planta de referencia. De manera de corroborar que la transferencia

de calor con el ambiente no genere una evaporación de LNG mayor que el 2 % del volumen del equipo se procede con la siguiente verificación. En cuanto a la transferencia por conveccion y radiacion se define según:

$$Ewall = \frac{E}{\pi}$$

$$hr = \frac{s.e.(Tr^4 - Ta)^4}{Tr - Ta}$$

$$hc = 1{,}3.(Tr - Ta)^{1/3}$$

$$Tr\ calculada = \frac{a.E}{(hr + hc) + Ta}$$

siendo:

- E: radiación solar en superficie vertical de 356,7 W/m^2
- Ta: temperatura ambiente máxima promedio por día en K
- Tr: temperatura externa de aislación supuesta en K
- Ewall: radiación solar en W/m^2
- e: emisividad del material de la aislación de 0,1
- s: constante Stefan Boltzmann: 5,67E-08 W/(m^2.K^4)
- hr= coeficiente de transferencia por radiación en W/m^2
- hc= coeficiente de transferencia por convección en W/m^2
- a: absortividad solar del material de 0,3
- Tr calculada: temperatura externa de aislación calculada en K

Respecto a la transferencia por conducción las ecuaciones son:

$$d1 = d2 + 2.th1$$

$$R = \frac{1}{2.\pi.\lambda c}.ln(d1/d2)$$

$$\Phi = \frac{\pi.d2.h.(T1 - Ti)}{R}$$

siendo:

- T1 = Tr en K
- Ti: temperatura interna en K
- d1: diámetro externo de la aislación en m
- d2: diámetro interno del equipo en m
- th1: espesor de aislación en m
- λc: conductividad de la aislación de 0,0215 W/m.K
- R: resistencia total m.K/W

- Φ: la pérdida de calor en W
- h: altura en m

14.2 EVAPORADOR

Para la revaporización de LNG, se emplea equipos de Open Rack Vaporizer (ORV) construido por paneles verticales de tubos aleteados de acero inoxidable. Por la parte inferior ingresa el LNG ascendiendo de forma vertical por el interior de los tubos, mientras que, la parte externa de los mismos se encuentra en contacto con un film descendiente de agua que transfiere el calor necesario para evaporar el fluido de interés.

Frente a la complejidad del equipo y la falta de un simulador específico para su diseño se procede a la realización del mismo por partes. La primera corresponde a la sección de tubos la cual se diseña con el simulador HTRI buscando un sobrediseño de aproximadamente del 10 % siendo las propiedades y las correlaciones de los fluidos importadas del UniSim. La segunda corresponde a la carcasa abierta cuyo diseño se establece mediante recomendaciones tomadas de la planta de referencia.

14.2.1 TUBOS

14.2.1.1 PÉRDIDA DE PRESIÓN

Se adopta una pérdida de presión de 0,5 bar.

14.2.1.2 DIÁMETRO, LARGO Y PITCH

Se emplean tubos de 38,1 mm de diámetro y 6,706 m de largo con una distancia entre centros de tubos de 59,5 mm.

14.2.1.3 TEMPERATURA DE DISEÑO

Al ingresar al equipo a bajas temperaturas, la temperatura mínima se corresponde con los criterios detallados en el inciso 12.2, y la máxima de 32ºC, valor de la temperatura máxima de diseño del ambiente.

14.2.1.4 PRESIÓN DE DISEÑO

La presión de diseño adoptada en los tubos del ORV es la presión de shutoff de los equipos de bombeo de alta presión, equivalente a 110 barg. La razón del criterio se basa en la disposición de este equipo al encontrarse aguas abajo del sistema de bombeo.

14.2.1.5 INTERNOS: ALETAS Y TWISTED TAPES

Para aumentar la superficie de transferencia de calor, cada tubo presenta 12 aletas de una altura de 10 mm y un espesor de 3 mm. Se adiciona un interno llamado twisted tape en el centro de cada tubo de forma longitudinal, el cual tiene la forma de una cinta enroscada, con el propósito de generar turbulencia. Este dispositivo tiene un espesor de 3 mm, un ancho de 19,2 mm y una relación entre largo y diámetro por vuelta de 2,5.

14.2.2 FLUIDO CALEFACTOR

La central eléctrica de cercanía brinda el servicio de agua para transferir calor al LNG que luego es reenviada a la misma para su sistema de refrigeración.

14.2.2.1 TEMPERATURA DE DISEÑO

El agua suministrada ingresa a la planta de revaporización de LNG a 40°C y se la retorna a 20°C. La temperatura de diseño máxima se determina según los criterios del inciso 12.2 y la temperatura mínima corresponde con la temperatura mínima de diseño del ambiente, es decir de un valor de -1°C.

14.2.2.2 PÉRDIDA DE PRESIÓN

La pérdida presión es de 0,5 bar la cual resulta de la diferencia entre la presión de ingreso al ORV y la presión atmosférica.

14.2.3 DIMENSIONAMIENTO

Cada ORV está compuesto por dos bloques y cada bloque se diseña con las dimensiones constructivas de la planta de referencia. Estas distancias son:

- Distancia entre paneles: 600 mm
- Distancia entre panel y pared lateral: 300 mm
- Distancia entre tubo extremo y pared frontal: 350 mm
- Espesor de pared lateral: 700 mm
- Espesor de pared divisoria de bloques: 700 mm

14.2.4 RESISTENCIA DE ENSUCIAMIENTO

La resistencia de ensuciamiento de LNG se desprecia al tratarse de un fluido limpio y con respecto al agua, se fija un valor de 0,00018 m2.K/W.

14.3 COMPRESOR

Dadas las bajas temperaturas de operación la principal característica del compresor es que este equipo deberá ser criogénico. Luego de calcular los requerimientos de estos equipos, presión de succión, presión de descarga y lan potencia requerida, se debe contactar a un proveedor para la obtención del mismo.

De elegirse compresores rotativos se debera asegurar que estos se encuentren dentro de los limites operativos establecidos para este tipo de elementos, como se indica en Gas Processors Suppliers Association Engineering Data Book (GPSA, 2004): Las características de estos equipos deberán ser informadas por el proveedor de los mismos.

14.4 BOMBAS CENTRÍFUGAS SUMERGIBLES

Como las bombas que se tratan en este proyecto tienen características sumergibles se debe cumplir tanto como la altura neta positiva de aspiración (ANPA) y la altura de sumergencia requeridas. El valor más crítico es aquel que proporcione mayor exigencia, y por lo tanto, es el criterio de diseño.

14.4.1 ANPA DISPONIBLE

Frente al estudio del valor más crítico entre las alturas y de ser la misma, el ANPA, se obtiene el ANPA disponible según la norma ANSI que recomienda la adición de 1 m al ANPA requerido.

14.4.2 ALTURA DE SUMERGENCIA

En el caso de ser la sumergencia el fenómeno más crítico, se procede con el diseño del equipo mediante el cálculo provisto por el Instituto Hidráulico que se describe a continuación:

$$\frac{S}{D} = 1{,}0 + 2{,}3F_D$$

siendo:

$$F_D = \frac{V}{(g.D)^{0{,}5}},$$

donde:

- S: altura de sumergencia necesaria
- D: diámetro exterior de la cavidad de succión de la bomba
- Fd: número de Froude
- g: gravedad
- V: velocidad promedio en la cavidad de succión

14.5 SCRUBBER

14.5.1 DISPOSICIÓN

La disposición (horizontal/vertical) está determinada por la relación entre el caudal de gas (G) y el caudal de líquido (L) a separar. Se usarán recipientes verticales cuando:

$$\frac{G}{G+L} > 0{,}9$$

Dadas las características del proceso, se utilizarán separadores verticales mayoritariamente, principalmente para proteger los compresores.

14.5.2 TIEMPO DE RESIDENCIA

Se utilizan los tiempos recomendados por Gas Processors Suppliers Association Engineering Data Book (GPSA, 2004).

14.5.3 DISEÑO

Para el caso particular de los separadores verticales, la relación altura/diámetro debe estar comprendida entre 3 y 5 para obtener una separación óptima.

La altura y diámetros finales serán tales que se logre cumplir con los requisitos de proceso (tiempo de residencia y separación G/L).

El scrubber será dimensionado de acuerdo a su diámetro interno. Se utilizarán cabezales semiesféricos.

Para el cálculo de la velocidad crítica se emplea la siguiente fórmula:

$$v_{max} < v_t = Ks\sqrt{\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}}$$

Dónde:

$$\rho_l = 27{,}4\ lb/ft^3$$
$$\rho_g = 0{,}130\ lb/ft^3$$
$$Ks = 0{,}35$$

14.5.4. INTERNOS

Para la entrada al separador, se coloca un interno half pipe. No es necesario un interno de mayor complejidad dado que la velocidad del caudal de entrada es baja.

Para las salidas de gas, se instalan internos del tipo wire mesh. Resulta ser el tipo de interno más eficiente en la retención de gotas de líquido, lo cual resulta de vital importancia dado que el scrubber está instalado en la succión del sistema de compresión.

Dado que la fase liquida se drena a un sistema cerrado por diferencia de presión, es decir, no se utiliza una bomba, no es necesario un ropme vórtice en el fondo de este equipo.

14.6 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

14.6.1 DIMENSIONAMIENTO

Se asume una relación entre el diámetro y la altura del tanque de 2:1. Además, se adopta una diferencia entre el volumen efectivo y el volumen útil de 3%.

14.6.2 PRESIÓN DE DISEÑO

En este caso especial como el tanque trabaja a presiones cercanas a la atmosférica no resulta conveniente tomar como presión de diseño el 10% de la operativa. Por este motivo, se decide asignarle el valor de la planta de referencia que corresponde a 290 mbarg.

14.6.3 TEMPERATURA DE DISEÑO

Al trabajar a bajas temperaturas, las temperaturas de diseño son: la mínima la cual se corresponde con los criterios detallados en el inciso 12.2, y la máxima de 32ºC, valor de la temperatura máxima de diseño del ambiente.

14.6.4 ESPESOR

Se establece el espesor del equipo mediante el código API 620 con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{max(T1, T2)}{Sts.E}$$

donde:

$$T1 = \frac{Rc}{2} . (P + \frac{W}{At} + \frac{F}{At})$$

$$T2 = P.Rc$$

$$P1 = \rho.g.h$$

$$P = Pop + P1$$

$$W = \rho.h.At$$

siendo:

- P1: Presión estática en Pa
- ρ: densidad de LNG de 440,1 kg/m3
- g: gravedad de 9,8 m/s2
- h: altura de líquido en m
- Pop: presión operativa en Pa
- P1: presión estática en Pa
- P: presión total en Pa
- At: área transversal en m2
- W: peso en kg
- Rc: radio interno del tanque en m
- At: área transversal del tanque en m2
- T1: Unidad de fuerza meridional en N/m
- T2: Unidad de fuerza latitudinal en N/m

14.6.5 AISLACIÓN

Con el objetivo de evaporar por intercambio de calor con el ambiente hasta un 0,05% de LNG contenido en el tanque, se contabiliza que la pérdida admisible máxima es de 260,8 kW asumiendo un margen de 12%. Con este último parámetro definido, se halla el espesor requerido de forma tal de cumplir con el propósito inicial. La aislación está constituida por una primera capa de fibra de vidrio, resilient blanket, una segunda capa de perlita y por último, una capa de concreto, la cual tiene la función adicional de mantener la estructura del tanque estable.
En un primer lugar, se procede con el estudio de la transferencia de calor por radiacion y conveccion mediante:

$$Ewall = \frac{E}{\pi}$$

$$hr = \frac{s.e.(Tr^4 - Ta)^4}{Tr - Ta}$$

$$hc = 1{,}3.(Tr - Ta)^{1/3}$$

$$Tr\ calculada = \frac{a.E}{(hr + hc) + Ta}$$

siendo:

- E: radiación solar en superficie vertical de 356,7 W/m^2
- Ta: temperatura ambiente máxima promedio por día en K
- Tr: temperatura externa de la pared de concreto supuesta en K
- Ewall: radiación solar en W/m^2
- e: emisividad del concreto de 0,9
- s: constante Stefan Boltzmann: 5,67E-08 W/(m^2.K^4)
- hr: coeficiente de transferencia del concreto por radiación en W/m^2
- hc: coeficiente de transferencia del concreto por convección en W/m^2
- a: absortividad solar del concreto de 0,6
- Tr calculada: temperatura externa de aislación calculada en K

Respecto a la transferencia por conducción las ecuaciones son:

$$d1 = d2 + 2.th1$$

$$d2 = d3 + 2.th2$$

$$d3 = d4 + 2.th3$$

$$Tp = \frac{T2 + T3}{2}$$

$$\lambda p = 3{,}9E - 4 + 1{,}28E - 4.Tp + 1{,}65E - 7.Tp^2$$

$$Tb = \frac{T3 + T4}{2}$$

$$R12 = \frac{1}{2.\pi.\lambda c}.ln(d1/d2)$$

$$R23 = \frac{1}{2.\pi.\lambda c}.ln(d2/d3)$$

$$R34 = \frac{1}{2.\pi.\lambda c}.ln(d3/d4)$$

$$\Phi = \frac{\pi.d4.h.(T1 - T4)}{R12 + R23 + R4}$$

siendo:

- T1 = Tr en K
- T2: temperatura en la interfase de concreto-perlita en K
- T3: temperatura en la interfase de perlita-resilient blanket en K
- T4: temperatura interna del tanque en K
- d1: diámetro externo de la capa de concreto en m
- th1: espesor de la capa de concreto en m
- d2: diámetro interno de la capa de concreto en m
- th2: espesor de la capa de perlita en m
- d3: diámetro externo de la capa de resilient blanket en m
- th3: espesor de la capa de resilient blanket en m
- d4: diámetro interno del tanque en m
- λc: conductividad del concreto de 1,91 W/m.K
- Tp: temperatura de perlita en K
- λc: conductividad de perlita en W/m.K
- Tb: temperatura de resilient blanket en K
- λb: conductividad de resilient blanket de 0,0244 W/m.K
- R12: resistencia de la capa de concreto en m.K/W
- R23: resistencia de la capa de perlita en m.K/W
- R34: resistencia de la capa de resilient blanket en m.K/W
- Φ: la pérdida de calor total en W
- h: altura en m

15. VÁLVULAS/ DISPOSITIVOS

15.1 VÁLVULA DE CONTROL

Se debe diseñar las válvulas de control para los caudales operativos con rango de apertura entre 30-70% y para los caudales máximos valores entre 70-80% aproximadamente. Respecto a la caída de presión, se determina una pérdida de 0,2 bar, y en situaciones donde se requiera o produzca una mayor pérdida de presión, por dimensión o funcionamiento de la válvula, este último valor puede ser modificado.

15.2 SISTEMAS DE ALIVIO

Para todas las válvulas de alivio se estipula un back pressure de 0,3 bar, dado que para la obtención de este valor se requiere conocer en detalle las características del sistema de alivio el cual queda por fuera del alcance de este proyecto.

En función del caudal y la relación de presiones de back pressure y presión de set, se elegirá el tipo de orificio de la válvula a instalar.

Tabla 19: Listado de Válvulas de Alivio

ORIFICIO	A mm^2
D	70,97
E	126,45

F	198,06
G	324,52
H	506,45
J	830,32
K	1185,80
L	1840,64
M	2322,58
N	2799,99
P	4116,12
Q	7129,02
R	10322,56
T	16774,16

Los dispositivos que conforman al sistema de alivio se deben diseñar analizando todas las contingencias que puedan suceder independientemente una de otra. Para cada escenario se tiene en cuenta el caudal mayor de alivio. Respecto al dimensionamiento de una PSV, la elección del orificio será el que requiere mayor área para que el sistema de alivio funcione correctamente ante cualquier contingencia. Se debe indicar también, cuál es la contingencia crítica.

Se considera una backpressure de XX barg y en base a la relación Pback/Pset, siendo Pset la presión de diseño, se debe elegir el tipo de válvula dentro del catálogo de Fisher.

16. PASOS DE HOMBRE Y DE INSPECCIÓN

16.1 TANQUES DE ALMACENAMIENTO

En cada uno de los tanques posee una conexión de 24” de diámetro en el techo para ser habilitada como paso de hombre ante una inspección o mantenimiento del mismo. La misma no se coloca en los laterales de los tanques dado que posee una estructura de hormigón y perlita para mantener el LNG a -160ºC.

16.2 RECONDENSADOR

En el caso del Recondensador de BOG se coloca un paso de hombre de 24” por encima del lecho empacado y otro en la parte inferior del mismo.

16.3 SCRUBBER

En la parte inferior del separador se coloca una conexión de 24” para el paso de hombre o punto de inspección.

17. INERTIZACIÓN, REFRIGERACIÓN, DRENAJES Y VENTEOS

Las operaciones que requieren conexiones de inertización, refrigeración, drenaje y venteo son:

- Puesta en marcha: Para comenzar con esta operación se debe inertizar con nitrógeno las cañerías y todos los equipos de la planta para evitar contingencias a la hora de circular LNG en la planta.

- Operación: Durante la operación de la planta, se cuenta con un sistema de venteo el cual protege tanto a líneas como equipos de altas presiones mediante válvulas de alivio. Por otro lado, los equipos y las líneas que se encuentren en espera poseen un sistema de refrigeración mediante la circulación de LNG. A su vez, se dispone de un sistema de drenaje cerrado para un eventual mantenimiento.

- Mantenimiento: Antes de efectuar trabajos de reparación o modificación se debe aislar las instalaciones a intervenir, purgar el LNG a drenaje cerrado, despresurizar e inertizar.

18. LAYOUT

Se propone la distribución espacial de equipos mediante la norma GAP.2.5.2 donde se presentan las distancias mínimas recomendadas entre equipos, instalación o servicios.

19. MEDIDOR FISCAL

Se cuenta con un sistema de medición con un medidor de caudal ultrasónico para medir el caudal volumétrico que es inyectado al gasoducto. Se utiliza este tipo de instrumento ya que presenta una buena eficiencia de medición.

Se coloca un filtro aguas arriba del mismo para asegurar que el flujo no contenga partículas de sólidos o gotas de líquido con la finalidad de que el caudalímetro arroje una medición certera.

También se incluyen medidores de presión y temperatura, ya que dicho filtro mide flujos volumétricos por lo que se requiere de estos valores para calcular el caudal másico.

El diseño de la estación de medición fiscal no se encuentra contemplado en el alcance de este proyecto.

20. ANEXO

20.1 Anexo 1: Clase de cañería

AIB						
Material:	**N. de acero:**	**Rating:**				
Acero Inoxidable	304/304L	150 lb.	**Límite de Presión / Temperatura:**			
Código de Construcción:	**Corrosión admisible:**	**Facing:**	P (barg)	14	14	14
ASME B31.3	0 mm	RJ	T (C)	-196	+38	+65
	Componente	**NPS (inches) Desde - A:**	**Schedule/ Espesor (mm)/ Rating**			
	Cañería	1/2	40S	2,77		
		3/4		2,87		
		1		3,38		
		1 1/2		3,68		
		2		3,91		
		3-4	10S	3,05		
		6	10S	3,4		
		8		3,76		
		10		4,19		
		12		4,57		
		16		4,78		
		20		5,54		
		24		6,35		
		28	10	7,92		
		30 - 32		7,92		
		36 - 48	STD	9,53		
		8	STD	8,18		
		20	40S	9,53		
		24	80S	12,7		
		36	30	15,88		
		44	XS	12,7		

AIA						
Material:	**N. de acero:**	**Rating:**				
Acero Inoxidable	304/304L	1500 lb.	**Límite de Presión / Temperatura:**			
Código de Construcción:	**Corrosión admisible:**	**Facing:**	P (barg)	153	153	153
ASME B31.3	0 mm	RJ	T (C)	-196	+38	+65
	Componente	**NPS (inches) Desde - A:**	**Schedule/ Espesor (mm)/ Rating**			
	Cañería	1/2	80S	3,73		
		3/4		3,91		
		1		4,55		
		1 1/2		5,08		
		2		5,5		
		3		7,62		
		4		8,56		
		6	120	14,27		
		8		15,09		
		10		18,26		
		12	100	21,44		
		14		23,82		
		16		26,19		
		20		32,54		
		24		38,89		
		28		44,45		
		32		50,01		
		36		55,88		

ACA						
Material:	**N. de acero:**	**Rating:**				
Acero al carbono	ASTM A 106 Gr.B / API 5L X70 Normalized	900 lb.	**Límite de Presión / Temperatura:**			
Código de Construcción:	**Corrosión admisible:**	**Facing:**	P (barg)	105	105	105
EN 13480-3	0 mm	RJ	T (C)	-20	+65	+45

	Componente	**NPS (inches) Desde - A:**	**Schedule/ Espesor (mm)/ Rating**	
	Cañería	1/2	80	3,73
		3/4		3,91
		1		4,55
		1 1/2		5,08
		2		5,54
		3		7,62
		4		8,56
		6		10,97
		8		12,7
		10		15,09
		12	40	10,31
		14		11,13
		16		12,7
		18		14,27
		20		15,09
		24		17,48
		28		19,05
		30		20,62
		32		20,62
		36		22,23

ACB						
Material:	**N. de acero:**	**Rating:**				
Acero al carbono	ASTM A 106 Gr.B / API 5L X70 Normalized	150 lb.	**Límite de Presión / Temperatura:**			
Código de Construcción:	**Corrosión admisible:**	**Facing:**	P (barg)	13,9	13,9	13,9
EN 13480-3	0 mm	RF	T (C)	-20	+38	+60
	Componente	**NPS (inches) Desde - A:**	**Schedule/ Espesor (mm)/ Rating**			
	Cañería	1/2	80	3,73		
		3/4		3,91		
		1		4,55		
		1 1/2		5,08		
		2		5,54		
		3	40	5,49		
		4		6,02		
		6		7,11		
		8	20	6,35		
		10		6,35		

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LGR	ARC	MAC
B	PARA APROBACIÓN	15/07/2020	LGR	ARC	MAC
A	PARA REVISIÓN	23/04/2020	LGR	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

FILOSOFÍA DE CONTROL

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-PR-FO-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 19

ÍNDICE

1. OBJETIVO 3

2. ALCANCE 3

3. FILOSOFÍA DE CONTROL 3

3.1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-001 Y SISTEMA DE BOMBEO LP P-004A/B/C 3

3.2. TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-002 Y SISTEMA DE BOMBEO LP P-005A/B/C 6

3.3. TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-003 Y SISTEMA DE BOMBEO LP P-006A/B/C 7

3.4. SISTEMA DE COMPRESIÓN: SCRUBBER SSC-015 Y COMPRESORES KG-016A/B. 9

3.5. RECONDENSADOR RC-017 11

3.6. SISTEMA DE BOMBEO DE ALTA PRESIÓN, HP P-007/008/009/010 13

3.7. SISTEMA DE EVAPORACIÓN, ORV-011/012/013/014, PUENTE DE MEDICIÓN. 15

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es describir la filosofía de control de la planta de revaporación de LNG, ubicada en Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

2. ALCANCE

El alcance abarca el diseño del sistema de control de la planta detallando las lógicas aplicadas sobre los lazos, las respuestas requeridas ante las diferentes desviaciones, la gestión de alarmas y las fallas de sistemas.
La filosofía de control del sistema de drenajes, venteo e instrumentación se encuentran fuera del alcance del proyecto.

3. FILOSOFÍA DE CONTROL

3.1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-001 Y SISTEMA DE BOMBEO LP P-004A/B/C

El tanque de almacenamiento TKA-001 tiene como función almacenar el LNG importado para posterior revaporización. El mismo es bombeado hacia el área de procesos mediante bombas de baja presión que se encuentran sumergidas en el interior del tanque. Cada tanque cuenta con tres bombas sumergidas de las cuales dos trabajan en operación normal, teniendo una de reserva.

El tanque de almacenamiento cuenta con la siguiente instrumentación:

Tabla 1: Instrumentación de TKA-001

TAG	Descripción	Alarmas Asociadas	Valores
LIT-0102	Transmisor e indicador de nivel	LAL-0102: Bajo nivel	1042 mm
		LAH-0102: Alto nivel	37633 mm
LIT-0103	Transmisor e indicador de nivel	LALL-0103: Muy bajo nivel	920 mm
		LAHH-0103: Muy alto nivel	37774 mm
PIT-0104	Transmisor e indicador de presión	-	-
PIT-0050A/B (1)	Transmisor e indicador de presión	-	-
LTD-0165	Transmisor de nivel, temperatura y densidad	-	-

PIT-0162	Transmisor e indicador de presión	PAHHH-0162: Muy muy alta presión	310 mbarg
PIT-0160	Transmisor e indicador de presión	PALL-0160: Muy baja presión	5 mbarg
		PAHH-0160: Muy alta presión	220 mbarg
PIT-0060A/B(2)	Transmisor e indicador de presión	-	-

Nota (1): La instrumentación corresponde al sistema de control de los tres tanques al encontrarse en el colector de venteo.
Nota (2): La instrumentación corresponde al sistema de control de los tres tanques al encontrarse en el colector de sistema de vacío.

Este equipo se encuentra protegido por alta presión mediante las válvulas de seguridad PSV-0404A/B, cuyo set point es 290 mbarg. Ambos dispositivos de alivio se encuentran en paralelo estando uno operativa y otro de reserva y/o mantenimiento.

Además, otro fenómeno a tener en cuenta que podría ocasionar un aumento de presión es el conocido como “roll-over”. El mismo consiste en el calentamiento del LNG almacenado provocando que se genere una capa de masa de gas a una temperatura mayor que la de la capa de masa de gas más próxima a la salida del tanque. Esta fuerza impulsora entre la diferencia de densidades provoca que la masa de gas fría tienda a bajar mientras que la caliente a subir provocando una turbulencia debido a la inversión de lugar de dichas masas, ocasionando desestabilización en la operación.

Ante la posible existencia del mismo, se coloca una XV-0164 con enclavamiento de muy muy alta presión (310 mbarg) para aliviar la presión a zona segura.

Al trabajar a presiones cercanas a la atmosférica, la última barrera de seguridad para evitar contingencias debidas a la generación de vacío en el tanque, consiste en una válvula de seguridad por vacío, VSV-0163, que se activa cuando se alcance la presión de -2,2 mbarg.

En caso de estar fuera de operación, es decir que el tanque de almacenamiento se encuentra en reserva, se debe verificar que las siguientes válvulas estén en posición cerrada:

- válvulas XV-0403A/B/C,
- válvula XV-0102,
- válvula XV-0107,
- válvula VF-0120.

Adicionalmente, se debe comprobar que las bombas LP P-004A/B/C se encuentren apagadas.

Las bombas de baja presión asociadas cuentan con la siguiente instrumentación:

Tabla 2 - Instrumentación de LP P-004A/B/C.

TAG	Descripción	Alarmas Asociadas	Valores
FE/FIT-0401A/B/C	Caudalímetro. Indicador y transmisor de caudal de LP P-004A/B/C.	FAL-0401: Bajo nivel de caudal	105 m3/h
PIT-0405A/B/C	Transmisor e indicador de presión a la descarga de LP P-004A/B/C	-	-

El sistema posee una operatoria de control para regular y controlar el sistema de forma tal de asegurar el correcto funcionamiento de las bombas de baja presión, el cual consta de la siguiente instrumentación y lógica:

Tabla 3 - Sistema y lógica de control de zona de almacenamiento de TKA-001.

TAG	Variable Medida	Variable controlada	Variable Manipulada	Acción	Descripción
PIT-0104	Presión	Presión Set Point: 150 mbarg	rpm del motor de compresión de K-016A/B	Directa P↑⟶ rpm↑ P↓⟶ rpm↓	Regula la presión de la fase vapor en el tanque de almacenamiento mediante la manipulación de la velocidad del compresor. Si el valor de la presión sube por encima del valor de set point, las rpm del compresor deben aumentar de forma tal de aumentar el caudal del compresor y remover vapores del tanque. Como consecuencia, baja la presión en el tanque.
PIT-0050A/B	Presión	Presión Set Point: 250 mbarg	% de Apertura de Válvula PV-0050A/B	Directa P↑⟶ %Ap↑ P↓⟶ %Ap↓	Se regula el porcentaje de apertura de la válvula PV-0050A/B según la presión aguas arriba de la misma. Cuando la presión supera los 250 mbarg, la válvula se abre para derivar parte del vapor de proceso al sistema de venteo. Al momento de restaurar el valor de set point la válvula se cierra.
FIT-0401A/B/C	Caudal	Caudal Set Point: 160 m3\h	% de Apertura de Válvula FV-0401A/B/C	Inversa Q↑⟶Ap↓ Q↓⟶Ap↑	Control de caudal mínimo de las bombas LP P-004A/B/C. Controla el caudal de descarga de la bomba de baja presión regulando el caudal de recirculación al tanque TKA-001. Si el caudal disminuye por debajo del set point, el controlador ordena abrir la válvula de reciclo para proteger el equipo del caudal mínimo.
PIT-0060A/B	Presión	Presión Set Point: X barg (3)	% de Apertura de Válvula PV-0060A/B	Inversa P↑⟶Ap↓ P↓⟶Ap↑	Se regula el porcentaje de apertura de la válvula PV-0060A/B según la presión aguas abajo de la misma. Cuando la presión supera el set point, la válvula se cierra para mantener la presión.

Nota (3): El valor de set point de presión depende del diseño de las válvulas de control PV-0060A/B, las cuales serán diseñadas en la próxima etapa de ingeniería.

3.2. TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-002 Y SISTEMA DE BOMBEO LP P-005A/B/C

El tanque de almacenamiento TKA-002 tiene como función almacenar el LNG importado para posterior revaporización, el cual es bombeado hacia el área de procesos mediante bombas de baja presión que se encuentran sumergidas en el interior del tanque. Cada tanque cuenta con tres bombas sumergidas de las cuales dos trabajan en operación normal, teniendo una de reserva.

El tanque de almacenamiento cuenta con la siguiente instrumentación:

Tabla 4 - Instrumentación de TKA-002.

TAG	Descripción	Alarmas Asociadas	Valores
LIT-0202	Transmisor e indicador de nivel	LAL-0202: Bajo nivel	1042 mm
		LAH-0202: Alto nivel	37633 mm
LIT-0203	Transmisor e indicador de nivel	LALL-0203: Muy bajo nivel	920 mm
		LAHH-0203: Muy alto nivel	37774 mm
PIT-0204	Transmisor e indicador de presión	-	-
LTD-0265	Transmisor de nivel, temperatura y densidad	-	-
PIT-0262	Transmisor e indicador de presión	PAHHH-0262: Muy muy alta presión	310 mbarg
PIT-0260	Transmisor e indicador de presión	PALL-0260: Muy baja presión	5 mbarg
		PAHH-0260: Muy alta presión	220 mbarg

Este equipo se encuentra protegido por alta presión las válvulas de seguridad PSV-0504A/B, cuyo set point es 290 mbarg. Ambos dispositivos de alivio se encuentran en paralelo estando una operativa y otra de reserva y/o mantenimiento.

Además, otro fenómeno a tener en cuenta que causa muy alta presión es el de “rollover”, cuya explicación se realizó anteriormente.

Ante la posible existencia del mismo, se coloca una XV-0264 con enclavamiento de muy muy alta presión (310 mbarg) para aliviar la presión a zona segura.

Al trabajar a presiones cercanas a la atmosférica, la última barrera de seguridad para evitar contingencias debidas a la generación de vacío en el tanque, se instalan válvulas de seguridad por vacío, VSV-0263, que se activa cuando alcance la presión de -2,2 mbarg.

En caso de estar fuera de operación, es decir que se encuentra en reserva, se debe verificar que las siguientes válvulas estén en posición cerrada:

- válvulas XV-0503A/B/C,
- válvula XV-0202,

- válvula XV-0207,
- válvula VF-0320.

Adicionalmente, se debe comprobar que las bombas LP P-005A/B/C se encuentren apagadas.

Las bombas de baja presión asociadas cuentan con la siguiente instrumentación:

Tabla 5 - Instrumentación de LP P-005A/B/C.

TAG	Descripción	Alarmas Asociadas	Valores
FE/FIT-0501A/B/C	Caudalímetro. Indicador y transmisor de caudal de LP P-005A/B/C.	FAL-0501: Bajo nivel de caudal	105 m3/h
PIT-0505A/B/C	Transmisor e indicador de presión a la descarga de LP P-005A/B/C	-	-

El sistema posee una operatoria de control para regular y controlar de forma tal de asegurar el correcto funcionamiento de las bombas de baja presión el cual consta de la siguiente instrumentación y lógica:

Tabla 6 - Sistema y lógica de control de zona de almacenamiento de TKA-002.

TAG	Variable Medida	Variable controlada	Variable Manipulada	Acción	Descripción
PIT-0204	Presión	Presión Set Point: 150 mbarg	rpm del motor de compresión de K-016A/B	Directa P↑⟶ rpm↑ P↓⟶ rpm↓	Regula la presión de la fase vapor en el tanque de almacenamiento mediante la manipulación de la velocidad del compresor. Si el valor de la presión sube por encima del valor de set point, las rpm del compresor deben aumentar de forma tal de aumentar el caudal del compresor y remover vapores del tanque. Como consecuencia, baja la presión del tanque.
FIT-0501A/B/C	Caudal	Caudal Set Point: 160 m3\h	% de Apertura de Válvula FV-0501A/B/C	Inversa Q↑⟶Ap↓ Q↓⟶Ap↑	Control de caudal mínimo de las bombas LP P-005A/B/C. Controla el caudal de descarga de la bomba de baja presión regulando el caudal de recirculación al tanque TKA-002. Si el caudal disminuye por debajo del set point, el controlador ordena abrir la válvula de reciclo para proteger el equipo del caudal mínimo.

3.3. TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-003 Y SISTEMA DE BOMBEO LP P-006A/B/C

El tanque de almacenamiento TKA-003 tiene como función almacenar el LNG importado para posterior revaporización, el cual es bombeado hacia el área de procesos mediante bombas de baja

presión que se encuentran sumergidas en el interior del tanque. Cada tanque cuenta con tres bombas sumergidas de las cuales dos trabajan en operación normal, teniendo una de reserva.

El tanque de almacenamiento cuenta con la siguiente instrumentación:

Tabla 7 - Instrumentación de TKA-003.

TAG	Descripción	Alarmas Asociadas	Valores
LIT-0302	Transmisor e indicador de nivel	LAL-0302: Bajo nivel	1042 mm
		LAH-0302: Alto nivel	37633 mm
LIT-0303	Transmisor e indicador de nivel	LALL-0303: Muy bajo nivel	920 mm
		LAHH-0303: Muy alto nivel	37774 mm
PIT-0304	Transmisor e indicador de presión	-	-
LTD-0365	Transmisor de nivel, temperatura y densidad	-	-
PIT-0362	Transmisor e indicador de presión	PAHHH-0362: Muy muy alta presión	310 mbarg
PIT-0360	Transmisor e indicador de presión	PALL-0360: Muy baja presión	5 mbarg
		PAHH-0360: Muy alta presión	220 mbarg

Este equipo se encuentra protegido por alta presión mediante las válvulas de seguridad PSV-0604A/B, cuyo set point es 290 mbarg. Ambos dispositivos se encuentran en paralelo estando una operativa y otra de reserva y/o mantenimiento.

Además, otro fenómeno a tener en cuenta que causa muy alta presión, es el de “rollover”, cuya explicación se realizó anteriormente.

Ante la posible existencia del mismo, se coloca una XV-0364 con enclavamiento de muy muy alta presión (310 mbarg) para aliviar la presión a zona segura.

Al trabajar a presiones cercanas a la atmosférica, la última barrera de seguridad para evitar contingencias debidas a la generación de vacío en el tanque, se instalan válvulas de seguridad por vacío, VSV-0363, que se activa cuando alcance la presión de -2,2 mbarg.

En caso de estar fuera de operación, es decir que se encuentra en reserva, se debe verificar que las siguientes válvulas estén en posición cerrada:

- válvulas XV-0603A/B/C,
- válvula XV-0302,
- válvula XV-0307,
- válvula VF-0320

Adicionalmente, se debe comprobar que las bombas LP P-006A/B/C se encuentren apagadas.

Las bombas de baja presión asociadas cuentan con la siguiente instrumentación:

Tabla 8 - Instrumentación de LP P-006A/B/C.

TAG	Descripción	Alarmas Asociadas	Valores
FE/FIT-0601A/B/C	Caudalímetro. Indicador y transmisor de caudal de LP P-0065A/B/C.	FAL-0601: Bajo nivel de caudal	105 m3/h
PIT-0605A/B/C	Transmisor e indicador de presión a la descarga de LP P-006A/B/C	-	-

El sistema posee una operatoria de control para regular y controlar de forma tal de asegurar el correcto funcionamiento de las bombas de baja presión el cual consta de la siguiente instrumentación y lógica:

Tabla 9 - Sistema y lógica de control de zona de almacenamiento de TKA-003.

TAG	Variable Medida	Variable controlada	Variable Manipulada	Acción	Descripción
PIT-0304	Presión	Presión Set Point: 150 mbarg	rpm del motor de compresión de K-016A/B	Directa P↑⟶ rpm↑ P↓⟶ rpm↓	Regula la presión de la fase vapor en el tanque de almacenamiento mediante la manipulación de la velocidad del compresor. Si el valor de la presión sube por encima del valor de set point, las rpm del compresor deben aumentar de forma tal de aumentar el caudal del compresor y remover vapores del tanque. Como consecuencia, baja la presión del tanque.
FIT-0601A/B/C	Caudal	Caudal Set Point: 160 m3\h	% de Apertura de Válvula FV-0601A/B/C	Inversa Q↑⟶Ap↓ Q↓⟶Ap↑	Control de caudal mínimo de las bombas LP P-006A/B/C. Controla el caudal de descarga de la bomba de baja presión regulando el caudal de recirculación al tanque TKA-003. Si el caudal disminuye por debajo del set point, el controlador ordena abrir la válvula de reciclo para proteger el equipo del caudal mínimo.

3.4. SISTEMA DE COMPRESIÓN: SCRUBBER SSC-015 Y COMPRESORES KG-016A/B.

El desobrecalentador tiene como objetivo enfriar el BOG que es generado en la planta con una corriente de LNG derivada de la colectora de los tanques. El propósito del mismo es asegurar que el fluido no se sobrecaliente en el sistema de compresión.

El scrubber, SSC-015, separa las gotas de líquido que puede traer el BOG antes de ingresar al sistema de compresión.

El separador scrubber cuenta con la siguiente instrumentación:

Tabla 10 - Instrumentación de SSC-015.

TAG	Descripción	Alarmas Asociadas	Valores
LIT-1502	Indicador y transmisor de nivel	LAHH-1502: Muy alto nivel	904,5 mm
		LALL-1502: Muy bajo nivel	304,8 mm
LIT-1503	Indicador y transmisor de nivel	LAH-1503: Alto nivel	390,5 mm
		LAL-1503: Bajo nivel	818,8 mm
PIT-1504	Indicador y transmisor de presión	PAHH-1503: Muy alta presión	-

Se cuenta con dos sistemas de compresión en paralelo con el fin de contar con una de reserva.

Los compresores cuentan con la siguiente instrumentación:

Tabla 11 - Instrumentación de KG-016A/B.

TAG	Descripción	Alarmas Asociadas	Valores
PIT-1604A/B	Indicador y transmisor de presión de succión de KG-016A/B	PAHH-1604A/B: Muy alta presión	-
		PALL-1604A/B: Muy baja presión	-
TIT-1605A/B	Indicador y transmisor de temperatura de succión de KG-16A/B	TAHH-1605A/B: Muy alta presión	-
PIT-1606A/B	Indicador y transmisor de presión de descarga de KG-016A/B	PAHH-1606A/B: Muy alta presión.	11 barg
TIT-1607A/B	Indicador y transmisor de temperatura de descarga de KG-016A/B	TAHH-1607A/B: Muy alta temperatura.	-
PIT-1603A/B	Indicador y transmisor de presión de succión de KG-016A/B	-	-
FE/FIT-1603A/B	Caudalímetro. Indicador y transmisor de caudal a la succión de KG-016A/B	-	-

Para proteger por alta presión al scrubber se proveen dos válvulas de seguridad PSV-1510A/B, una operativa y otra en reserva. Además, se disponen dos pares de válvulas de seguridad, PSV-1610A/B y PSV-1611A/B a la succión de cada sistema de compresión.

Por otro lado, a la descarga de las mismas, otros dos pares de válvulas de seguridad con un valor de set de 14 barg, PSV-1612A/B y PSV-1613A/B, para evitar una muy alta presión en la línea.

El sistema cuenta con una operatoria de control para regular y controlar de forma tal de asegurar el correcto funcionamiento del sistema de compresión el cual consta de la siguiente instrumentación y lógica:

Tabla 12 – Sistema y lógica de control de sistema de compresión.

TAG	Variable Medida	Variable controlada	Variable Manipulada	Acción	Descripción
TIT-1506	Temperatura	Temperatura Set Point: -145°C	% de Apertura de Válvula TV-1506	Directa T↑⟶ %Ap↑ T↓⟶ %Ap↓	Se regula el porcentaje de apertura de la válvula TV-1506 según la temperatura de la línea de BOG aguas arriba del compresor. Cuando la temperatura supera el valor del set point, -145°C, la válvula se abre al requerir mayor caudal de LNG para enfriar y cuando la temperatura se encuentra por debajo, se cierra.
LIT-1503	Nivel	Nivel LAH-1503 LAL-1503	Posición de Válvula LV-0153	LAH⟶ Abrir LAL⟶ Cerrar	Mediante un lazo de control ON-OFF se regula la apertura de la válvula LV-1503 según el nivel en el SSC-015. Cuando el líquido alcanza la altura correspondiente a LAH-1503 se abre la válvula, caso contrario, cuando alcanza el valor de LAL-1503 se cierra.
FIT-1603A/B	Caudal	Caudal Set Point	% de Apertura de Válvula FV-1603A/B	Inversa Q↑⟶Ap↓ Q↓⟶Ap↑	Se controla el caudal a la succión del compresor como así también la presión en dicha línea para evitar operar el equipo de forma inestable, encontrándose a las cercanías del límite de surge. Ante una disminución del caudal, se aumenta la apertura de la válvula FV-1603A/B y frente a una disminución la válvula se cierra. Por otro lado, ante una disminución de la presión, se debe aumentar el porcentaje de apertura de la válvula FV-1603A/B y frente a un aumento de dicha variable la válvula debe ser cerrada. Cabe destacar que para un mejor control y precisión se evalúan ambas variables mediante el PLC Anti-Surge.
PIT-1603A/B	Presión	Presión Set Point		Directa P↑⟶Ap↑ P↓⟶Ap ↓	

3.5. RECONDENSADOR RC-017

El equipo de recondensación RC-017 recibe el BOG que es comprimido por los compresores KG-016A/B y es recondensado por la corriente de proceso LNG.

El recondensador cuenta con la siguiente instrumentación:

Tabla 13 - Instrumentación de RC-017.

TAG	Descripción	Alarmas Asociadas	Valores
LIT-1715	Transmisor e indicador de nivel	LAL-1715: Bajo nivel	1610 mm
		LAH-1715: Alto nivel	4440 mm
LIT-1716	Transmisor e indicador de nivel	LALL-1716: Muy bajo nivel	900 mm
		LAHH-1716: Muy alto nivel	4800 mm
PIT-1708	Transmisor e indicador de presión de entrada de gas	PAHH-1708: Muy alta presión	11 barg
PIT-1704	Transmisor e indicador de presión de entrada de gas	-	-
FE/FIT-1703	Caudalimetro. Indicador y transmisor de caudal entrada de gas	-	-
FE/FIT-1706	Caudalimetro. Indicador y transmisor de caudal entrada superior de líquido	-	-
PIT-1709	Transmisor e indicador de presión	-	-
PIT-1712	Transmisor e indicador de presión	-	-

Este equipo se encuentra protegido por alta presión mediante las válvulas de seguridad PSV-1750A/B ante un valor de presión de 13,9 barg para el caso de incendio.

Por otro lado, para el caso de bloqueo de LNG cuenta con las válvulas de seguridad PSV-1751A/B con un valor de set de 14 barg. Cada par de válvulas de alivio se encuentra en paralelo estando una operativa y otra en stand-by y/o mantenimiento.

En caso de estar fuera de operación el recondensador se debe verificar que las siguientes válvulas estén en posición cerrada:

- válvula XV-1714
- válvula XV-1730
- válvula XV-0108/0208/0308
- válvula esférica VF-1725
- válvula esférica VF-1731.

A su vez, ante el caso que no se pueda operar el recondensador, se cuenta con una línea de bypass del LNG para que la planta pueda seguir inyectado gas al gasoducto. En este caso, el sistema de compresión también queda aislado, derivando la totalidad del BOG producido hacia el sistema de venteo.

Para proteger por alta presión al recondensador se proveen dos válvulas de seguridad PSV-1720A/B, una operativa y otra en reserva.

El sistema posee una operatoria de control para regular y controlar de forma tal de asegurar su correcto funcionamiento el cual consta de la siguiente instrumentación y lógica:

Tabla 14 - Sistema y lógica de control de RC-017.

TAG	Variable Medida	Variable controlada	Variable Manipulada	Acción	Descripción
LIT-1715	Nivel	Nivel Set Point: 3730 mm	% de Apertura de Válvula LV-1715	Inversa L↑⟶ %Ap↓ L↓⟶ %Ap↑	Regula el porcentaje de apertura de la válvula LV-1715 para asegurar el set point de nivel. Dicho nivel debe ser asegurado para que no ocurra GAS BLOW, es decir evitar que burbujas de LNG se dirijan hacia el sistema de bombeo de alta presión. Por otro lado, es necesario asegurar determinada altura de líquido para satisfacer adecuadamente el ANPA requerido de las bombas de alta presión.
FIT-1703	Caudal	Presión Set Point: 6 barg	% de Apertura de Válvula LV-1707	Directa Q↑⟶ %Ap↑ Q↓⟶ %Ap↓	Para asegurar la recondensación de todo el caudal de BOG que ingrese al recondensador es necesario que ingrese por la parte superior del equipo, un determinado caudal de LNG. Es por ello que se regula la apertura de la válvula FV-1707 para mantener el set point indicado por FIC-1707. Se mide la presión a la entrada de BOG con PIC-1704 y se mide el caudal de la línea de BOG con FIT-1703, donde mediante el FY-1705 es determinado el valor requerido de set point más crítico del FIC-1707.
PIT-1704	Presión			Directa P↑⟶ %Ap↑ P↓⟶ %Ap↓	
FIT-1706	Caudal			-	
PIT-1709	Presión	Presión Set Point 4 barg:	% de Apertura de Válvula PV-1710	Inversa P↑⟶ %Ap↓ P↓⟶ %Ap↑	Se regula el porcentaje de apertura de la válvula PV-1710 para mantener la presión operativa del equipo. Cuando la presión supera el valor del set point la válvula se cierra y cuando la presión es menor que dicho valor, la válvula se abre.
PIT-1712	Presión	Presión Set Point: 7 barg	% de Apertura de Válvula PV-1711	Directa P↑⟶ %Ap↑ P↓⟶ %Ap↓	Se regula el porcentaje de apertura de la válvula PV-1711 para mantener la presión operativa del equipo. Cuando la presión supera el valor del set point la válvula se abre y cuando la presión es menor que dicho valor, la válvula se cierra.

3.6. SISTEMA DE BOMBEO DE ALTA PRESIÓN, HP P-007/008/009/010

El sistema de bombeo consta de cuatro bombas verticales sumergidas centrífugas de alta presión, operando con tres equipos con una unidad de reserva, con el fin de alcanzar la presión necesaria en el sistema de evaporación.

Las bombas de alta presión cuentan con la siguiente instrumentación:

Tabla 15 - Instrumentación de HP P-007/008/009/010.

TAG	Descripción	Alarmas Asociadas	Valores
FE/FIT-0704	Caudalímetro. Indicador y transmisor de caudal de HP P-007.	FAL-0704: Muy bajo nivel	73 m3/h
PIT-0705	Transmisor e indicador de presión a la succión de HP P-007.	-	-
PIT-0706	Transmisor e indicador de presión a la descarga de HP P-007.	-	-
FE/FIT-0804	Caudalimetro. Indicador y transmisor de caudal de HP P-008.	FAL-0804: Muy bajo nivel	73 m3/h
PIT-0805	Transmisor e indicador de presión a la succión de HP P-008.	-	-
PIT-0806	Transmisor e indicador de presión a la descarga de HP P-008.	-	-
FE/FIT-0904	Caudalimetro. Indicador y transmisor de caudal de HP P-009.	FAL-0904: Muy bajo nivel	73 m3/h
PIT-0905	Transmisor e indicador de presión a la succión de HP P-009.	-	-
PIT-0906	Transmisor e indicador de presión a la descarga de HP P-009.	-	-
FE/FIT-1004	Caudalimetro. Indicador y transmisor de caudal de HP P-010.	FAL-1004: Muy bajo nivel	73 m3/h
PIT-1005	Transmisor e indicador de presión a la succión de HP P-010.	-	-
PIT-1006	Transmisor e indicador de presión a la descarga de HP P-010.	-	-

En caso de estar fuera de operación una de las bombas de alta presión, es decir que se encuentra en reserva, se debe verificar que las siguientes válvulas estén en posición cerrada:

- para HP P-007: XV 0702, XV-0710 y VF-0705
- para HP P-008: XV 0802, XV-0810 y VF-0805
- para HP P-009: XV 0902, XV-0910 y VF-0905
- para HP P-010: XV 1002, XV-1010 y VF-1005

El sistema posee una operatoria de control para regular y controlar de forma tal de asegurar el correcto funcionamiento de las bombas de alta presión el cual consta de la siguiente instrumentación y lógica:

Tabla 16 – Sistema y lógica de control de sistema de bombeo de alta presión.

TAG	Variable Medida	Variable controlada	Variable Manipulada	Acción	Descripción
FIT-0704	Caudal	Caudal Set Point: 110 m3/h	% de Apertura de Válvula FV-0704	Inversa Q↑⟶Ap↓ Q↓⟶Ap↑	Control de caudal mínimo de la bomba HP P-007. Controla el caudal de descarga de la bomba de alta presión regulando el caudal de recirculación al sistema de almacenamiento. Si el caudal disminuye por debajo del set point, el controlador ordena abrir la válvula de reciclo para hacer aumentar el caudal de la bomba y así proteger el equipo del caudal mínimo.
FIT-0804	Caudal	Caudal Set Point: 110 m3/h	% de Apertura de Válvula FV-0804	Inversa Q↑⟶Ap↓ Q↓⟶Ap↑	Control de caudal mínimo de la bomba HP P-008. Controla el caudal de descarga de la bomba de alta presión regulando el caudal de recirculación al sistema de almacenamiento. Si el caudal disminuye por debajo del set point, el controlador ordena abrir la válvula de reciclo para hacer aumentar el caudal de la bomba y así proteger el equipo del caudal mínimo.
FIT-0904	Caudal	Caudal Set Point: 110 m3/h	% de Apertura de Válvula FV-0904	Inversa Q↑⟶Ap↓ Q↓⟶Ap↑	Control de caudal mínimo de la bomba HP P-009. Controla el caudal de descarga de la bomba de alta presión regulando el caudal de recirculación al sistema de almacenamiento. Si el caudal disminuye por debajo del set point, el controlador ordena abrir la válvula de reciclo para hacer aumentar el caudal de la bomba y así proteger el equipo del caudal mínimo.
FIT-1004	Caudal	Caudal Set Point: 110 m3/h	% de Apertura de Válvula FV-1004	Inversa Q↑⟶Ap↓ Q↓⟶Ap↑	Control de caudal mínimo de la bomba HP P-010. Controla el caudal de descarga de la bomba de alta presión regulando el caudal de recirculación al sistema de almacenamiento. Si el caudal disminuye por debajo del set point, el controlador ordena abrir la válvula de reciclo para hacer aumentar el caudal de la bomba y así proteger el equipo del caudal mínimo.

3.7. SISTEMA DE EVAPORACIÓN, ORV-011/012/013/014, PUENTE DE MEDICIÓN.

Se utilizan Open Rack Vaporizer (ORV) para evaporar el LNG y, de esta forma, acondicionarlo para inyección a gasoducto. Para controlar la especificación del gas se instala un puente de medición fiscal.

Los ORV cuentan con la siguiente instrumentación:

Tabla 17 – Instrumentación de ORV-011/012/013/014.

TAG	Descripción
FE/FIT-1122	Caudalímetro. Indicador y transmisor de caudal de ORV-011
TIT-1104	Transmisor e indicador de temperatura de salida NG de ORV-011
PIT-1125	Transmisor e indicador de presión a la salida de NG de ORV-011
FIT-1103	Transmisor e indicador de caudal de entrada de agua de ORV-011
FE/FIT-1222	Caudalímetro. Indicador y transmisor de caudal de ORV-012
TIT-1204	Transmisor e indicador de temperatura de salida NG de ORV-012
PIT-1225	Transmisor e indicador de presión a la salida de NG de ORV-012
FIT-1203	Transmisor e indicador de caudal de entrada de agua de ORV-012
FE/FIT-1322	Caudalímetro. Indicador y transmisor de caudal de ORV-013
TIT-1304	Transmisor e indicador de temperatura de salida NG de ORV-013
PIT-1325	Transmisor e indicador de presión a la salida de NG de ORV-013
FIT-1303	Transmisor e indicador de caudal de entrada de agua de ORV-013
FE/FIT-1422	Caudalímetro. Indicador y transmisor de caudal de ORV-014
TIT-1404	Transmisor e indicador de temperatura de salida NG de ORV-014
PIT-1425	Transmisor e indicador de presión a la salida de NG de ORV-014
FIT-1403	Transmisor e indicador de caudal de entrada de agua de ORV-014

Cada equipo se encuentra protegido por alta presión (110 barg) mediante las válvulas de seguridad PSV-1126A/B para el ORV-011, las válvulas de seguridad PSV-1226A/B para el ORV-012, las válvulas de seguridad PSV-1326A/B para el ORV-013 y las válvulas de seguridad PSV-1426A/B para el ORV-014. Cada sistema de alivio cuenta con una operativa y con una válvula de reserva.

En caso de estar fuera de operación uno de los evaporadores, es decir que se encuentra en reserva, se debe verificar que las siguientes válvulas estén en posición cerrada:

- para ORV-011: XV 1121, XV-1102, VF-1107 y VF-1130
- para ORV-012: XV 1221, XV-1202, VF-1207 y VF-1230
- para ORV-013: XV 1321, XV-1302, VF-1307 y VF-1330
- para ORV-014: XV 1421, XV-1402, VF-1407 y VF-1430

El puente de medición fiscal cuenta con la siguiente instrumentación:

Tabla 18 – Instrumentación de puente de medición fiscal.

TAG	Descripción	Alarmas Asociadas	Valores
LIT-2340	Transmisor e indicador de nivel en FMF-023	LALL-2340: Muy alto nivel LAHH-2340: Muy bajo nivel	(4)
PI-2341	Transmisor e indicador de presión FMF-023	-	-
PDIT-2342	Transmisor e indicador de presión diferencial en FMF-023	PDAHH: Muy alta presión diferencial	(4)
TI-2343	Indicador de Temperatura en FMF-023	-	-

PIT-2301	Transmisor e indicador de nivel en gasoducto	-	-
FIC-2302	Transmisor e indicador de caudal en gasoducto	-	-
TIC-2303	Transmisor e indicador de temperatura en gasoducto	-	-

Nota (4): Los valores de las alarmas no están definidas dado que no están dentro del alcance del proyecto el diseño del filtro FMF-023.

EL filtro FMF-023 cuenta con un sistema de protección por alta presión mediante las válvulas de seguridad PSV-2310A/B, una operativa y con una válvula de reserva.

El sistema posee una operatoria de control para regular y controlar de forma tal de asegurar el correcto funcionamiento del sistema de evaporación el cual consta de la siguiente instrumentación y lógica:

Tabla 18 – Sistema y lógica de control de ORV-011/012/013/014.

TAG	Variable Medida	Variable controlada	Variable Manipulada	Acción	Descripción
TIC-1104	Temperatura	Temperatura Set Point: 10ºC	% de Apertura de Válvula FV-1105	Inversa T↑⟶Ap↓ T↓⟶Ap↑	Se regula el caudal de agua que ingresa al ORV-011 según la temperatura de salida del gas evaporado. Cuando la temperatura de este aumenta, el porcentaje de apertura de la válvula disminuye y en caso contrario, cuando la temperatura baja el porcentaje de apertura aumenta.
FIT-1103	Caudal				
TIC-1204	Temperatura	Temperatura Set Point: 10ºC	% de Apertura de Válvula FV-1205	Inversa T↑⟶Ap↓ T↓⟶Ap↑	Se regula el caudal de agua que ingresa al ORV-012 según la temperatura de salida del gas evaporado. Cuando la temperatura de este aumenta, el porcentaje de apertura de la válvula disminuye y en caso contrario, cuando la temperatura baja el porcentaje de apertura aumenta.
FIT-1203	Caudal				
TIC-1304	Temperatura	Temperatura Set Point: 10ºC	% de Apertura de Válvula FV-1305	Inversa T↑⟶Ap↓ T↓⟶Ap↑	Se regula el caudal de agua que ingresa al ORV-013 según la temperatura de salida del gas evaporado. Cuando la temperatura de este aumenta, el porcentaje de apertura de la válvula disminuye y en caso contrario, cuando la temperatura baja el porcentaje de apertura aumenta.
FIT-1303	Caudal				
TIC-1404	Temperatura	Temperatura Set Point: 10ºC	% de Apertura de Válvula FV-1405	Inversa T↑⟶Ap↓ T↓⟶Ap↑	Se regula el caudal de agua que ingresa al ORV-014 según la temperatura de salida del gas evaporado. Cuando la temperatura de este aumenta, el porcentaje de apertura de la válvula disminuye y en caso contrario, cuando la
FIT-1403	Caudal				

					temperatura baja el porcentaje de apertura aumenta.
PIT-2301 FIT-2302 TIT-2303	Presión Caudal Temperatura	Temperatura Set Point: 10ºC	% de Apertura de Válvula FV-1123	Inversa T↑⟶Ap↓ T↓⟶Ap↑	El FY-1124 compara dos señales para otorgar el porcentaje de apertura necesario para el control de la temperatura a la salida de NG del ORV-011. La primera de ellas, proviene del PLC de puente de medición que manda una señal, correspondiente al caudal a ingresar al evaporador, que es comparada con la segunda señal proveniente del lazo de temperatura de la salida de gas del ORV. Esta última señal es enviada por TIC-1104 cuando la temperatura de NG no se puede controlar con el lazo del agua al encontrarse la válvula FV-1105 totalmente abierta.
FIT-1122	Caudal				
TIT-1104	Temperatura				
PIT-2301 FIT-2302 TIT-2303	Presión Caudal Temperatura	Temperatura Set Point: 10ºC	% de Apertura de Válvula FV-1223	Inversa T↑⟶Ap↓ T↓⟶Ap↑	El FY-1124 compara dos señales para otorgar el porcentaje de apertura necesario para el control de la temperatura a la salida de NG del ORV-012. La primera de ellas, proviene del PLC de puente de medición que manda una señal, correspondiente al caudal a ingresar al evaporador, que es comparada con la segunda señal proveniente del lazo de temperatura de la salida de gas del ORV. Esta última señal es enviada por TIC-1204 cuando la temperatura de NG no se puede controlar con el lazo del agua al encontrarse la válvula FV-1205 totalmente abierta.
FIT-1222	Caudal				
TIT-1204	Temperatura				
PIT-2301 FIT-2302 TIT-2303	Presión Caudal Temperatura	Temperatura Set Point: 10ºC	% de Apertura de Válvula FV-1323	Inversa T↑⟶Ap↓ T↓⟶Ap↑	El FY-1324 compara dos señales para otorgar el porcentaje de apertura necesario para el control de la temperatura a la salida de NG del ORV-013. La primera de ellas, proviene del PLC de puente de medición que manda una señal, correspondiente al caudal a ingresar al evaporador, que es comparada con la segunda señal proveniente del lazo de temperatura de la salida de gas del ORV. Esta última señal es enviada por TIC-1304 cuando la temperatura de NG no se puede controlar con el lazo del agua al encontrarse la válvula FV-1305 totalmente abierta.
FIT-1322	Caudal				
TIT-1304	Temperatura				
PIT-2301 FIT-2302 TIT-2303	Presión Caudal Temperatura	Temperatura Set Point: 10ºC	% de Apertura de Válvula FV-1423	Inversa T↑⟶Ap↓ T↓⟶Ap↑	El FY-1424 compara dos señales para otorgar el porcentaje de apertura necesario para el control de la temperatura a la salida de NG del ORV-

FIT-1422	Caudal				014. La primera de ellas, proviene del PLC de puente de medición que manda una señal, correspondiente al caudal a ingresar al evaporador, que es comparada con la segunda señal proveniente del lazo de temperatura de la salida de gas del ORV. Esta última señal es enviada por TIC-1404 cuando la temperatura de NG no se puede controlar con el lazo del agua al encontrarse la válvula FV-1405 totalmente abierta.
TIT-1404	Temperatura				
LIT-2340	Nivel	Nivel LAH-2340 LAL-2340	Posición de Válvula LV-2340	LAH⟶ Abrir LAL⟶ Cerrar	Mediante un lazo de control ON-OFF se regula la apertura de la válvula LV-2340 según el nivel en el FMF-023. Cuando el líquido alcanza la altura correspondiente a LAH-2340 se abre la válvula. Caso contrario, cuando alcanza el valor de LAL-2340, se cierra.

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LGR	ARC	MAC
C	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	15/07/2020	LGR	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	23/04/2020	LGR	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	25/10/2019	LGR	ARC	MAC

ITBA

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

DIAGRAMA DE FLUJO

PROCESOS

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-DF-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 2

LP P-004A/B/C;005A/B/C;006A/B/C Bombas de Baja Presión | HP P-007/008/009/010 Bombas de Alta Presión | TKA-001/002/003 Tanques de almacenamiento de LNG | RC-017 Recondensador | SSC-015 Separador Scrubber | KG-016A/B Compresor Centrífugo | ORV-011/012/013/014 Evaporador Open Rack

KOD-018 Knock Out Drum | FL-019 Antorcha | FMF-023 Filtro de Puente de Medición

SDV 001

SDV 002

PIT 0050

PV 0050

Set Point: 250 mbarg

FL-019

KOD-018

TIC 1506

Set Point: -145 °C

TV 1506

Desobrecalentador

LNG LÍQUIDO

SSC-015

LIC 1503

LV 1503

DC

ANTI-SURGE

FIC

PIC

SKID DE COMPRESIÓN

KG-016A/B

NOTA 1

SC

FV

PIT 0104

FV

FC

TKA-001

LP P-004A/B/C

NOTA 1

Lazo Maestro o Primario

FY 1705

PIC 1704

FIT 1703

Set Point

FIC 1707

FIT 1706

FV 1707

Lazo Esclavo o Secundario

PIT 0204

TKA-002

LP P-005A/B/C

NOTA 1

RC-017

LV 1715

LIT 1715

PIT 0304

TKA-003

LP P-006A/B/C

NOTA 1

HP P-007
008/009/010
NOTA 1

SERVICIO

Lazo Esclavo o Secundario

Set Point 10°C

TIC

Lazo Maestro o Primario

ORV-011/012/013/014
NOTA 1

FMF-023

DC

SERVICIO

FIC 2302

MEDIDOR FISCAL

A GASODUCTO

Temp. 10°C
Presión 80 barg

NOTAS:

1. SÓLO UNO DE LOS EQUIPOS PRESENTES SE REPRESENTA CON EL FIN DE SIMPLIFICAR EL DIAGRAMA. LA INSTRUMENTACIÓN NO TIENE NÚMERO ESPECIFICADO YA QUE PARA CADA UNO DE ESTOS EQUIPOS LA NUMERACIÓN VARIA. LA MISMA SE DETALLA EN LOS DIAGRAMAS DE CAÑERIAS E INSTRUMENTOS.

REFERENCIA:

- PROCESO
- SEÑAL NEUMÁTICA
- SKID

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	VAM	ARC	MAC
C	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	15/07/2020	VAM	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	23/04/2020	VAM	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	21/10/2019	VAM	ARC	MAC

ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-DF-001
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	DIAGRAMA DE PROCESOS

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	2	DE 2	0

IRAM 4508

TAMAÑO A3

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.
0	EMISIÓN FINAL	31/7/2020	HJL	ARC	MAC
C	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	15/7/2020	HJL	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	23/4/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	25/10/2019	HJL	ARC	MAC

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

BALANCE DE MASA Y ENERGÍA

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-BME-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 6

OBJETIVO

En este documento se presentan los balances de masa y energía, simulados en el programa de UniSim, de la planta de revaporizacion de LNG ubicada en la ciudad de Bahia Blanca, pronvincia de Buenos Aires, Argentina.

ALCANCE

El alcance comprende el desarrollo de los balances de los siguientes modos operativos:

- Modo Inyección a Gasoducto
- Modo Descarga de Barco e Inyección a Gasoducto

REFERENCIA

(1) G1-PR-DF-001: Diagrama de Flujo

(2) G1-GE-DP-001: Descripción de Proceso

MODO DE INYECCIÓN A GASODUCTO

Número de línea	1	50/51/52	53/57/63	24	15	17	18	19
Fracción de vapor	0	0	0	1	0	1	1	0
Temperatura (°C)	-160	-159.8	-159.3	-140	-159.1	-145	-145	-145
Presion (barg)	5.51	0.16	7.73	0.16	5.51	0.16	0.16	0.16
Caudal másico (kg/h)	6174603	6174603	486253.1	4380	84.9	4464.9	4463	1.9
Cuadal Volulumétrico (1)	14000	14023.5	1104.7	2471	0.2	2416.4	2416.4	0
Peso molecular	17	17	17	16.47	17	16.48	16.48	38.64
Densidad másica (kg/m3)	441	440.3	440.2	1.8	439.7	1.8	1.8	659.3
Viscosidad (cP)	0.125	0.125	0.123	0.005	0.123	<empty>	0.005	0.828
Heat Flow	-3.30E+10	-3.30E+10	-2.59E+09	-2.07E+07	-4.53E+05	-2.12E+07	-2.12E+07	-6.29E+03
Composición Molar (%)								
Metano	9.44E-01	9.44E-01	9.44E-01	9.64E-01	9.44E-01	9.64E-01	9.64E-01	2.63E-01
Etano	4.46E-02	4.46E-02	4.46E-02	9.69E-05	4.46E-02	9.18E-04	9.02E-04	8.57E-02
Propano	7.99E-03	7.99E-03	7.99E-03	1.87E-07	7.99E-03	1.48E-04	6.88E-05	4.36E-01
n-Butano	1.20E-03	1.20E-03	1.20E-03	3.38E-10	1.20E-03	2.21E-05	3.12E-07	1.21E-01
i-Butano	8.87E-04	8.87E-04	8.87E-04	8.88E-10	8.87E-04	1.63E-05	7.97E-07	8.61E-02
n-Pentano	3.50E-05	3.50E-05	3.50E-05	1.33E-13	3.50E-05	6.45E-07	1.74E-10	3.57E-03
i-Pentano	4.60E-05	4.60E-05	4.60E-05	6.34E-13	4.60E-05	8.48E-07	8.26E-10	4.69E-03
Nitrógeno	1.40E-03	1.40E-03	1.40E-03	3.55E-02	1.39E-03	3.49E-02	3.49E-02	2.89E-04

Número de línea	20	21	9	10	11	12	12.bis	13
Fracción de vapor	1	0	0	0	0	0	0	1
Temperatura (°C)	-46.7	-159.1	-159.1	-157.1	-157.1	-152.3	-151.9	10
Presion (barg)	6.01	6.01	6.01	6.01	6.63	91.97	80.50	80.00
Caudal másico (kg/h)	4463	28737.6	457430.6	490631.2	490631.2	490631.2	490631.2	490631.2
Cuadal Volulumétrico (1)	701.7	65.4	1040.2	1123.2	1123.2	1120.6	1124.8	689627
Peso molecular	16.48	17	17	17	17	17	17	17
Densidad másica (kg/m3)	6.4	439.7	439.7	436.8	436.8	437.8	436.2	73.6
Viscosidad (cP)	0.009	0.123	0.123	0.118	0.118	0.109	0.108	0.013
Heat Flow	-2.03E+07	-1.53E+08	-2.44E+09	-2.61E+09	-2.61E+09	-2.60E+09	-2.60E+09	-2.25E+09
Composición Molar (%)								
Metano	9.64E-01	9.44E-01	9.44E-01	9.44E-01	9.44E-01	9.44E-01	9.44E-01	9.44E-01
Etano	9.02E-04	4.46E-02	4.46E-02	4.42E-02	4.42E-02	4.42E-02	4.42E-02	4.42E-02
Propano	6.88E-05	7.99E-03	7.99E-03	7.92E-03	7.92E-03	7.92E-03	7.92E-03	7.92E-03
n-Butano	3.12E-07	1.20E-03	1.20E-03	1.19E-03	1.19E-03	1.19E-03	1.19E-03	1.19E-03
i-Butano	7.97E-07	8.87E-04	8.87E-04	8.79E-04	8.79E-04	8.79E-04	8.79E-04	8.79E-04
n-Pentano	1.74E-10	3.50E-05	3.50E-05	3.47E-05	3.47E-05	3.47E-05	3.47E-05	3.47E-05
i-Pentano	8.26E-10	4.60E-05	4.60E-05	4.56E-05	4.56E-05	4.56E-05	4.56E-05	4.56E-05
Nitrógeno	3.49E-02	1.39E-03	1.39E-03	1.70E-03	1.70E-03	1.70E-03	1.70E-03	1.70E-03

Nota 1: Todos los caudales volumétricos están expresados en condiciones actuales, Act. m3/h, excepto la corriente 13 la cual está expresado en condiciones estándares, Std. m3/h.

MODO DE DESCARGA DE BARCO E INYECCIÓN A GASODUCTO

Número de línea	1	50/51/52	53/57/63	24	15	17	18	19
Fracción de vapor	0	0	0	1	0	1	1	0
Temperatura (°C)	-160	-159.8	-159.3	-140	-159.1	-145	-145	-145
Presion (barg)	5.51	0.16	7.73	0.16	5.51	0.16	0.16	0.16
Caudal másico (kg/h)	6174603	6174603	477546.6	12812	248.5	13060.5	13055	5.5
Cuadal Volulumétrico (1)	14000	14023.5	1085	7228.1	0.6	7068.1	7068.1	0
Peso molecular	17	17	17	16.47	17	16.48	16.48	38.63
Densidad másica (kg/m3)	441	440.3	440.2	1.8	439.7	1.8	1.8	659.2
Viscosidad (cP)	0.125	0.125	0.123	0.005	0.123	-	0.005	0.828
Heat Flow	-3.30E+10	-3.30E+10	-2.55E+09	-6.06E+07	-1.33E+06	-6.19E+07	-6E+07	-2E+04
Composición Molar (%)								
Metano	9.44E-01	9.44E-01	9.44E-01	9.64E-01	9.44E-01	9.64E-01	1E+00	3E-01
Etano	4.46E-02	4.46E-02	4.46E-02	9.69E-05	4.46E-02	9.18E-04	9E-04	9E-02
Propano	7.99E-03	7.99E-03	7.99E-03	1.87E-07	7.99E-03	1.48E-04	7E-05	4E-01
n-Butano	1.20E-03	1.20E-03	1.20E-03	3.38E-10	1.20E-03	2.22E-05	3E-07	1E-01
i-Butano	8.87E-04	8.87E-04	8.87E-04	8.88E-10	8.87E-04	1.64E-05	8E-07	9E-02
n-Pentano	3.50E-05	3.50E-05	3.50E-05	1.33E-13	3.50E-05	6.46E-07	2E-10	4E-03
i-Pentano	4.60E-05	4.60E-05	4.60E-05	6.34E-13	4.60E-05	8.49E-07	8E-10	5E-03
Nitrógeno	1.40E-03	1.40E-03	1.40E-03	3.55E-02	1.39E-03	3.49E-02	3E-02	3E-04

Número de línea	20	21	9	10	11	12	12.bis	13
Fracción de vapor	1	0	0	0	0	0	0	1
Temperatura (°C)	-46.7	-159.1	-159.1	-153.4	-153.4	-148.4	-148	10
Presion (barg)	6.01	6.01	6.01	6.01	6.62	91.97	81	80
Caudal másico (kg/h)	13055	84048.2	393249.9	490353.1	490353.1	490353.1	490353.1	490353.1
Cuadal Volulumétrico (1)	2052.4	191.1	894.3	1137.4	1137.3	1134.2	1138.4	689627
Peso molecular	16.48	17	17	16.99	16.99	16.99	16.99	16.99
Densidad másica (kg/m3)	6.4	439.7	439.7	431.1	431.1	432.3	430.7	73.5
Viscosidad (cP)	0.009	0.123	0.123	0.109	0.109	0.101	0.1	0.013
Heat Flow	-5.94E+07	-4.48E+08	-2.10E+09	-2.61E+09	-2.61E+09	-2.59E+09	-2.59E+09	-2.25E+09
Composición Molar (%)								
Metano	9.64E-01	9.44E-01	9.44E-01	9.44E-01	9.44E-01	9.44E-01	9.44E-01	9.44E-01
Etano	9.03E-04	4.46E-02	4.46E-02	4.34E-02	4.34E-02	4.34E-02	4.34E-02	4.34E-02
Propano	6.88E-05	7.99E-03	7.99E-03	7.78E-03	7.78E-03	7.78E-03	7.78E-03	7.78E-03
n-Butano	3.11E-07	1.20E-03	1.20E-03	1.17E-03	1.17E-03	1.17E-03	1.17E-03	1.17E-03
i-Butano	7.96E-07	8.87E-04	8.87E-04	8.63E-04	8.63E-04	8.63E-04	8.63E-04	8.63E-04
n-Pentano	1.74E-10	3.50E-05	3.50E-05	3.40E-05	3.40E-05	3.40E-05	3.40E-05	3.40E-05
i-Pentano	8.24E-10	4.60E-05	4.60E-05	4.47E-05	4.47E-05	4.47E-05	4.47E-05	4.47E-05
Nitrógeno	3.49E-02	1.39E-03	1.39E-03	2.31E-03	2.31E-03	2.31E-03	2.31E-03	2.31E-03

Nota 1: Todos los caudales volumétricos están expresados en condiciones actuales, Act. m3/h, excepto la corriente 13 la cual está expresado en condiciones estándares, Std. m3/h.

DESCRIPCIÓN GENERAL

A contunuación, se detalla la numeración de refencia de las líneas involucradas de los dos modos operativos explicados en la referencia 2.

NÚMERO DE LÍNEA	DESCRIPCIÓN
1	Descarga LNG Barco
50/51/52	Entrada individual de LNG de TKA-001/002/003
53/57/63	Salida individual de LNG de TKA-001/002/003
24	Colector de BOG de TKA-001/002/003
15	Entrada LNG a Desobrecalentor TV-1506
17	Entrada a SSC-015
18	Salida de BOG SSC-015
19	Salida de líquido de SSC-015
20	Entrada BOG a RC-017
21	Entrada LNG superior de RC-017
9	Entrada LNG inferir de RC-017
10	Salida de LNG de RC-017
11	Colector de succión de LNG de HP P-007/008/009/010
12	Colector de descarga de LNG de HP P-007/008/009/010
12.bis	Colector entrada de LNG de ORV-011/012/013/014
13	Colector salida de NG de ORV-011/012/013/014 a Gasoducto

NOTA

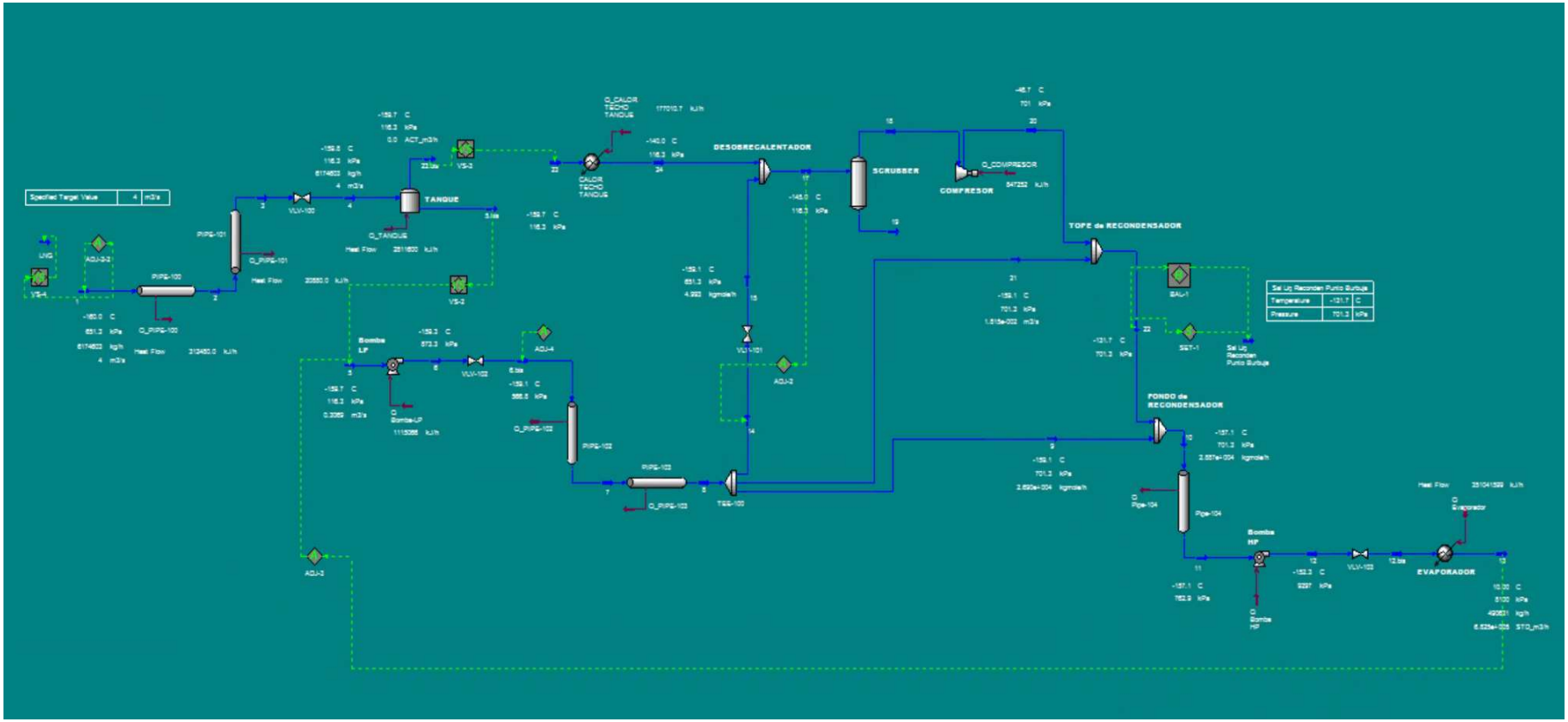
Tener en consideración que al momento de descargar el barco solo se habilita una de las tres entradas (51, 52 o 53) de tanques de almacenamiento.

Por otro lado, la inyección a gasoducto, se realiza descargando un equipo de almecenamiento, es decir se habilita la línea 53, 57 o 63 según corresponda.

Las operaciones nombradas anteriormente no suceden en simultáneo.

CLIENTE:				
PROYECTO: **PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**				
TÍTULO: **BALANCE DE MASA Y ENERGÍA**	DOCUMENTO N° **G1-PR-BME-001**			
	REVISIÓN A	B	C	0
	Página:	6	de	6

CAPTURA DE PANTALLA DE LA SIMULACIÓN REALIZADA EN UNISIM DESIGN R451



0'	EMISIÓN FINAL MODIFICADA	7/8/2020	VAM	ARC	MAC
0	EMISIÓN FINAL	31/7/2020	LUC	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/7/2020	LGR	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/4/2020	LGR	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.

ITBA

PROYECTO:

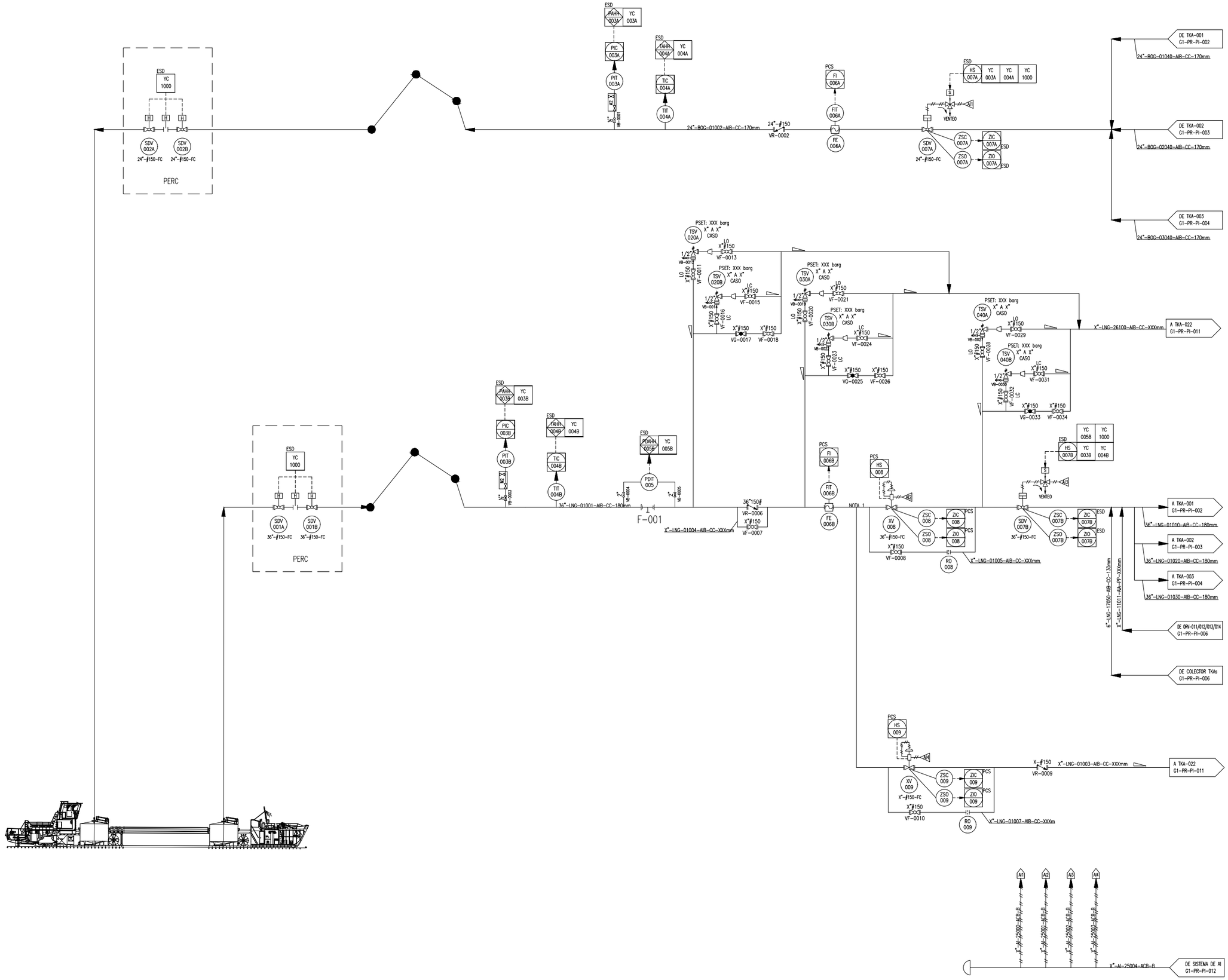
PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

DIAGRAMAS P&IDs

PROCESOS

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-PI-001/002/003/004/005/006/007/008/009/010/011/012**	**0'**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 13



NOTAS:

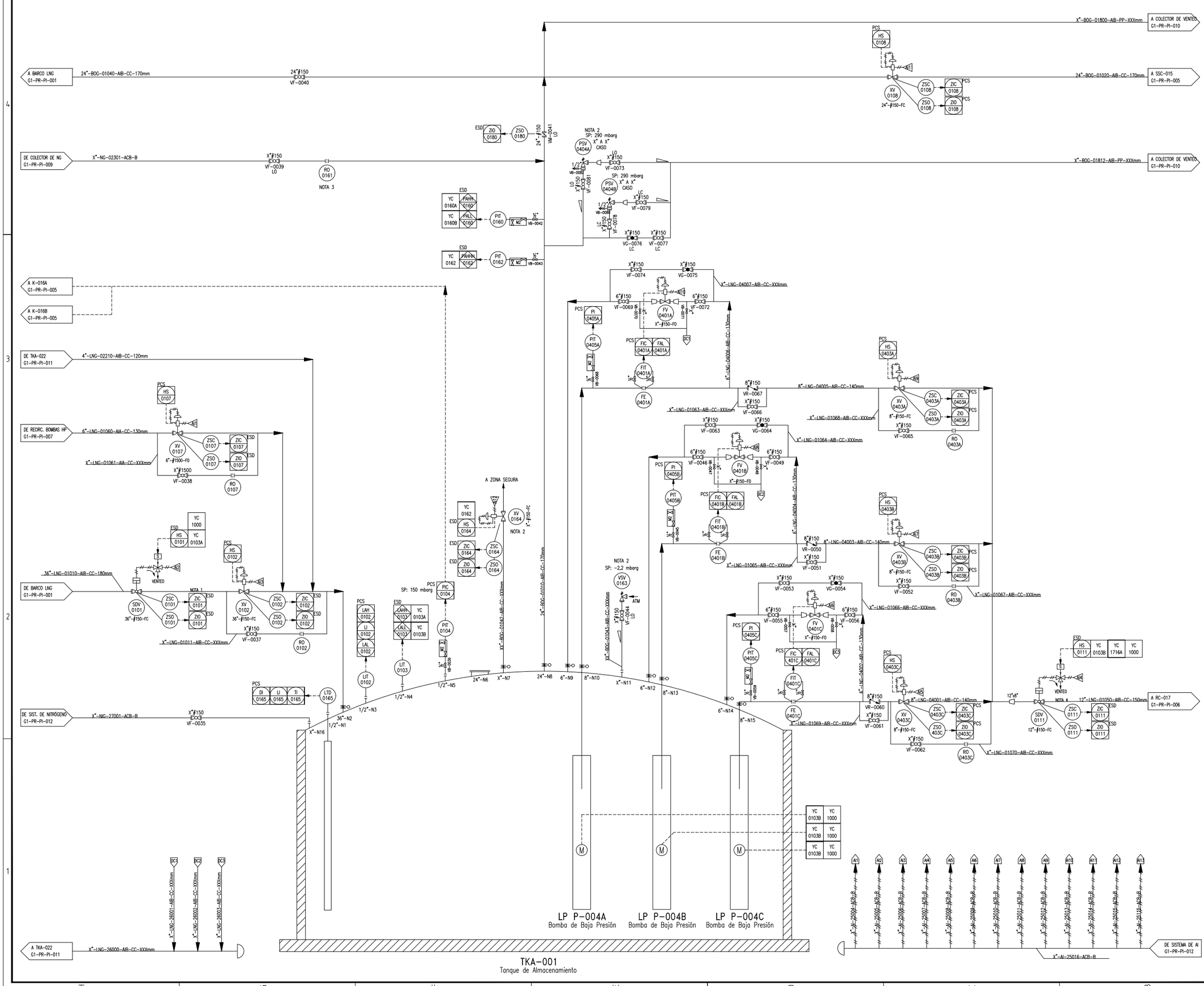
1. PUNTO BAJO

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	VAM	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	15/07/2020	VAM	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	VAM	ARC	MAC

ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-PI-001
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	BRAZOS DE CARGA Y DESCARGA

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	2	DE 13	0



EQUIPOS:

TKA-001
TANQUE DE ALMACENAMIENTO

VOLUMEN: 145384 m3
DIÁMETRO INTERNO: 72,57 m
ALTURA: 38,5 m
PRESIÓN OPERATIVA: 150 mbarg
PRESIÓN DE DISEÑO: 290 mbarg
TEMPERATURA OPERATIVA: -159,7 °C
TEMPERATURA DE DISEÑO MIN/MAX: -169,7°C/32°C

LP P-004A/B/C
BOMBAS DE BAJA PRESIÓN

TIPO: CENTRÍFUGA VERTICAL SUMERGIBLE
CAUDAL: 556,8 m3
POTENCIA: 203 kW
PRESIÓN DE DISEÑO: 11 barg
TEMPEARTURA OPERATIVA: -159,7 °C
TEMPERATURA DE DISEÑO MIN/MAX: -169,7°C/32°C
ALTURA DE SUMERGENCIA: 0,34m
ANPA REQUERIDO: 0,32m

NOTAS:

1. SE DEBE INSTALAR LA SDV AL PIE DEL TANQUE.
2. CANTIDAD DE VÁLVULAS A DEFINIR EN LA PRÓXIMA ETAPA DE INGENIERÍA. SET POINT DE REFERENCIA.
3. LA FINALIDAD DEL ORIFICIO DE RESTRICCIÓN ES LA DE OTORGAR LA CAÍDA DE PRESIÓN HASTA 50 mbarg.
4. SE DEBE INSTALAR LA SDV EN EL TECHO DEL TANQUE JUNTO A LAS BOMBAS DE BAJA PRESIÓN.

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJÓ	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	HJL	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	15/07/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	HJL	ARC	MAC

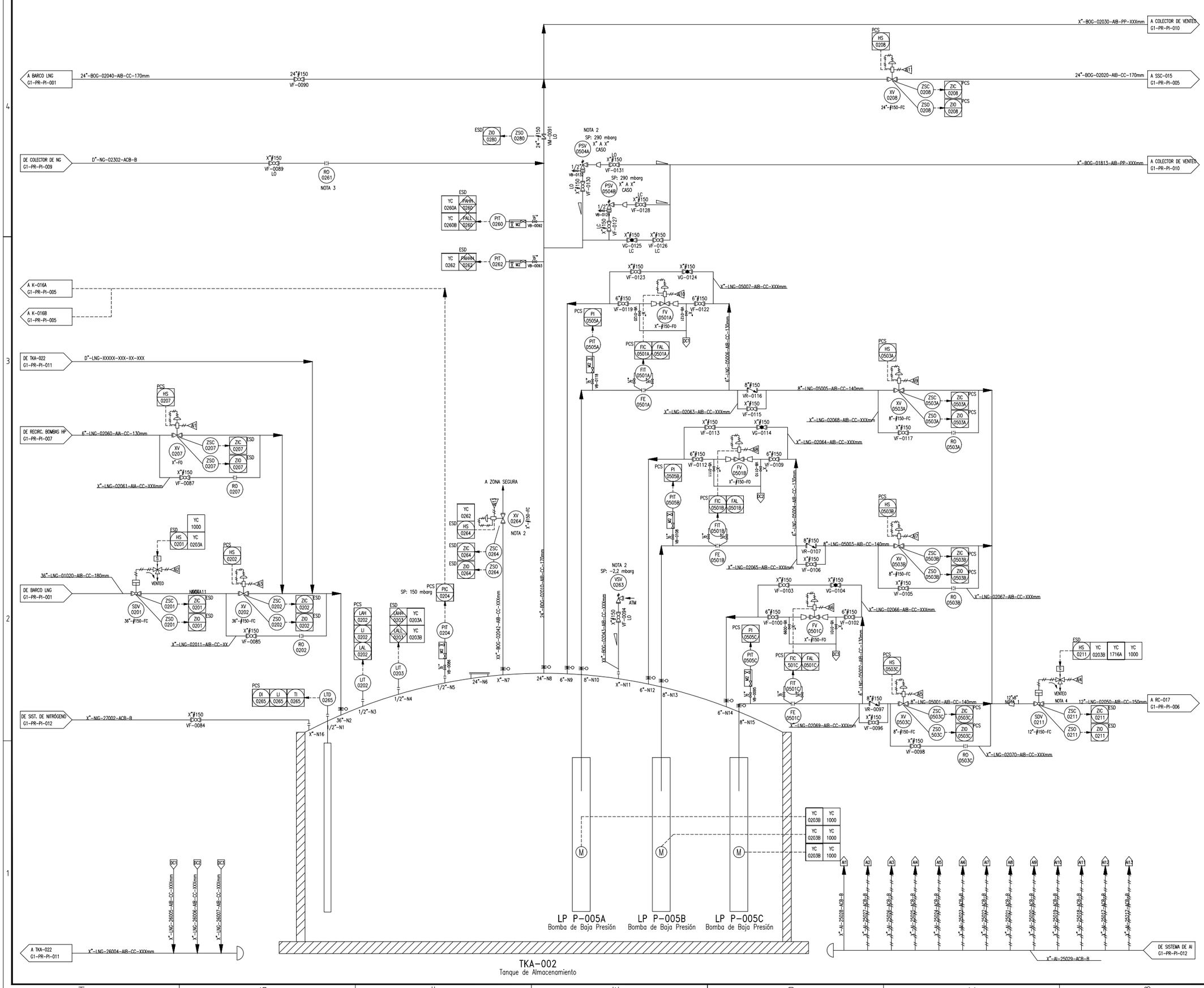
ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-PI-002
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-001

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	3	DE 13	0

IRAM 4508

TAMAÑO A3



EQUIPOS:

TKA-002
TANQUE DE ALMACENAMIENTO

VOLUMEN: 145384 m3
DIÁMETRO INTERNO: 72,57 m
ALTURA: 38,5 m
PRESIÓN OPERATIVA: 150 mbarg
PRESIÓN DE DISEÑO: 290 mbarg
TEMPERATURA OPERATIVA: -159,7 °C
TEMPERATURA DE DISEÑO MIN/MAX: -169,7°C/32°C

LP P-005A/B/C
BOMBAS DE BAJA PRESIÓN

TIPO: CENTRÍFUGA VERTICAL SUMERGIBLE
CAUDAL: 556,8 m3
POTENCIA: 203 kW
PRESIÓN DE DISEÑO: 11 barg
TEMPEARTURA OPERATIVA: -159,7 °C
TEMPERATURA DE DISEÑO MIN/MAX: -169,7°C/32°C
ALTURA DE SUBMERGENCIA: 0,34m
ANPA REQUERIDO: 0,32m

NOTAS:

1. SE DEBE INSTALAR LA SDV AL PIE DEL TANQUE.
2. CANTIDAD DE VÁLVULAS A DEFINIR EN LA PRÓXIMA ETAPA DE INGENIERÍA. SET POINT DE REFERENCIA.
3. LA FINALIDAD DEL ORIFICIO DE RESTRICCIÓN ES LA DE OTORGAR LA CAÍDA DE PRESIÓN HASTA 50 mbarg.
4. SE DEBE INSTALAR LA SDV EN EL TECHO DEL TANQUE JUNTO A LAS BOMBAS DE BAJA PRESIÓN.

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LGR	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/07/2020	LGR	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	LGR	ARC	MAC

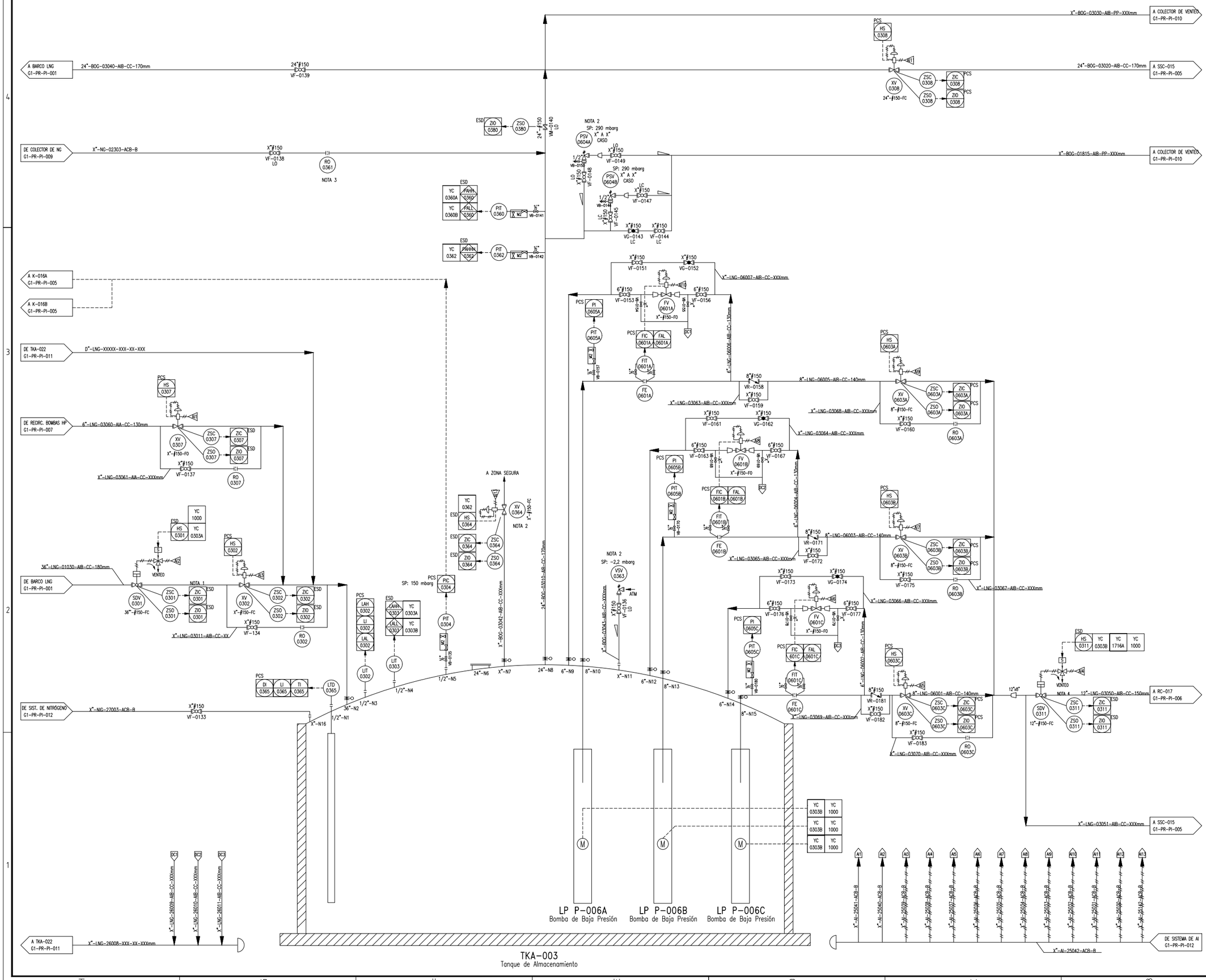
ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-PI-003
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-002

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	4	DE 13	0

IRAM 4508

TAMAÑO A3



EQUIPOS:

TKA–003
TANQUE DE ALMACENAMIENTO

VOLUMEN: 145384 m3
DIÁMETRO INTERNO: 72,57 m
ALTURA: 38,5 m
PRESIÓN OPERATIVA: 150 mbarg
PRESIÓN DE DISEÑO: 290 mbarg
TEMPERATURA OPERATIVA: −159,7 °C
TEMPERATURA DE DISEÑO MIN/MAX: −169,7°C/32°C

LP P–006A/B/C
BOMBAS DE BAJA PRESIÓN

TIPO: CENTRÍFUGA VERTICAL SUMERGIBLE
CAUDAL: 556,8 m3
POTENCIA: 203 kW
PRESIÓN DE DISEÑO: 11 barg
TEMPEARTURA OPERATIVA: −159,7 °C
TEMPERATURA DE DISEÑO MIN/MAX: −169,7°C/32°C
ALTURA DE SUMERGENCIA: 0,34m
ANPA REQUERIDO: 0,32m

NOTAS:

1. SE DEBE INSTALAR LA SDV AL PIE DEL TANQUE.
2. CANTIDAD DE VÁLVULAS A DEFINIR EN LA PRÓXIMA ETAPA DE INGENIERÍA. SET POINT DE REFERENCIA.
3. LA FINALIDAD DEL ORIFICIO DE RESTRICCIÓN ES LA DE OTORGAR LA CAÍDA DE PRESIÓN HASTA 50 mbarg.
4. SE DEBE INSTALAR LA SDV EN EL TECHO DEL TANQUE JUNTO A LAS BOMBAS DE BAJA PRESIÓN.

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LGR	ARC	B
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/07/2020	LGR	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	LGR	ARC	MAC

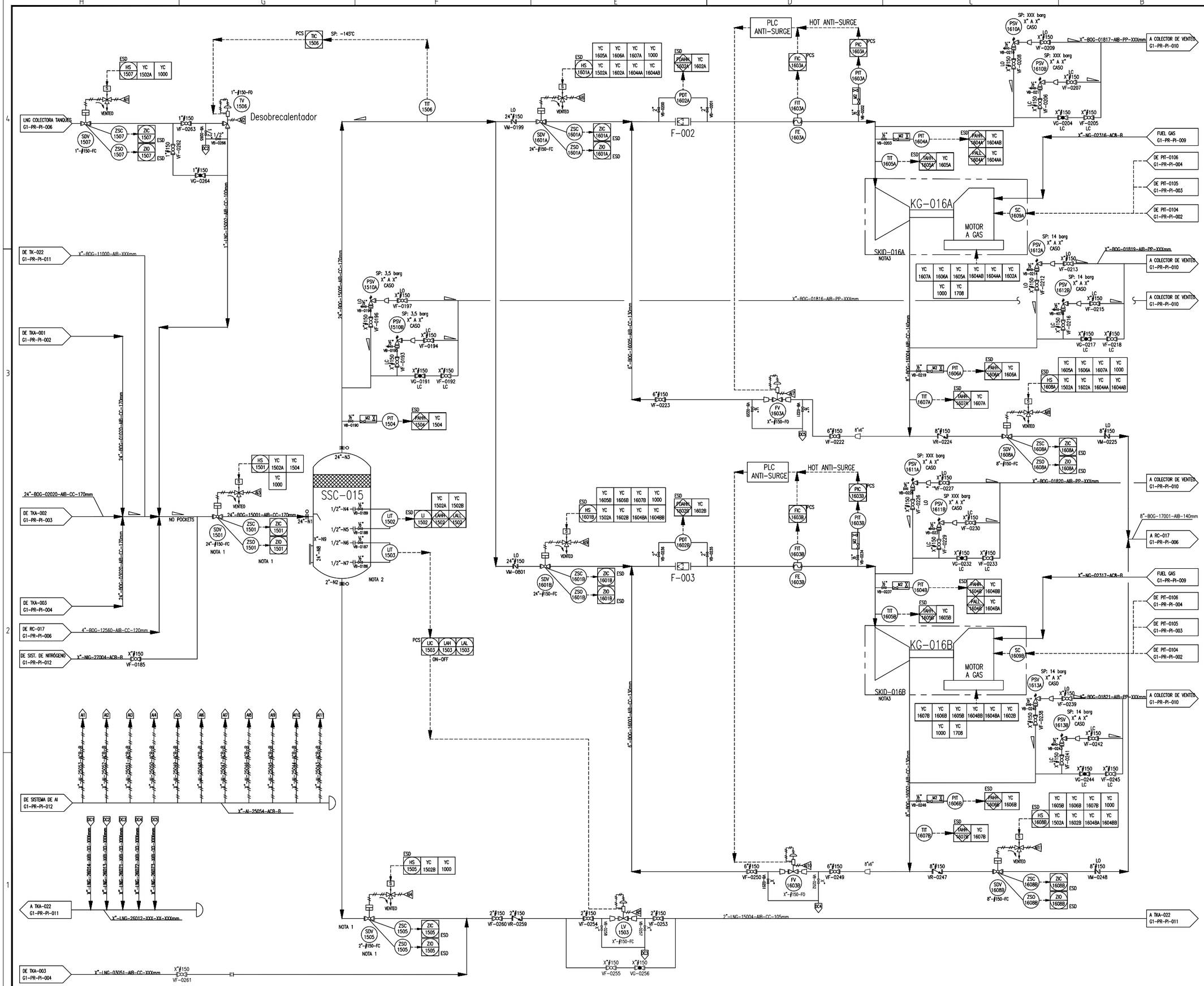
ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-PI-004
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-003

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	5	DE 13	0

IRAM 4508

TAMAÑO A3



EQUIPOS:

SSC-015
SEPARADOR SCRUBBER

VOLUMEN: 2,30 m3
DIÁMETRO INTERNO: 0,91 m
ALTURA: 3,35 m
PRESIÓN OPERATIVA: 113,8 mbarg
PRESIÓN DE DISEÑO: 3,5 barg
TEMPERATURA OPERATIVA: -145 °C
TEMPERATURA DE DISEÑO MIN/MAX: -155°C/32°C

KG-016A/B
COMPRESOR

TIPO: CENTRÍFUGO
CAUDAL: 6335 m3/h
POTENCIA: 407 HP
PRESIÓN DE DISEÑO: 14 barg
TEMPEARTURA OPERATIVA: -145 °C
TEMPERATURA DE DISEÑO MIN/MAX: -155°C/32°C

NOTAS:

1. SE DEBE INSTALAR LA SDV A UNA DISTANCIA MÍNIMA DEL EQUIPO.
2. EL SCRUBBER REQUIERE CIERTA ALTURA PARA SER DRENADO.
3. EL SKID CUENTA CON DOS ETAPAS DE COMPRESIÓN.

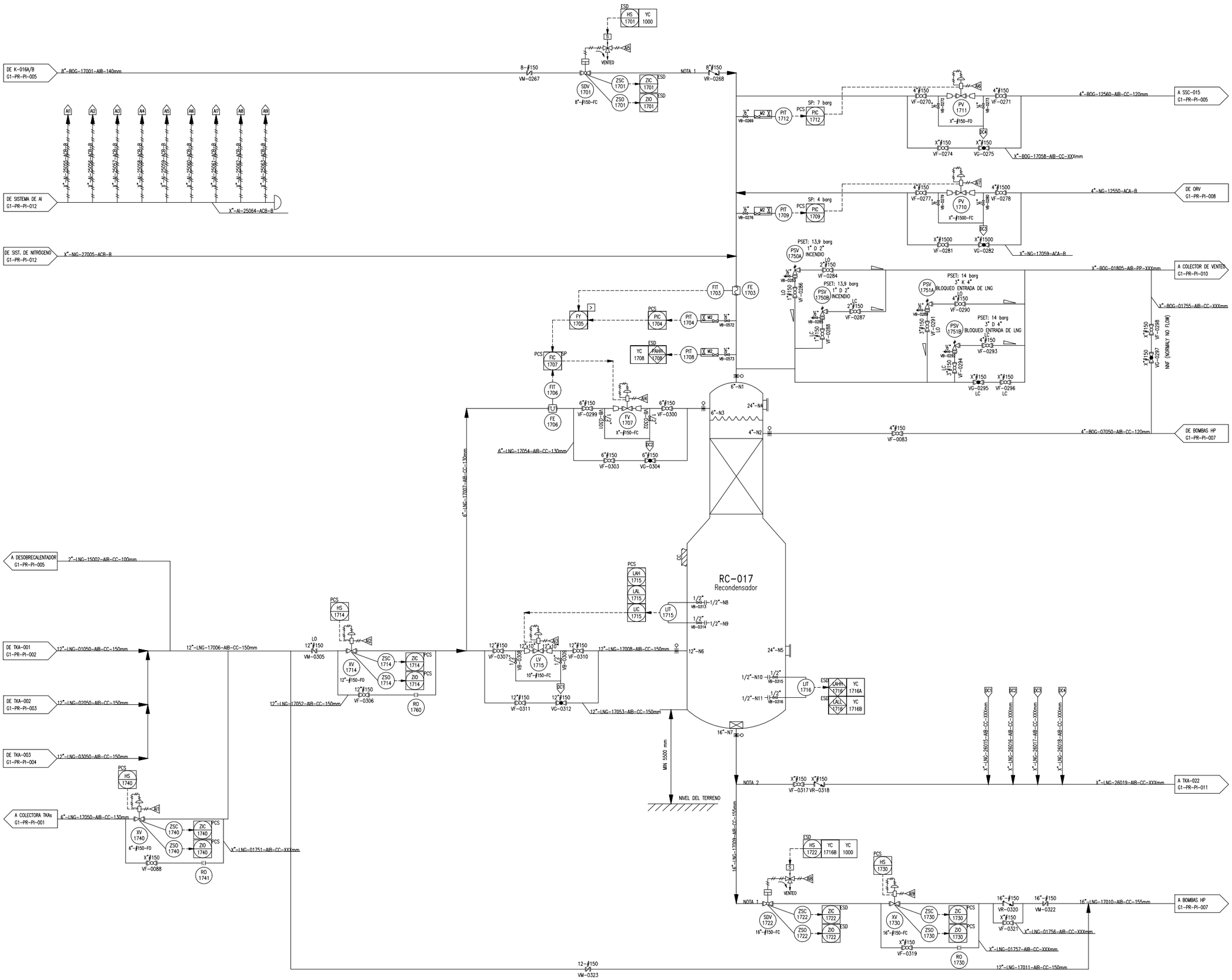
REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	VAM	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/07/2020	VAM	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	VAM	ARC	MAC

ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-PI-005
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	SISTEMA DE COMPRESIÒN

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	6	DE 13	0

IRAM 4508 — TAMAÑO A3



EQUIPOS:

RC-017
RECONDENSADOR

DIÁMETRO SUPERIOR: 1,5 m
DIÁMETRO INFERIOR: 2,4 m
ALTURA SUPERIOR: 6 m
ALTURA INFERIOR: 6,5 m
PRESIÓN OPERATIVA: 6 barg
PRESIÓN DE DISEÑO: 14 barg
TEMPERATURA OPERATIVA: −159,3 °C
TEMPERATURA DE DISEÑO MIN/MAX: −169,3°C/32°C

NOTAS:

1. SE DEBE INSTALAR LA SDV A UNA DISTANCIA MÍNIMA DEL EQUIPO.
2. PUNTO BAJO.

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJÓ	REVISÓ	APROBÓ
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	HJL	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/07/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	HJL	ARC	MAC

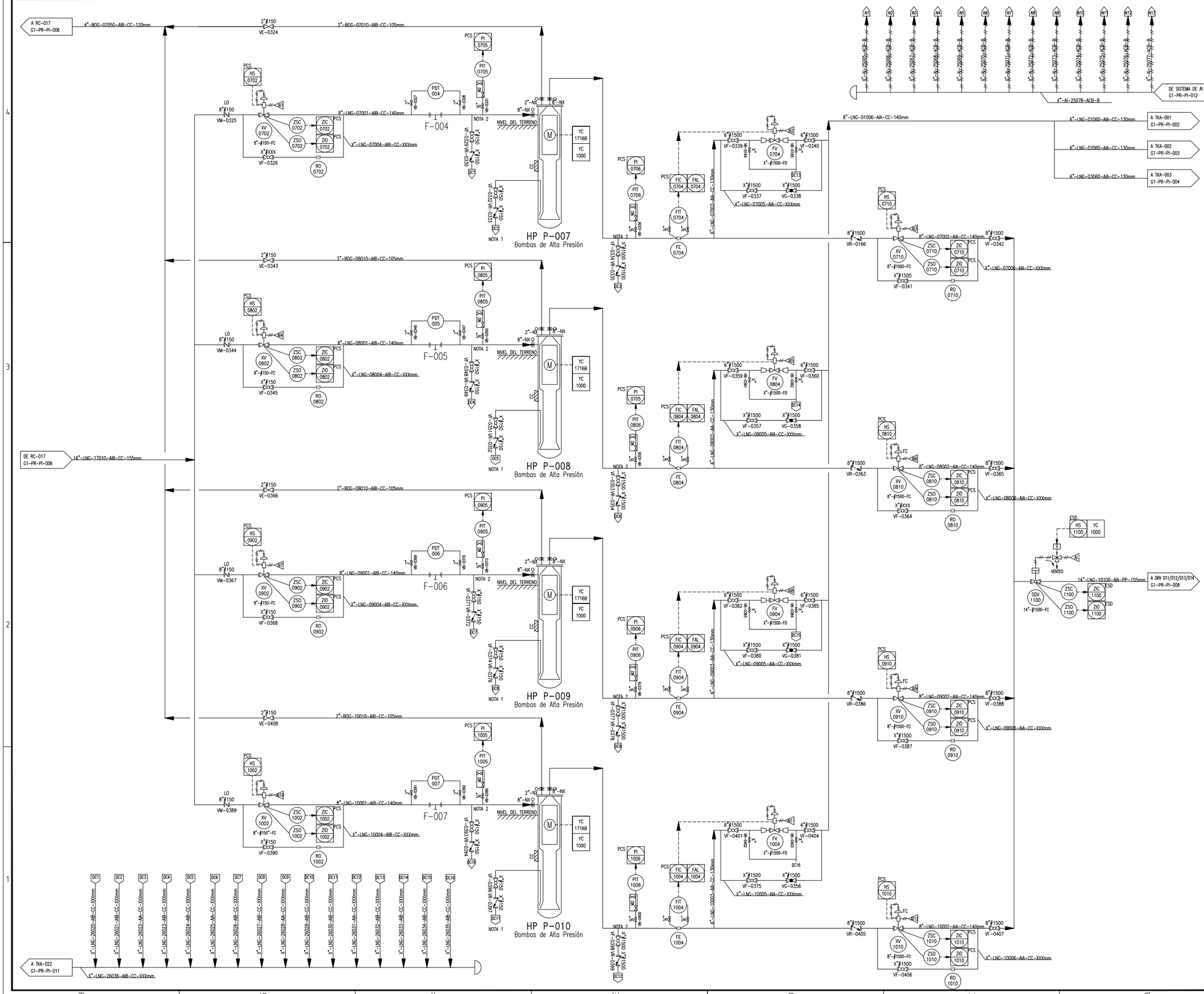
ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-PI-006
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	RECONDENSADOR

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	7	DE 13	0

IRAM 4508

TAMAÑO A3



EQUIPOS:

HP P-007/008/009/010
BOMBA DE ALTA PRESIÓN

TIPO: CENTRÍFUGA VERTICAL SUMERGIBLE
CAUDAL: 375 m3/h
POTENCIA: 1614 kW
PRESIÓN DE DISEÑO: 110 barg
TEMPERATURA OPERATIVA: −158,9°C
TEMPERATURA DE DISEÑO: −168,9°C/32
ANPA REQUERIDO: 0,59 m

NOTAS:

1. LAS VÁLVULAS DE LAS LÍNEAS DE DRENAJE DE LOS BARRILES DE LAS BOMBAS DE ALTA PRESIÓN SE ENCUENTRAN DENTRO DE UNA CÁMARA CON EL FIN DE PODER SER OPERADAS MANUALMENTE.
2. PUNTO BAJO.

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	HJL	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/07/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	HJL	ARC	MAC

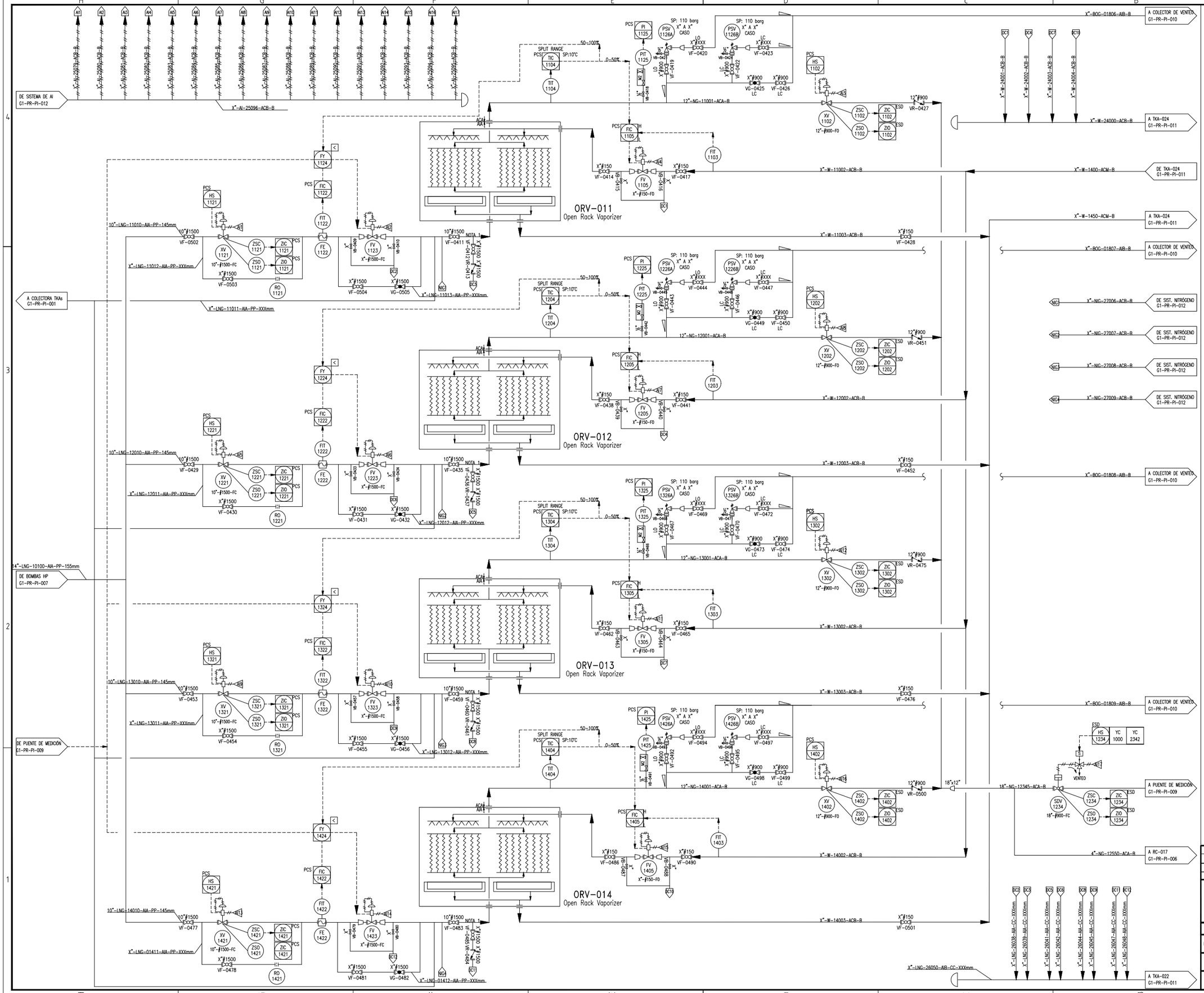
ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-PI-007
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	BOMBAS DE ALTA PRESIÓN

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	8	DE 13	0

IRAM 4508

TAMAÑO A3



EQUIPOS:

ORV-011/012/013/014
EVAPORADOR

DUTY: 32,35 MW

PRESIÓN DE DISEÑO LADO TUBOS: 111 bar
TEMPERATURA ENTRADA DE LNG: −151,3°C
TEMPERATURA SALIDA DE LNG: 10°C
TEMPERATURA DE DISEÑO MIN/MAX: −161,3°C/32°C

PRESIÓN DE DISEÑO LADO CARCASA: 1,65 bara
TEMPEARATURA ENTRADA DE AGUA: 40°C
TEMPERATURA SALIDA DE AGUA: 20°C
TEMPERATURA DE DISEÑO: 50°C

NOTAS:

1. PUNTO BAJO.

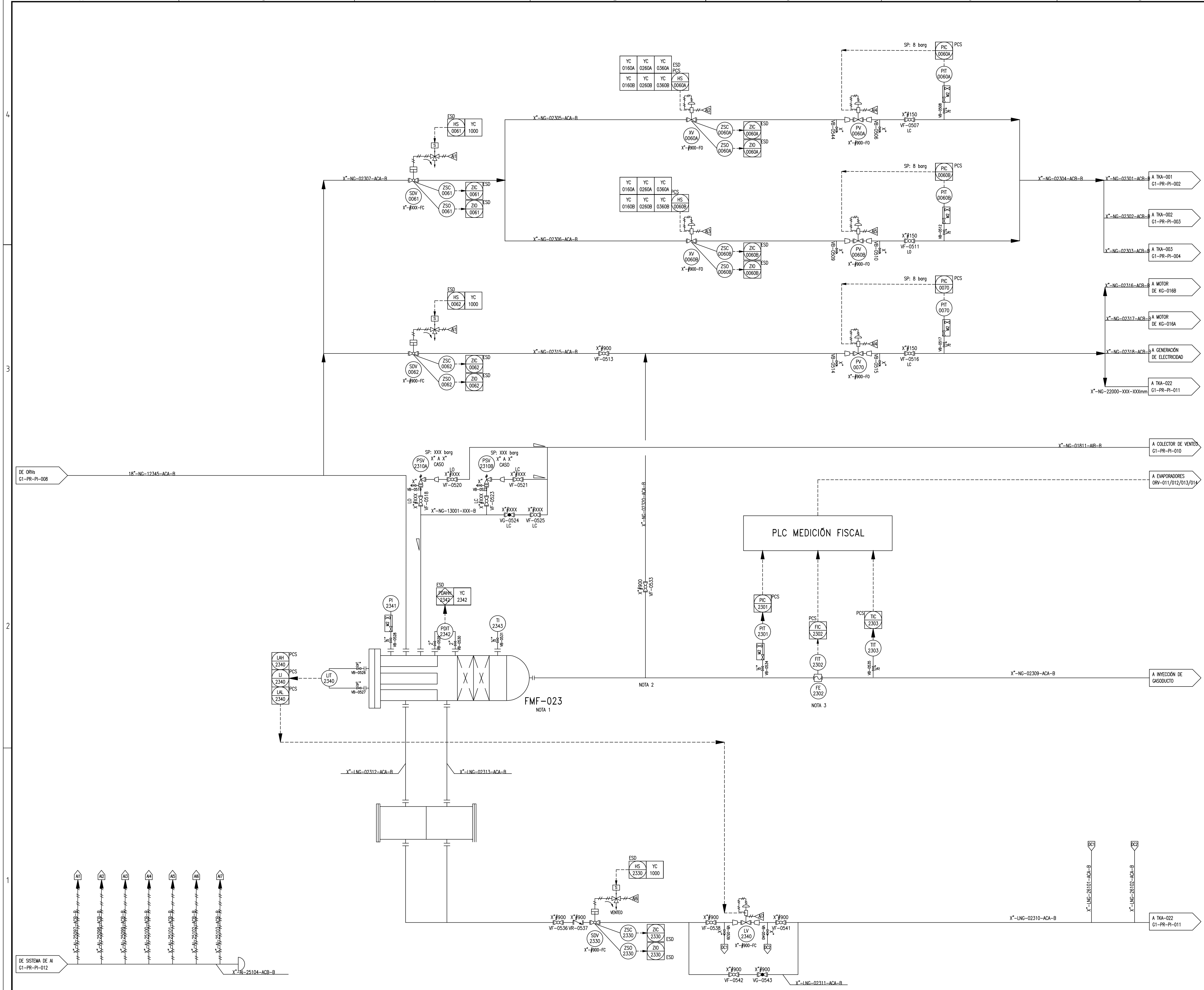
REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	HJL	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/07/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	HJL	ARC	MAC

ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-PI-008
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	OPEN RACK VAPORIZER

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	9	DE 13	0

IRAM 4508 — TAMAÑO A3



EQUIPOS:

FMF-023
FILTRO DE MEDIDOR FISCAL

NOTAS:

1. EL DISEÑO DE ESTE EQUIPO ESTÁ FUERA DEL ALCANCE DE ESTE PROYECTO.
2. ESTA TOMA DE GAS SE UTILIZA ÚNICAMENTE EN PUESTA EN MARCHA, EN DONDE SE TOMA GAS DEL GASODUCTO PARA LOS MOTORES DE LOS COMPRESORES Y GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.
3. EL CAUDALÍMETRO DEBE PODER MEDIR EN LOS DOS SENTIDOS DE FLUJO.

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	VAM	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/07/2020	VAM	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	VAM	ARC	MAC

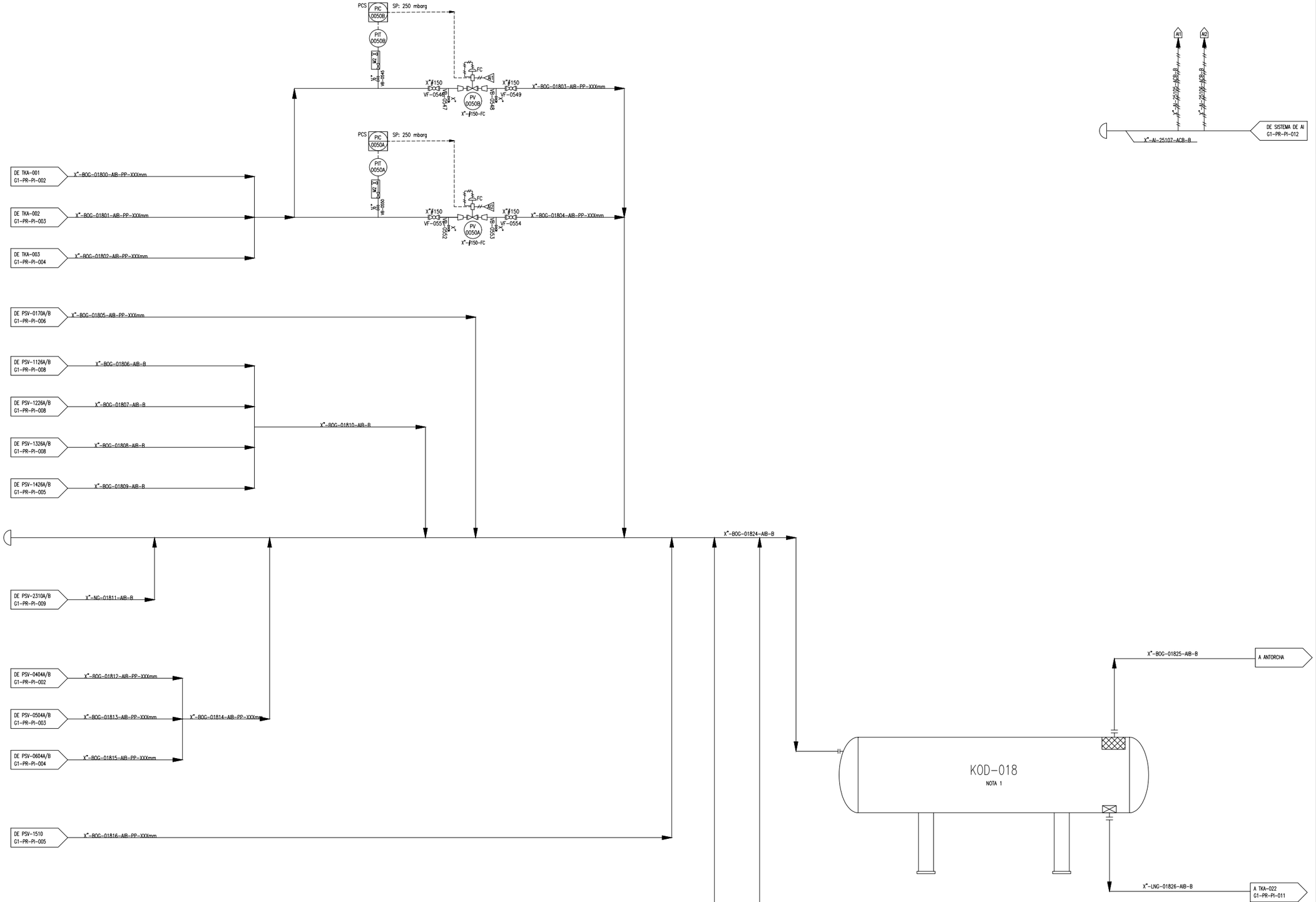
ITBA

Nº DOCUMENTO: G1-PR-PI-009

PROYECTO: PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TITULO: PUENTE DE MEDICIÓN FISCAL

ESCALA	FORMATO	HOJA		REV.
S/E	A3	10 DE 13		0



EQUIPOS:

KOD-018
KNOCK OUT DRUM

NOTAS:

1. EL DISEÑO DE ESTE EQUIPO ESTÁ FUERA DEL ALCANCE DE ESTE PROYECTO.

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	VAM	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/07/2020	VAM	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	VAM	ARC	MAC

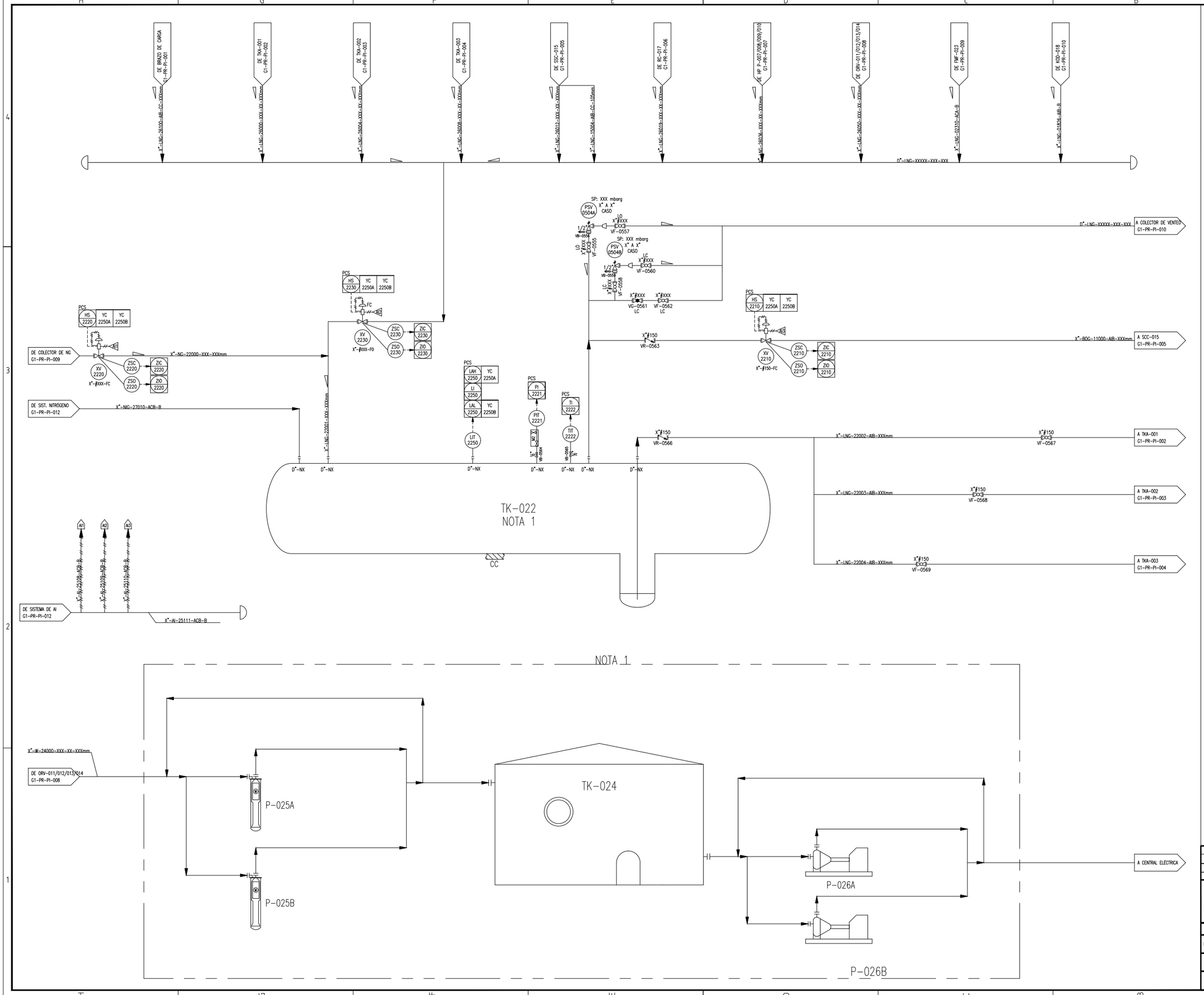
ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-PI-010
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	COLECTOR DE VENTEO

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	11	DE 13	0

IRAM 4508

TAMAÑO A3



EQUIPOS:

TK-022
TANQUE DE DRENAJE

TK-024
TANQUE DE AGUA

NOTAS:

1. ESTE EQUIPO/SISTEMA SE ENCUENTRA FUERA DEL ALCANCE DE ESTE PROYECTO.

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LGR	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	15/07/2020	LGR	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	LGR	ARC	MAC

ITBA

Nº DOCUMENTO: G1-PR-PI-011

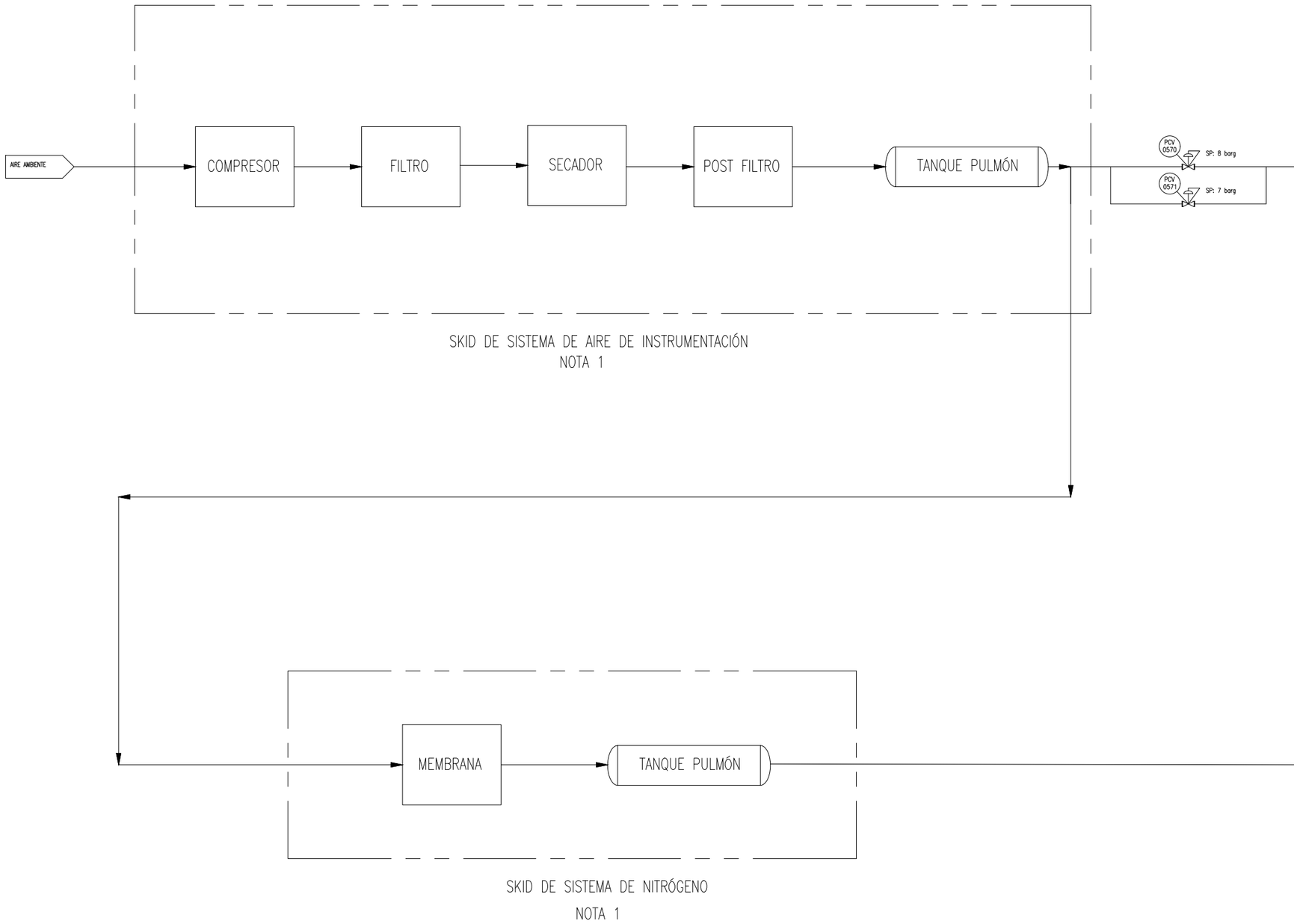
PROYECTO: PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TITULO : KNOCK OUT DRUM Y TANQUE DE DRENAJE

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	12 DE	13	0

IRAM 4508

TAMAÑO A3



PCV 0570 — SP: 8 barg

PCV 0571 — SP: 7 barg

X"-AI-25004-ACB-B	A BRAZO DE CARGA G1-PR-PI-001
X"-AI-25016-ACB-B	A TKA-001 G1-PR-PI-002
X"-AI-25016-ACB-B	A TKA-002 G1-PR-PI-003
X"-AI-25029-ACB-B	A TKA-003 G1-PR-PI-004
X"-AI-25054-ACB-B	A SIST. DE COMPRESIÓN G1-PR-PI-005
X"-AI-25064-ACB-B	A RECONDENSADOR G1-PR-PI-006
X"-AI-25078-ACB-B	A SISTEMA DE BOMBEO G1-PR-PI-007
X"-AI-25096-ACB-B	A EVAPORACIÓN G1-PR-PI-008
X"-AI-25104-ACB-B	A MEDICIÓN FISCAL G1-PR-PI-009
X"-AI-25107-ACB-B	A COLECTOR DE VENTEO G1-PR-PI-010
X"-AI-25111-ACB-B	A COLECTOR DE VENTEO G1-PR-PI-010
X"-NIG-27001-ACB-B	A TKA-001 G1-PR-PI-002
X"-NIG-27002-ACB-B	A TKA-002 G1-PR-PI-003
X"-NIG-27003-ACB-B	A TKA-003 G1-PR-PI-004
X"-NIG-27004-ACB-B	A SSC-015 G1-PR-PI-005
X"-NIG-27005-ACB-B	A RECONDENSADOR G1-PR-PI-006
X"-NIG-27006-ACB-B	A ORV-011 G1-PR-PI-008
X"-NIG-27007-ACB-B	A ORV-012 G1-PR-PI-008
X"-NIG-27008-ACB-B	A ORV-013 G1-PR-PI-008
X"-NIG-27009-ACB-B	A ORV-014 G1-PR-PI-008
X"-NIG-27010-ACB-B	A TKA-022 G1-PR-PI-011

EQUIPOS:

ORV-011/012/013/014
EVAPORADOR

DUTY: 32,35 MW

PRESIÓN DE DISEÑO LADO TUBOS: 111 bar
TEMPERATURA ENTRADA DE LNG: −151,3°C
TEMPERATURA SALIDA DE LNG: 10°C
TEMPERATURA DE DISEÑO MIN/MAX: −161,3°C/32°C

PRESIÓN DE DISEÑO LADO CARCASA: 1,65 bara
TEMPEARATURA ENTRADA DE AGUA: 40°C
TEMPERATURA SALIDA DE AGUA: 20°C
TEMPERATURA DE DISEÑO: 50°C

NOTAS:

1. EL DISEÑO DE ESTE SISTEMA ESTÁ FUERA DEL ALCANCE DE ESTE PROYECTO.

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	HJL	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/07/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	23/04/2020	HJL	ARC	MAC

ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-PI-008
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	OPEN RACK VAPORIZER

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	13 DE	13	0

IRAM 4508
TAMAÑO A3

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	ADU	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

LISTADO DE LÍNEAS

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-PR-LL-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 4

CLIENTE:				
PROYECTO: **PLANTA LNG**				
TÍTULO: **LISTADO DE LÍNEAS** **PROCESOS**			DOCUMENTO Nº: **G1-PR-LL-001**	
			REVISIÓN:	0
			Página:	2 de 4

LINEA PFD	PID	LINEA PID	DESDE	A	D (in)	FLUIDO	CLASE	SCH	COND. OPERATIVA		COND. DISEÑO		AISLACIÓN		ESTADO
									P (bar)	T (°C)	P (bar)	T (°C)	TIPO	ESPESOR (mm)	
15002	006	2”-LNG-15002-AIB-CC-100mm	12”-LNG-17006-AIB-CC-150mm	TV-1506	2	LNG	AIB	40S	1,56	-155,6	15	-196	CC	100	LIQUIDO
01050	006	12”-LNG-01050-AIB-CC-150mm	TKA-001	12”-LNG-17006-AIB-CC-150mm	12	LNG	AIB	10S	8,33	-159,7	15	-196	CC	150	LIQUIDO
02050	006	12”-LNG-02050-AIB-CC-150mm	TKA-002	12”-LNG-17006-AIB-CC-150mm	12	LNG	AIB	10S	8,33	-159,7	15	-196	CC	150	LIQUIDO
03050	006	12”-LNG-03050-AIB-CC-150mm	TKA-003	12”-LNG-17006-AIB-CC-150mm	12	LNG	AIB	10S	8,33	-159,7	15	-196	CC	150	LIQUIDO
17050	006	6”-LNG-17050-AIB-CC-130mm	12”-LNG-17006-AIB-CC-150mm	36”-LNG-01001-AIB-CC-180mm	6	LNG	AIB	10S	7,32	-155,6	15	-196	CC	130	LIQUIDO
17006	006	12”-LNG-17006-AIB-CC-150mm	12”-LNG-01050/02050/03050-AIB-CC-150mm	6”-LNG-17007-AIB-CC-130mm / 12”-LNG-17008-AIB-CC-150mm	12	LNG	AIB	10S	8,23	-159,3	15	-196	CC	150	LIQUIDO
17007	006	6”-LNG-17007-AIB-CC-130mm	12”-LNG-17006-AIB-CC-150mm	RC017	6	LNG	AIB	10S	7,32	-159,3	15	-196	CC	130	LIQUIDO
17008	006	12”-LNG-17008-AIB-CC-150mm	12”-LNG-17006-AIB-CC-150mm	RC017	12	LNG	AIB	10S	7,31	-159,3	15	-196	CC	150	LIQUIDO
17009	006	16”-LNG-17009-AIB-CC-155mm	RC017	16”-LNG-17010-AIB-CC-155mm	16	LNG	AIB	10S	7,00	-155,6	15	-196	CC	155	LIQUIDO
17010	006	16”-LNG-17010-AIB-CC-155mm	12”-LNG-17011-AIB-CC-150mm / 16”-LNG-17009-AIB-CC-155mm	8”-LNG-07001/08001/09001/10001-AIB-CC-105mm	16	LNG	AIB	10S	7,00	-155,6	15	-196	CC	155	LIQUIDO
17011	006	12”-LNG-17011-AIB-CC-150mm	12”-LNG-17006-AIB-CC-150mm	16”-LNG-17010-AIB-CC-155mm	12	LNG	AIB	10S	-	-	15	-196	CC	150	LIQUIDO
07050	006	4”-BOG-07050-AIB-CC-120mm	2”-BOG-07010/08010/09010/10010-AIB-CC-105mm	RC017	4	BOG	AIB	10S	7,32	-155,6	15	-196	CC	120	GAS
17001	006	8”-BOG-17001-AIB-CC-140mm	8”-BOG-16002/16004-AIB-CC-140mm	RC017	8	BOG	AIB	10S	7,06	-46,53	15	-196	CC	140	GAS
12550	006	4”-NG-12550-AIA-B	8”-BOG-17001-AIB-CC-140mm	18”-NG-12345-ACA-B	4	NG	AIA	80S	-	-	155	-196	B	-	GAS
12560	006	4”-BOG-12560-AIB-B	8”-BOG-17001-AIB-CC-140mm	24”-BOG-15001-AIB-CC-170mm	4	BOG	AIB	10S	-	-	15	-196	B	-	GAS
17051	006	X”-LNG-17051-AIB-CC-XXXmm	6”-LNG-17050-AIB-CC-130mm	6”-LNG-17050-AIB-CC-130mm	X	LNG	AIB		-	-	15	-196	CC	XXX	LIQUIDO
01752	006	X”-LNG-01752-AIB-CC-XXXmm	12”-LNG-17006-AIB-CC-150mm	12”-LNG-17006-AIB-CC-150mm	X	LNG	AIB		-	-	15	-196	CC	XXX	LIQUIDO

CLIENTE:				
PROYECTO: **PLANTA LNG**				
TÍTULO: **LISTADO DE LÍNEAS** **PROCESOS**	DOCUMENTO Nº: **G1-PR-LL-001**			
	REVISIÓN: 0			
	Página: 3 de 4			

LINEA PFD	PID	LINEA PID	DESDE	A	D (in)	FLUIDO	CLASE	SCH.	COND. OPERATIVA		COND. DISEÑO		AISLACIÓN		ESTADO
									P (bar)	T (°C)	P (bar)	T (°C)	TIPO	ESPESOR (mm)	
01753	006	X"-LNG-01753-AIB-CC-XXXmm	12"-LNG-17008-AIB-CC-150mm	12"-LNG-17008-AIB-CC-150mm	X	LNG	AIB		-	-	15	-196	CC	XXX	LIQUIDO
01754	006	X"-LNG-01754-AIB-CC-XXXmm	6"-LNG-17007-AIB-CC-130mm	6"-LNG-17007-AIB-CC-130mm	X	LNG	AIB		-	-	15	-196	CC	XXX	LIQUIDO
01755	006	X"-BOG-01755-AIB-CC-XXXmm	X"-BOG-01805-AIB-PP-XXXmm	4"-BOG-07050-AIB-CC-120mm	X	BOG	AIB		-	-	15	-196	CC	XXX	GAS
01756	006	X"-LNG-01756-AIB-CC-XXXmm	16"-LNG-17010-AIB-CC-155mm	16"-LNG-17010-AIB-CC-155mm	X	LNG	AIB		-	-	15	-196	CC	XXX	LIQUIDO
01757	006	X"-LNG-01757-AIB-CC-XXXmm	16"-LNG-17010-AIB-CC-155mm	16"-LNG-17010-AIB-CC-155mm	X	LNG	AIB		-	-	15	-196	CC	XXX	LIQUIDO
01758	006	X"-BOG-01758-AIB-B	4"-BOG-12560-AIB-B	4"-BOG-12560-AIB-B	X	BOG	AIB		-	-	15	-196	B	-	GAS
01759	006	X"-NG-01759-AIA-B	4"-NG-12550-AIA-B	4"-NG-12550-AIA-B	X	NG	AIA		-	-	155	-196	B	-	GAS
01805	006	X"-BOG-01805-AIB-PP-XXXmm	8"-BOG-17001-AIB-CC-140mm	X"-BOG-01824-AIB-B	X	BOG	AIB		-	-	15	-196	PP	XXX	GAS
26019	006	X"-LNG-26019-AIB-CC-XXXmm	16"-LNG-17009-AIB-CC-155mm	TKA022	X	LNG	AIB		-	-	15	-196	CC	XXX	LIQUIDO
26015	006	X"-LNG-26015-XXX-XX-XXXmm	LV1715	X"-LNG-26019-AIB-CC-XXXmm	X	LNG	XXX		-	-			XX	XXX	LIQUIDO
26016	006	X"-LNG-26016-XXX-XX-XXXmm	FV1707	X"-LNG-26019-AIB-CC-XXXmm	X	LNG	XXX		-	-			XX	XXX	LIQUIDO
26017	006	X"-LNG-26017-XXX-XX-XXXmm	PV1710	X"-LNG-26019-AIB-CC-XXXmm	X	LNG	XXX		-	-			XX	XXX	LIQUIDO
26018	006	X"-LNG-26018-XXX-XX-XXXmm	PV1711	X"-LNG-26019-AIB-CC-XXXmm	X	LNG	XXX		-	-			XX	XXX	LIQUIDO
25055	006	X"-AI-25055-ACB-B	X"-AI-25064-ACB-B	XV1740	X	AI	ACB		-	-	14,9	-20	B	-	GAS
25056	006	X"-AI-25056-ACB-B	X"-AI-25064-ACB-B	XV1714	X	AI	ACB		-	-	14,9	-20	B	-	GAS
25057	006	X"-AI-25057-ACB-B	X"-AI-25064-ACB-B	LV1715	X	AI	ACB		-	-	14,9	-20	B	-	GAS
25058	006	X"-AI-25058-ACB-B	X"-AI-25064-ACB-B	FV1707	X	AI	ACB		-	-	14,9	-20	B	-	GAS

CLIENTE:				
PROYECTO:	**PLANTA LNG**			
TÍTULO: **LISTADO DE LÍNEAS** **PROCESOS**		DOCUMENTO Nº: **G1-PR-LL-001**		
		REVISIÓN:	0	
		Página: 4 de 4		

LINEA PFD	PID	LINEA PID	DESDE	A	D (in)	FLUIDO	CLASE	SCH.	COND. OPERATIVA		COND. DISEÑO		AISLACIÓN		ESTADO
									P (bar)	T (°C)	P (bar)	T (°C)	TIPO	ESPESOR (mm)	
25059	006	X"-AI-25059-ACB-B	X"-AI-25064-ACB-B	SDV1701	X	AI	ACB		-	-	14,9	-20	B	-	GAS
25060	006	X"-AI-25060-ACB-B	X"-AI-25064-ACB-B	PV1711	X	AI	ACB		-	-	14,9	-20	B	-	GAS
25061	006	X"-AI-25061-ACB-B	X"-AI-25064-ACB-B	PV1710	X	AI	ACB		-	-	14,9	-20	B	-	GAS
25062	006	X"-AI-25062-ACB-B	X"-AI-25064-ACB-B	SDV1722	X	AI	ACB		-	-	14,9	-20	B	-	GAS
25063	006	X"-AI-25063-ACB-B	X"-AI-25064-ACB-B	XV1730	X	AI	ACB		-	-	14,9	-20	B	-	GAS
25064	006	X"-AI-25064-ACB-B	KG025	X"-AI-25064-ACB-B	X	AI	ACB		-	-	14,9	-20	B	-	GAS

2

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LGR	ARC	MAC
A	PARA APROBACIÓN	15/07/2020	LGR	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.

ITBA

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

LISTA DE EQUIPOS

PROCESOS

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-LE-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 2

CLIENTE:		
PROYECTO:		**PLANTA DE REVAPORIZACÓN DE LNG**
TÍTULO:	LISTA DE EQUIPOS	DOCUMENTO Nº: **G1-PR-LE-001**
		REVISIÓN: A 0
	PROCESOS	Página 2 de 2

TANQUES

TAG	P&ID	Descripción	Volumen Neto (m3)	Diámetro Interno (m)	Altura (m)	Presión de Diseño (mbarg)	Temperatura de Diseño (°C)	Presión Operativa (mbarg)	Temperatura Operativa (°C)
TKA-001 TKA-002 TKA-003	G1-PR-PI-002/003/004	Tanque de Almacenamiento	145384	72,57	38,5	290	-169,7 / 32	150	-159,7
TK-020	G1-PR-PI-011	Tanque de Agua contra Incendio	FUERA DEL ALCANCE DEL PROYECTO						
TK-022	G1-PR-PI-011	Tanque de Drenajes	FUERA DEL ALCANCE DEL PROYECTO						

SEPARADORES

TAG	P&ID	Descripción	Volumen (m3)	Diámetro (m)	Altura (m)	Presión Operativa (bar)	Presión de Diseño (bar)	Temperatura Operativa (°C)	Caudal gaseoso (m3/h)	Caudal líquido (m3/h)	Temperatura de Diseño (°C)
SSC-015	G1-PR-PI-005	Separador Scrubber	2,307	0,9144	3,35	1,138	4,5	-145	6275,9	0,07067	-155 / 32
KOD-018	G1-PR-PI-010	Knock Out Drum	FUERA DEL ALCANCE DEL PROYECTO								

BOMBAS

TAG	P&ID	Descripción	Caudal (m3/h)	NPSH / Altura de Sumergencia Requeridas	Potencia (kW)	Presión de Diseño (bar)	Temperatura Operativa (°C)	Temperatura de Diseño (°C)	Presión DescargaOperativa (bar)	Presión Succión Operativa (bar)
LP P-001A/B/C LP P-002A/B/C LP P-003A/B/C	G1-PR-PI-002/003/004	Bomba centrifuga vertical surmergible de Baja Presión	556,8	0,32 / 0,34	152,8	12	-159,7	-169,7/ 32	8,17	1,12
HP P-007 HP P-008 HP P-009 HP P-010	G1-PR-PI-007	Bomba centrifuga vertical surmergible Alta Presión	375	0,59 / -	1615	111	-158,9	-158,9/ 32	92,74	6,63
P-025A/B	G1-PR-PI-011	Bomba centrífuga - servicio de agua	FUERA DEL ALCANCE DEL PROYECTO							
P-026A/B	G1-PR-PI-011	Bomba centrífuga - servicio de agua	FUERA DEL ALCANCE DEL PROYECTO							

RECONDENSADOR

TAG	P&ID	Descripción	Caudal gaseoso (m3/h)	Caudal líquido (m3/h)	Altura superior (m)	Altura inferior (m)	Diámetro superior (m)	Diámetro inferior (m)	Presión de Diseño (bar)	Presión Operativa (bar)	Temperatura de Diseño (°C)	Temperatura Operativa (°C)
RC017	G1-PR-PI-006	Recondensador	41,95	1582,00	6,00	6,15	1,502	2,387	15	7	-169,3 / 32	-159,3

COMPRESORES

TAG	P&ID	Descripción	Caudal (m3/h)	Potencia (hp)	Presión Succión Operativa (bar)	Presión Descarga Operativa (bar)	Presión de Diseño (bar)	Temperatura Operativa (°C)	Temperatura de Diseño (°C)
KG-016A/B	G1-PR-PI-005	Compresor centrifugo	6335	407,13	1,137	7,28	15	-145	-145 / 32

EVAPORADORES

TAG	P&ID	Descripción	Largo (m)	Altura (m)	Ancho (m)	Presión de Diseño (bar)	Caudal (kg/s)	Temperatura entrada/salida (°C)	Temperatura diseño (°C)	Calor Transferido (MW)	Presión Operativa (bar)
ORV-011 ORV-012 ORV-013 ORV-014	G1-PR-PI-008	Evaporadores	11,7	8	6,59	LNG: 111 AGUA: 1,65	LNG: 45,42 AGUA: 374,69	LNG: -151,3 / 10 AGUA: 40 / 20	LNG: -161,3 / 32 AGUA: 50	32,35	LNG: 82,56 AGUA: ATM

OTROS

TAG	P&ID	Descripción
FMF-023	G1-PR-PI-009	Filtro de medicion fiscal — FUERA DEL ALCANCE DEL PROYECTO
F-019	-	ANTORCHA — FUERA DEL ALCANCE DEL PROYECTO

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LUC	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

LISTADO DE INSTRUMENTOS

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-PR-LI-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 5

TAG	TIPO DE INSTRUMENTO	SERVICIO	FUNCIÓN	UBICACIÓN	PID	LÍNEA	VÁLVULA	EQUIPO	ACCIÓN
HS1714	HAND SWITCH	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA XV1714	-	CAMPO	G1-PR-PI-006	-	XV1714	-	INDICACIÓN
XV1714	VÁLVULA DE BLOQUEO MOTORIZADA	AISLACIÓN DE EQUIPO RC017	-	CAMPO	G1-PR-PI-006	17006	-	-	AISLACIÓN
ZIC1714	INDICADOR DE SWITCH DE POSICIÓN CERRADA	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA XV1714	-	PCS	G1-PR-PI-006	-	XV1714	-	INDICACIÓN
ZIO1714	INDICADOR DE SWITCH DE POSICIÓN CERRADA	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA XV1714	-	PCS	G1-PR-PI-006	-	XV1714	-	INDICACIÓN
RO1714	ORIFICIO DE RESTRICCIÓN	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CAUDAL	CAMPO	G1-PR-PI-006	01752	-	-	REFRIGERACIÓN
LV1715	VÁLVULA DE CONTROL DE NIVEL	CONTROL DE NIVEL DE RC017	NIVEL	CAMPO	G1-PR-PI-006	17008	-	-	CONTROL
LAH1715	ALARMA DE ALTO NIVEL	CONTROL DE NIVEL DE RC017	NIVEL	PCS	G1-PR-PI-006	-	LV1715	-	CONTROL
LAL1715	ALARMA DE BAJO NIVEL	CONTROL DE NIVEL DE RC017	NIVEL	PCS	G1-PR-PI-006	-	LV1715	-	CONTROL
LIC1715	INDICADOR CONTROLADOR DE NIVEL	CONTROL DE NIVEL DE RC017	NIVEL	PCS	G1-PR-PI-006	-	LV1715	-	CONTROL
LIT1715	INDICADOR TRANSMISOR DE NIVEL	CONTROL DE NIVEL DE RC017	NIVEL	CAMPO	G1-PR-PI-006	-	-	RC017	CONTROL
HS1740	HAND SWITCH	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA XV1740	-	CAMPO	G1-PR-PI-006	-	XV1740	-	INDICACIÓN
XV1740	VÁLVULA DE BLOQUEO MOTORIZADA	BLOQUEO LINEA 17050	-	CAMPO	G1-PR-PI-006	17050	-	-	AISLACIÓN
ZIC1740	INDICADOR DE SWITCH DE POSICIÓN CERRADA	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA XV1740	-	PCS	G1-PR-PI-006	-	XV1740	-	INDICACIÓN
ZIO1740	INDICADOR DE SWITCH DE POSICIÓN CERRADA	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA XV1740	-	PCS	G1-PR-PI-006	-	XV1740	-	INDICACIÓN
RO1740	ORIFICIO DE RESTRICCIÓN	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CAUDAL	CAMPO	G1-PR-PI-006	17050	-	-	REFRIGERACIÓN

TAG	TIPO DE INSTRUMENTO	SERVICIO	FUNCIÓN	UBICACIÓN	PID	LÍNEA	VÁLVULA	EQUIPO	ACCIÓN
LIT1716	INDICADOR TRANSMISOR DE NIVEL	SISTEMA DE SEGURIDAD RC017	NIVEL	CAMPO	G1-PR-PI-006	-	-	RC017	SEGURIDAD
LAHH1716	ALARMA DE MUY ALTO NIVEL	SISTEMA DE SEGURIDAD RC017	NIVEL	ESD	G1-PR-PI-006	-	SDV0111 SDV0211 SDV0311	-	SEGURIDAD
LALL1716	ALARMA DE MUY BAJO NIVEL	SISTEMA DE SEGURIDAD RC017	NIVEL	ESD	G1-PR-PI-006	-	SDV1722	HP P007 HP P008 HP P009 HP P010	SEGURIDAD
HS1722	HAND SWITCH	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA SDV1722	-	CAMPO	G1-PR-PI-006	-	SDV1722	-	SEGURIDAD
SDV1722	VÁLVULA DE SHUT DOWN	AISLACIÓN DE EQUIPO RC017	-	CAMPO	G1-PR-PI-006	17010	-	-	SEGURIDAD
ZIC1722	INDICADOR DE SWITCH DE POSICIÓN CERRADA	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA SDV1722	-	ESD	G1-PR-PI-006	-	SDV1722	-	SEGURIDAD
ZIO1722	INDICADOR DE SWITCH DE POSICIÓN CERRADA	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA SDV1722	-	ESD	G1-PR-PI-006	-	SDV1722	-	SEGURIDAD
HS1730	HAND SWITCH	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA XV1730	-	CAMPO	G1-PR-PI-006	-	XV1730	-	INDICACIÓN
XV1730	VÁLVULA DE BLOQUEO MOTORIZADA	AISLACIÓN DE EQUIPO RC017	-	CAMPO	G1-PR-PI-006	17010	-	-	AISLACIÓN
ZIC1730	INDICADOR DE SWITCH DE POSICIÓN CERRADA	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA XV1730	-	PCS	G1-PR-PI-006	-	XV1730	-	INDICACIÓN
ZIO1730	INDICADOR DE SWITCH DE POSICIÓN CERRADA	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA XV1730	-	PCS	G1-PR-PI-006	-	XV1730	-	INDICACIÓN
RO1730	ORIFICIO DE RESTRICCIÓN	SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	CAUDAL	CAMPO	G1-PR-PI-006	17010	-	-	REFRIGERACIÓN
FIC1707	INDICADOR CONTROLADOR DE FLUJO	CONTROL DE CAUDAL RECONDENSACIÓN RC017	CAUDAL	PCS	G1-PR-PI-006	-	FV1707	-	CONTROL

TAG	TIPO DE INSTRUMENTO	SERVICIO	FUNCIÓN	UBICACIÓN	PID	LÍNEA	VÁLVULA	EQUIPO	ACCIÓN
FIT1706	INDICADOR TRANSMISOR DE FLUJO	CONTROL DE CAUDAL RECONDENSACIÓN RC017	CAUDAL	CAMPO	G1-PR-PI-006	17007	-	-	CONTROL
FE1706	ELEMENTO PRIMARIO DE FLUJO	CONTROL DE CAUDAL RECONDENSACIÓN RC017	CAUDAL	CAMPO	G1-PR-PI-006	17007	-	-	CONTROL
FV1707	VALVULA DE CONTROL DE FLUJO	CONTROL DE CAUDAL RECONDENSACIÓN RC017	CAUDAL	CAMPO	G1-PR-PI-006	17007	-	-	CONTROL
PIT1708	INDICADOR TRANSMISOR DE PRESIÓN	SISTEMA DE SEGURIDAD DEL RC017	PRESIÓN	CAMPO	G1-PR-PI-006	17001	-	-	SEGURIDAD
PAHH1708	ALARMA DE MUY ALTA PRESIÓN	SISTEMA DE SEGURIDAD DEL RC017	PRESIÓN	ESD	G1-PR-PI-006	-	-	KG016A KG016B	SEGURIDAD
PIT1704	INDICADOR TRANSMISOR DE PRESIÓN	CONTROL DE PRESIÓN RC017	PRESIÓN	CAMPO	G1-PR-PI-006	17001	-	-	CONTROL
PIC1704	INDICADOR DE CONTROL DE PRESIÓN	CONTROL DE PRESIÓN RC017	PRESIÓN	PCS	G1-PR-PI-006	-	FV1707	-	CONTROL
FIT1703	INDICADOR TRANSMISOR DE FLUJO	CONTROL DE CAUDAL BOG RC017	CAUDAL	CAMPO	G1-PR-PI-006	17001	-	-	CONTROL
FE1703	ELEMENTO PRIMARIO DE FLUJO	CONTROL DE CAUDAL BOG RC017	CAUDAL	CAMPO	G1-PR-PI-006	17001	-	-	CONTROL
PIT1709	INDICADOR TRANSMISOR DE PRESIÓN	CONTROL DE PRESIÓN RC017	PRESIÓN	CAMPO	G1-PR-PI-006	17001	-	-	CONTROL
PIC1709	INDICADOR CONTROLADOR DE PRESIÓN	CONTROL DE PRESIÓN RC017	PRESIÓN	PCS	G1-PR-PI-006	-	PV1710	-	CONTROL
PV1710	VALVULA DE CONTROL DE PRESIÓN	CONTROL DE PRESIÓN RC017	PRESIÓN	CAMPO	G1-PR-PI-006	12550	-	-	CONTROL
PIT1712	INDICADOR TRANSMISOR DE PRESIÓN	CONTROL DE PRESIÓN RC017	PRESIÓN	CAMPO	G1-PR-PI-006	17001	-	-	CONTROL

CLIENTE:				
PROYECTO:	**PLANTA LNG**			
TÍTULO: **LISTADO DE EQUIPOS** **PROCESOS**		DOCUMENTO Nº: **G1-PR-LL-001**		
		REVISIÓN:	0	
		Página:	5	de 5

TAG	TIPO DE INSTRUMENTO	SERVICIO	FUNCIÓN	UBICACIÓN	PID	LÍNEA	VÁLVULA	EQUIPO	ACCIÓN
PIC1712	INDICADOR CONTROLADOR DE PRESIÓN	CONTROL DE PRESIÓN RC017	PRESIÓN	PCS	G1-PR-PI-006	-	PV1712	-	CONTROL
PV1712	VALVULA DE CONTROL DE PRESIÓN	CONTROL DE PRESIÓN RC017	PRESIÓN	CAMPO	G1-PR-PI-006	12560	-	-	CONTROL
HS1722	HAND SWITCH	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA SDV1701	-	CAMPO	G1-PR-PI-006	-	SDV1701	-	SEGURIDAD
SDV1701	VÁLVULA DE SHUT DOWN	AISLACIÓN DE EQUIPO RC017	-	CAMPO	G1-PR-PI-006	17001	-	-	SEGURIDAD
ZIC1701	INDICADOR DE SWITCH DE POSICIÓN CERRADA	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA SDV1701	-	ESD	G1-PR-PI-006	-	SDV1701	-	SEGURIDAD
ZIO1701	INDICADOR DE SWITCH DE POSICIÓN CERRADA	CIERRE/APERTURA DE VÁLVULA SDV1701	-	ESD	G1-PR-PI-006	-	SDV1701	-	SEGURIDAD
PSV1750A	VÁLVULA DE SEGURIDAD DE PRESIÓN	SISTEMA DE ALIVIO DE PRESIÓN RC017	PRESIÓN	CAMPO	G1-PR-PI-006	01805	-	-	SEGURIDAD
PSV1750B	VÁLVULA DE SEGURIDAD DE PRESIÓN	SISTEMA DE ALIVIO DE PRESIÓN RC017	PRESIÓN	CAMPO	G1-PR-PI-006	01805	-	-	SEGURIDAD
PSV1751A	VÁLVULA DE SEGURIDAD DE PRESIÓN	SISTEMA DE ALIVIO DE PRESIÓN RC017	PRESIÓN	CAMPO	G1-PR-PI-006	01805	-	-	SEGURIDAD
PSV1751B	VÁLVULA DE SEGURIDAD DE PRESIÓN	SISTEMA DE ALIVIO DE PRESIÓN RC017	PRESIÓN	CAMPO	G1-PR-PI-006	01805	-	-	SEGURIDAD

0	EMISIÓN FINAL	31/7/2020	LUC	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/07/2020	LGR	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.

ITBA

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

MEMORIA DE CÁLCULO HIDRÁULICO

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-GE-MC-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 8

ÍNDICE

1. OBJETIVO 3

2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA 3

3. ALCANCE 3

4. CRITERIOS DE DISEÑO/VERIFICACIÓN 4

5. CÁLCULOS Y RESULTADOS 4

6. CASOS ESPECIFICOS 4

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es describir las bases de diseño para realizar la ingeniería básica de una planta de recepción de LNG (Liquefied Natural Gas), almacenamiento, revaporización y despacho a gasoducto ubicada en la ciudad de Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.

2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

[1] G1-PR-PI-001 - Brazo de Carga
[2] G1-PR-PI-002 - Tanque de Almacenamiento TKA-001
[3] G1-PR-PI-003 - Tanque de Almacenamiento TKA-002
[4] G1-PR-PI-004 - Tanque de Almacenamiento TKA-003
[5] G1-PR-PI-005 - Bombas de Alta Presión
[6] G1-PR-PI-006 - Evaporador
[7] G1-PR-PI-007 - Sistema de Compresión
[8] G1-PR-PI-008 - Recondensador
[9] G1-PR-LO-001 - Lay Out
[10] G1-PR-BD-001 - Bases de Diseño
[11] G1-PR-DF-001 - Diagrama de Flujo

3. ALCANCE

El alcance de este documento es el de dimensionar todas las líneas que entren dentro del alcance definido en [10] (bases de diseño).

4. CRITERIOS DE DISEÑO/VERIFICACIÓN

El criterio para el diseño de las cañerías depende de su función como también del fluido que circule por el mismo, en el documento [10] se detallan los criterios adoptados. En caso que exista una excepción al criterio, se detallará correspondientemente.

5. CÁLCULOS Y RESULTADOS

El dimensionamiento de las cañerías se realiza a través de la simulación de Unisim. Para efectuar los cálculos adecuadamente se esquematizan distintos escenarios de operación, y se procede a diseñar las cañerías para la peor condición operativa, es decir aquel escenario que arrojase un peor caudal operativo.

Luego, se verifica que las cañerías pudiesen operar a un caudakl un 20% mayor, cumpliendo los criterios de diseño especificados en las bases de diseño para cada tipo de cañería.

El primer paso es definir el tipo de cañería a utilizar en cada tramo, luego se establece el diámetro nominal requerido por la cañería, verificando que con el diámetro interno establecido por el tipo de cañería, se cumpla con los siguientes parámetros:

- Variación de presión en función de la distancia
- Velocidad del fluido en la cañería y
- Velocidad de erosión.

Luego, se verifica que las cañerías pudiesen operar a mayores caudales, ya sea un caudal 20% mayor o condiciones más específicas como más bombas en operación de las especificadas, corroborando el cumplimiento de los criterios de diseño especificados en las bases de diseño para cada tipo de cañería.

El primer paso es definir el tipo de cañería a utilizar en cada tramo, luego se establece el diámetro nominal requerido por la cañería, verificando que con el diámetro interno establecido por el tipo de cañería, se cumple con los siguientes parámetros: variación de presión en función de la distancia, velocidad del fluido en la cañería y la velocidad de erosión parea la cañería.

También se especifica la aislación requerida por los diferentes tramos de cañerías.

6. CASOS ESPECIFICOS

Para ciertos casos es necesario implementar un criterio específico para su diseño, tal es el caso de las cañerías de los gases de BOG que van de los tanques al compresor y las que son recirculadas al barco: Estas cañerías son diseñadas para cumplir con la presión de succión del compresor y el barco transportador LNG.

Otro caso es el de las líneas de succión de las bobas de alta, las cuales son diseñadas teniendo el en cuenta el NSPH de dichas bombas, pera así evitar la cavitación de estos equipos.

Otro caso, son drenajes y otras líneas cuyo diseño queda fuera del alcance de este proyecto, para las cuales se utiliza un diámetro acorde a utilizado en la industria para este tipo de líneas.

Tabla 1: Cálculo de cañerías.

P&ID: G1-PR-PI	Numero de Linea	FLUIDO	ESTADO	SERVICIO	CONSIDERACIÓNES			CRITERIO			RESULTADOS UNISIM			ESPESOR	DIÁMETRO		
G1-PR-PI-001	01001	LNG	Liquido	Deacarga de Barco	Caudal diseño/operativo	363200	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	6,19	m/s	0,38	Diametro nominal	36	"
					Caudal verificación	435800	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,101	bar/100m		Diametro interno	35,25	"
					Longitud (10% por accesorios)	1295	m	ρ*v2			ρ	27,49	lbs/ft3		Aialación	CC-180mm	
					Longitud	1177	m				ΔPf Total	1,31	bar		Clase de cañería	AIB	
					Presión inical	2,52	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	1,21	bar		Velocidad de eroción	19,07271987	
G1-PR-PI-001 G1-PR-PI-002 G1-PR-PI-003 G1-PR-PI-004	01010 01020 01030	LNG	Liquido	Entrada a Individual Tanques	Caudal diseño/operativo	363164	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	6,19	m/s	0,38	Diametro nominal	36	"
					Caudal verificación	435800	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,102	bar/100m		Diametro interno	35,25	"
					Longitud (10% por accesorios)	51	m	ρ*v2			ρ	27,49	lbs/ft3		Aialación	CC-180mm	
					Longitud	46	m				ΔPf Total	0,05	bar		Clase de cañería	AIB	
					Presión inical	1,21	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	1,16	bar		Velocidad de eroción	19,07271987	
G1-PR-PI-002 G1-PR-PI-003 G1-PR-PI-004	04001/04003/04005 05001/05003/05005 06001/06003/06005	LNG	Liquido	Descarga Bombas LP	Caudal diseño/operativo	14300	kmol/h	Velocidad	5	m/s	Velocidad	5,10	m/s	0,15	Diametro nominal	8	"
					Caudal verificación	-	kmol/h	ΔPf/100 m	0,35-0,45	bar/100m	ΔPf/100 m	0,425	bar/100m		Diametro interno	7,70	"
					Longitud (10% por accesorios)	44	m	ρ*v2			ρ	25,52	lbs/ft3		Aialación	CC-140mm	
					Longitud	40	m				ΔPf Total	0,19	bar		Clase de cañería	AIB	
					Presión inical	8,52	bar	Verif Presion Shut Off			Presión final	8,33	bar		Velocidad de eroción	19,79518956	
G1-PR-PI-002 G1-PR-PI-003 G1-PR-PI-004 G1-PR-PI-006	01050 02050 03050	LNG	Liquido	Salida Individual de Tanques	Caudal diseño/operativo	28599	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	4,46	m/s	0,18	Diametro nominal	12	"
					Caudal verificación	-	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,199	bar/100m		Diametro interno	11,64	"
					Longitud (10% por accesorios)	51	m	ρ*v2			ρ	25,52	lbs/ft3		Aialación	CC-150mm	
					Longitud	46	m				ΔPf Total	0,10	bar		Clase de cañería	AIB	
					Presión inical	8,33	bar	Verif Presion Shut Off			Presión final	8,23	bar		Velocidad de eroción	19,79518956	
G1-PR-PI-005	15002	LNG	Liquido	LNG Desobrecalentador	Caudal diseño/operativo	15	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	0,58160911	m/s	0,13	Diametro nominal	1	"
					Caudal verificación	18	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,114	bar/100m		Diametro interno	0,73	"
					Longitud (10% por accesorios)	97	m	ρ*v2			ρ	27,44	lbs/ft3		Aialación	CC-100mm	
					Longitud	89	m				ΔPf Total	0,11	bar		Clase de cañería	AIB	
					Presión inical	1,56	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	1,15	bar		Velocidad de eroción	19,09008871	
G1-PR-PI-002 G1-PR-PI-003 G1-PR-PI-004	04002/04004/04006 05002/05004/05006 06002/06004/06006	LNG	Liquido	Recirculación Bombas LP	Caudal diseño/operativo	4329	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	2,78817306	m/s	0,13	Diametro nominal	6	"
					Caudal verificación	5195	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,184	bar/100m		Diametro interno	5,73	"
					Longitud (10% por accesorios)	44	m	ρ*v2			ρ	25,52	lbs/ft3		Aialación	CC-130mm	
					Longitud	40	m				ΔPf Total	0,08	bar		Clase de cañería	AIB	
					Presión inical	8,52	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	1,16	bar		Velocidad de eroción	19,79518956	
G1-PR-PI-006	17006	LNG	Liquido	Colector de Tanques a Bifurcación Recondensador	Caudal diseño/operativo	28599	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	4,46925569	m/s	0,18	Diametro nominal	12	"
					Caudal verificación	486253	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,1987309	bar/100m		Diametro interno	11,64	"
					Longitud (10% por accesorios)	462	m	ρ*v2			ρ	27,48	lbs/ft3		Aialación	CC-150mm	
					Longitud	420	m				ΔPf Total	0,92	bar		Clase de cañería	AIB	
					Presión inical	8,23	bar	Verificación con funcionamiento de una bomba mas 3:2			Presión final	7,31	bar		Velocidad de eroción	19,07618984	
G1-PR-PI-006	17008	LNG	Liquido	Bifucación a Parte Inferior Recondensador	Caudal diseño/operativo	28599	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	4,47058945	m/s	0,18	Diametro nominal	12	"
					Caudal verificación	486253	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,199	bar/100m		Diametro interno	11,64	"
					Longitud (10% por accesorios)	9	m	ρ*v2			ρ	27,48	lbs/ft3		Aialación	CC-150mm	
					Longitud	8	m				ΔPf Total	0,02	bar		Clase de cañería	AIB	
					Presión inical	7,31	bar	Verificación con funcionamiento de una bomba mas 3:2			Presión final	7,00	bar		Velocidad de eroción	19,07618984	
G1-PR-PI-006	17007	LNG	Liquido	Bifurcación a Parte Superior Recondensador	Caudal diseño/operativo	4915	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	3,17054383	m/s	0,13	Diametro nominal	6	"
					Caudal verificación	5898	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,237	bar/100m		Diametro interno	5,73	"
					Longitud (10% por accesorios)	9	m	ρ*v2			ρ	27,48	lbs/ft3		Aialación	CC-130mm	
					Longitud	8	m				ΔPf Total	0,02	bar		Clase de cañería	AIB	
					Presión inical	7,32	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	7,00	bar		Velocidad de eroción	19,07618984	
G1-PR-PI-001 G1-PR-PI-006	17050	LNG	Liquido	Recirculación Brazo de Carga	Caudal diseño/operativo	2556,92893	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	1,67017946	m/s	0,13	Diametro nominal	6	"
					Caudal verificación	3068	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,066	bar/100m		Diametro interno	5,73	"
					Longitud (10% por accesorios)	1255	m	ρ*v2			ρ	27,12	lbs/ft3		Aialación	CC-130mm	
					Longitud	1141	m				ΔPf Total	0,83	bar		Clase de cañería	AIB	
					Presión inical	9,06	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	8,23	bar		Velocidad de eroción	19,20238432	

Tabla 2: Cálculo de cañerías.

P&ID: G1-PR-PI	Numero de Linea	FLUIDO	ESTADO	SERVICIO	CONSIDERACIÓNES			CRITERIO			RESULTADOS UNISIM			ESPESOR	DIÁMETRO	
G1-PR-PI-006	17009	LNG	Liquido	Salida de Recondensador	Caudal diseño/operativo	29452,78371	kmol/h	ANPA Requerido	0,52	m	Velocidad	2,58796625	m/s	0,19	Diametro nominal	16 "
					Caudal verificación	11546	kmol/h	ANPA Disponible	1,52	m	ΔPf/100 m	0,0469	bar/100m		Diametro interno	15,62 "
					Longitud diseño	10	m				ρ	27,12	lbs/ft3		Aialación	CC-155
					Longitud	9	m				ΔPf Total	0,00	bar		Clase de cañería	AIB
					Presión inical	7,000	bar	Verificación con funcionamiento de una bomba mas 3:2			Presión final	7,00	bar		Velocidad de eroción	74,54268371
G1-PR-PI-006 G1-PR-PI-007	17010	LNG	Liquido	Union Bypass y Salida de Recondensador	Caudal diseño/operativo	29452,78371	kmol/h	ANPA Requerido	0,52	m	Velocidad	2,58796625	m/s	0,19	Diametro nominal	16 "
					Caudal verificación	11546	kmol/h	ANPA Disponible	1,52	m	ΔPf/100 m	0,0469	bar/100m		Diametro interno	15,62 "
					Longitud diseño	91	m				ρ	27,12	lbs/ft3		Aialación	CC-155
					Longitud	91	m				ΔPf Total	0,04	bar		Clase de cañería	AIB
					Presión inical	7,00	bar	Verificación con funcionamiento de una bomba mas 3:2			Presión final	6,95	bar		Velocidad de eroción	74,54268371
G1-PR-PI-007	07001 08001 09001 10001	LNG	Liquido	Linea Individual Alimentación Bombas HP	Caudal diseño/operativo	9621,7	kmol/h	ANPA Requerido	0,52	m	Velocidad	3,47912706	m/s	0,15	Diametro nominal	8 "
					Caudal verificación	11782	kmol/h	ANPA Disponible	1,52	m	ΔPf/100 m	0,1963	bar/100m		Diametro interno	7,70 "
					Longitud diseño	8,66	m				ρ	27,12	lbs/ft3		Aialación	CC-140mm
					Longitud	8,66	m				ΔPf Total	0,02	bar		Clase de cañería	AIB
					Presión inical	6,953	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	6,936	bar		Velocidad de eroción	100,2113023
G1-PR-PI-007	07002 08002 09002 10002	LNG	Liquido	Salida Bombas HP	Caudal diseño/operativo	9621,7	kmol/h	Velocidad	5	m/s	Velocidad	4,42831577	m/s	0,59	Diametro nominal	8 "
					Caudal verificación		kmol/h	ΔPf/100 m	0,35-0,45	bar/100m	ΔPf/100 m	0,3679	bar/100m		Diametro interno	6,81 "
					Longitud (10% por accesorios)	4,80	m	ρ*v2	-		ρ	27,25	lbs/ft3		Aialación	CC-140mm
					Longitud	4	m				ΔPf Total	0,02	bar		Clase de cañería	AIA
					Presión inical	92,970	bar	Selección de Clase de cañería acorde al la presion de Shut Off			Presión final	92,952	bar		Velocidad de eroción	127,2467172
G1-PR-PI-007	07003 08003 09003 10003	LNG	Liquido	Salida Reciculación Bombas HP	Caudal diseño/operativo	2887	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	2,58808884	m/s	0,56	Diametro nominal	6 "
					Caudal verificación	3463,9	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,19073	bar/100m		Diametro interno	4,88 "
					Longitud (10% por accesorios)	11,00	m	ρ*v2	-		ρ	27,25	lbs/ft3		Aialación	CC-130mm
					Longitud	10,000	m				ΔPf Total	0,02	bar		Clase de cañería	AIA
					Presión inical	92,952	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	92,931	bar		Velocidad de eroción	74,3646629
G1-PR-PI-007	01006	LNG	Liquido	Colector Recirculación Bombas HP	Caudal diseño/operativo	2887	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	1,32868045	m/s	0,59	Diametro nominal	8 "
					Caudal verificación	8660	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,03	bar/100m		Diametro interno	6,81 "
					Longitud (10% por accesorios)	565,40	m	ρ*v2	-		ρ	27,25	lbs/ft3		Aialación	CC-140mm
					Longitud	514	m				ΔPf Total	0,19	bar		Clase de cañería	AIA
					Presión inical	92,931	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	92,737	bar		Velocidad de eroción	2812,70679
G1-PR-PI-002 G1-PR-PI-003 G1-PR-PI-004 G1-PR-PI-007	01060 02060 03060	LNG	Liquido	Recirculación a Tanques Bombas HP	Caudal diseño/operativo	2887	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	2,58808884	m/s	0,56	Diametro nominal	6 "
					Caudal verificación	3463,9	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,19073	bar/100m		Diametro interno	4,88 "
					Longitud (10% por accesorios)	50,60	m	ρ*v2	-		ρ	27,25	lbs/ft3		Aialación	CC-130mm
					Longitud	46	m				ΔPf Total	0,10	bar		Clase de cañería	AIA
					Presión inical	92,737	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	1,163	bar		Velocidad de eroción	127,2467172
G1-PR-PI-007 G1-PR-PI-008	10100	LNG	Liquido	Colector Bomhas HP a Colector ORV	Caudal diseño/operativo	28865,03	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	4,19401955	m/s	0,94	Diametro nominal	14 "
					Caudal verificación	38486,7	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,1651	bar/100m		Diametro interno	12,12 "
					Longitud (10% por accesorios)	235,80	m	ρ*v2	-		ρ	27,25	lbs/ft3		Aialación	PP-155mm
					Longitud	214	m				ΔPf Total	0,39	bar		Clase de cañería	AIA
					Presión inical	#¡REF!	bar	Verificación con funcionamiento de una bomba mas 4:3			Presión final	92,355	bar		Velocidad de eroción	74,36818562
G1-PR-PI-008	11010 12010 13010 14010	LNG	Liquido	Entrada a Individual ORV	Caudal diseño/operativo	9621,68	kmol/h	Velocidad	2-7	m/s	Velocidad	2,79971173	m/s	0,72	Diametro nominal	10 "
					Caudal verificación	12829	kmol/h	ΔPf/100 m	0,09-0,3	bar/100m	ΔPf/100 m	0,1129	bar/100m		Diametro interno	8,56 "
					Longitud (10% por accesorios)	4,80	m	ρ*v2	-		ρ	27,28	lbs/ft3		Aialación	PP-145mm
					Longitud	4	m				ΔPf Total	0,01	bar		Clase de cañería	AIA
					Presión inical	92,355	bar	Verificación con funcionamiento de una bomba mas 4:3			Presión final	82,35	bar		Velocidad de eroción	120,4479815
G1-PR-PI-005	16003 16005	BOG	Gas	Surge del Compresor	Caudal diseño/operativo	237,81	kmol/h	Velocidad	10	m/s	Velocidad	9,742172	m/s	0,13	Diametro nominal	6 "
					Caudal verificación		kmol/h	ΔPf/100 m	0,01-0,045	bar/100m	ΔPf/100 m	0,0347	bar/100m		Diametro interno	5,73 "
					Longitud (10% por accesorios)	11	m	ρ*v2	3000		ρ*v2	637,080319			Aialación	CC-130mm
					Longitud	10	m				ΔPf Total	0,00	bar		Clase de cañería	AIB
					Presión inical	7,396	bar				Presión final	1,137	bar		Velocidad de eroción	57,89618634

Tabla 3: Cálculo de cañerías.

P&ID: G1-PR-PI	Numero de Linea	FLUIDO	ESTADO	SERVICIO	CONSIDERACIÓNES			CRITERIO			RESULTADOS UNISIM			ESPESOR	DIÁMETRO	
G1-PR-PI-005	16002 16004	BOG	Gas	Descarga Compresor a Recondensador	Caudal diseño/operativo	792,6799445	kmol/h	Velocidad	15,2	m/s	Velocidad	17,9661406	m/s	0,15	Diametro nominal	8 "
					Caudal verificación		kmol/h	ΔPf/100 m	0,4-0,11	bar/100m	ΔPf/100 m	0,0811	bar/100m		Diametro interno	7,70 "
					Longitud (10% por accesorios)	413	m	ρ*v2	6000		ρ*v2	2168,64637			Aialación	CC-140mm
					Longitud	376	m				ΔPf Total	0,34	bar		Clase de cañería	AIB
					Presión inical	7,396	bar	Se diseño con el caudal máximo no es necesario verificar			Presión final	7,060	bar		Velocidad de eroción	57,8697601
G1-PR-PI-005	15005	BOG	Gas	Scrubber a Compresor	Caudal diseño/operativo	793,0169335	kmol/h	Velocidad		m/s	Velocidad	7,5220836	m/s	0,5	Diametro nominal	24 "
					Caudal verificación	-	kmol/h	ΔPf/100 m		bar/100m	ΔPf/100 m	0,0011	bar/100m		Diametro interno	23,00 "
					Longitud (10% por accesorios)	46	m	ρ*v2			ρ*v2	101,76487			Aialación	CC-170mm
					Longitud	42	m				ΔPf Total	0,00	bar		Clase de cañería	AIB
					Presión inical	1,138	bar	Se diseño con el caudal máximo no es necesario verificar			Presión final	1,137	bar		Velocidad de eroción	111,8485799
G1-PR-PI-005	15001	BOG	Gas	Colector BOG a Scrubber	Caudal diseño/operativo	793,0169335	kmol/h	Velocidad		m/s	Velocidad	6,52846287	m/s	0,5	Diametro nominal	24 "
					Caudal verificación	-	kmol/h	ΔPf/100 m		bar/100m	ΔPf/100 m	0,0010	bar/100m		Diametro interno	23,00 "
					Longitud (10% por accesorios)	226	m	ρ*v2			ρ*v2	88,3599079			Aialación	CC-170mm
					Longitud	205	m				ΔPf Total	0,00	bar		Clase de cañería	AIB
					Presión inical	1,148	bar	Se diseño con el caudal máximo no es necesario verificar			Presión final	1,146	bar		Velocidad de eroción	104,1776533
G1-PR-PI-002 G1-PR-PI-003 G1-PR-PI-004 G1-PR-PI-005	01020 02020 03020	BOG	Gas	Salida Individual BOG a Scrubber	Caudal diseño/operativo	600,6296471	kmol/h	Velocidad		m/s	Velocidad	6,52846287	m/s	0,5	Diametro nominal	24 "
					Caudal verificación	-	kmol/h	ΔPf/100 m		bar/100m	ΔPf/100 m	0,0010	bar/100m		Diametro interno	23,00 "
					Longitud (10% por accesorios)	51	m	ρ*v2			ρ*v2	88,3599079			Aialación	CC-170mm
					Longitud	46	m				ΔPf Total	0,00	bar		Clase de cañería	AIB
					Presión inical	1,149	bar	Se diseño con el caudal máximo no es necesario verificar			Presión final	1,148	bar		Velocidad de eroción	104,1776533
G1-PR-PI-002 G1-PR-PI-003 G1-PR-PI-004	01010 02010 03010	BOG	Gas	Salida Individual BOG Tanques	Caudal diseño/operativo	1877,544475	kmol/h	Velocidad		m/s	Velocidad	14,3222841	m/s	0,5	Diametro nominal	24 "
					Caudal verificación	-	kmol/h	ΔPf/100 m		bar/100m	ΔPf/100 m	0,0047	bar/100m		Diametro interno	23,00 "
					Longitud (10% por accesorios)	51	m	ρ*v2			ρ*v2	458,948942			Aialación	CC-170mm
					Longitud	46	m				ΔPf Total	0,00	bar		Clase de cañería	AIB
					Presión inical	1,220	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	1,218	bar		Velocidad de eroción	100,2816237
G1-PR-PI-002 G1-PR-PI-003 G1-PR-PI-004	01040 02040 03040	BOG	Gas	Linea Individual BOG a Barco	Caudal diseño/operativo	1276,914828	kmol/h	Velocidad		m/s	Velocidad	9,80570892	m/s	0,5	Diametro nominal	24 "
					Caudal verificación	1532	kmol/h	ΔPf/100 m		bar/100m	ΔPf/100 m	0,0022	bar/100m		Diametro interno	23,00 "
					Longitud (10% por accesorios)	51	m	ρ*v2			ρ*v2	213,699144			Aialación	CC-170mm
					Longitud	46	m				ΔPf Total	0,00	bar		Clase de cañería	AIB
					Presión inical	1,218	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	1,217	bar		Velocidad de eroción	100,616421
G1-PR-PI-001	01002	BOG	Gas	Colector BOG a Barco	Caudal diseño/operativo	1276,914828	kmol/h	Velocidad		m/s	Velocidad	10,2821193	m/s	0,5	Diametro nominal	24 "
					Caudal verificación	1532	kmol/h	ΔPf/100 m		bar/100m	ΔPf/100 m	0,0023	bar/100m		Diametro interno	23,00 "
					Longitud (10% por accesorios)	1615	m	ρ*v2			ρ*v2	224,081718			Aialación	CC-170mm
					Longitud	1468	m				ΔPf Total	0,04	bar		Clase de cañería	AIB
					Presión inical	1,217	bar	Caudal 20% más grande al caudal operativo			Presión final	1,179	bar		Velocidad de eroción	103,0316575
G1-PR-PI-008	11001 12001 13001 14001	NG	Gas	Salida Individual ORV	Caudal diseño/operativo	9621,68	kmol/h	Velocidad	25	m/s	Velocidad	8,41285573	m/s	0,41	Diametro nominal	12 "
					Caudal verificación	12828	kmol/h	ΔPf/100 m	0,11-0,27	bar/100m	ΔPf/100 m	0,1142	bar/100m		Diametro interno	11,94 "
					Longitud (10% por accesorios)	25,34	m	ρ*v2	15000		ρ*v2	5289,29			Aialación	B-0mm
					Longitud	23	m				ΔPf Total	0,03	bar		Clase de cañería	ACA
					Presión inical	82,057	bar	ncionamiento de una bomba mas 4:3			Presión final	82,028	bar		Velocidad de eroción	17,35146697
G1-PR-PI-008	12345	NG	Gas	A Gasoducto	Caudal diseño/operativo	28865	kmol/h	Velocidad	25	m/s	Velocidad	12,7005592	m/s	0,56	Diametro nominal	18 "
					Caudal verificación	38493	kmol/h	ΔPf/100 m	0,11-0,27	bar/100m	ΔPf/100 m	0,1707	bar/100m		Diametro interno	16,88 "
					Longitud (10% por accesorios)	475	m	ρ*v2	15000	kg/m s2	ρ*v2	11985,64	kg/m s2		Aialación	B-0mm
					Longitud	432	m				ΔPf Total	0,81	bar		Clase de cañería	ACA
					Presión inical	82,028	bar	Verificación con funcionamiento de una bomba mas 4:3			Presión final	81,01	bar		Velocidad de eroción	17,40137086

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	VAM	ARC	MAC
A	EMISION PARA COMENTARIOS	15/07/2020	VAM	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.

ITBA

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

MEMORIA DE CÁLCULO BOMBAS DE BAJA PRESIÓN

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-PR-MC-002**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 9

ÍNDICE

2. ALCANCE.....3

3. REFERENCIAS.....3

4. NORMALIZACIÓN DE CURVAS 4

4.1 CURVAS DE LA BOMBA.....4

5. CRITERIOS PARA EL DISEÑO 6

6. POSICIÓN RELATIVA DE LAS BOMBAS EN EL TANQUE.....8

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es detallar los criterios adoptados para el diseño y dimensionamiento de las bombas de baja presión ubicadas en los tanques de almacenamiento de la planta de revaporización de LNG, Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

2. ALCANCE

El alcance de este documento abarca el diseño de las siguientes bombas, las cuales tienen como función bombear el LNG desde los tanques de almacenamiento hacia el recondensador.

Tabla 1: Identificación de las Bombas de Baja Presión.

TAG	Descripción
LP-004A/B/C	Bombas de Baja Presión de Tanque de Almacenamiento TKA-001
LP-005A/B/C	Bombas de Baja Presión de Tanque de Almacenamiento TKA-002
LP-006A/B/C	Bombas de Baja Presión de Tanque de Almacenamiento TKA-003

3. REFERENCIAS

Se hizo uso de los siguientes documentos para la realización de las memorias de cálculo:

- G1-GE-BD-001 Bases de Diseño.
- G1-GE-LO-001 LayOut.
- G1-PR-PI-002/003/004 Diagramas P & ID: Tanques de Almacenamiento TKA-001/002/003.
- G1-PR-MC-001 Memoria de Cálculo de Líneas.
- ANSI/HI 9.6.1 - 2012; Hydraulic Institute; American National Standard for Rotodynamic Pumps: Guideline for NPSH Margin.
- ANSI/HI 9.8 - 2012; Hydraulic Institute; American National Standard for Rotodynamic Pump: for Pump Intake Design.
- G1-PR-BME-001 Balance de Masa y Energía.

4. NORMALIZACIÓN DE CURVAS

Frente a la dificultad de encontrar proveedores de estos equipos, ya que se trata de bombas muy específicas, a partir de la bomba de baja presión utilizada en la planta de referencia, se normaliza la curva de la misma tal de hallar una curva equivalente a la bomba ya existente. Los pasos seguidos en este proceso fueron los siguientes:

1. A partir de los datos de la curva de la bomba ya existente, se le asigna el 100% a su caudal rated, a su altura desarrollada y a su eficiencia.
2. Se normaliza la curva de la misma obteniendo una curva de porcentajes, la cual funciona como una "curva universal"[1] para bombas de baja presión.
3. Tomando como base la curva normalizada, se genera la "curva estimada" de la bomba de baja presión, se ajusta a los datos del proceso, considerando el caudal rated y la altura diferencial deseada para el caudal rated utilizado en el proyecto.

De esta manera, se obtienen las curvas aproximadas de las bombas.

4.1 CURVAS DE LA BOMBA

A partir de los datos obtenidos en la normalización de las curvas, se generaron las curvas estimadas de las bombas de baja presión utilizadas. A continuación se muestran los mismos.

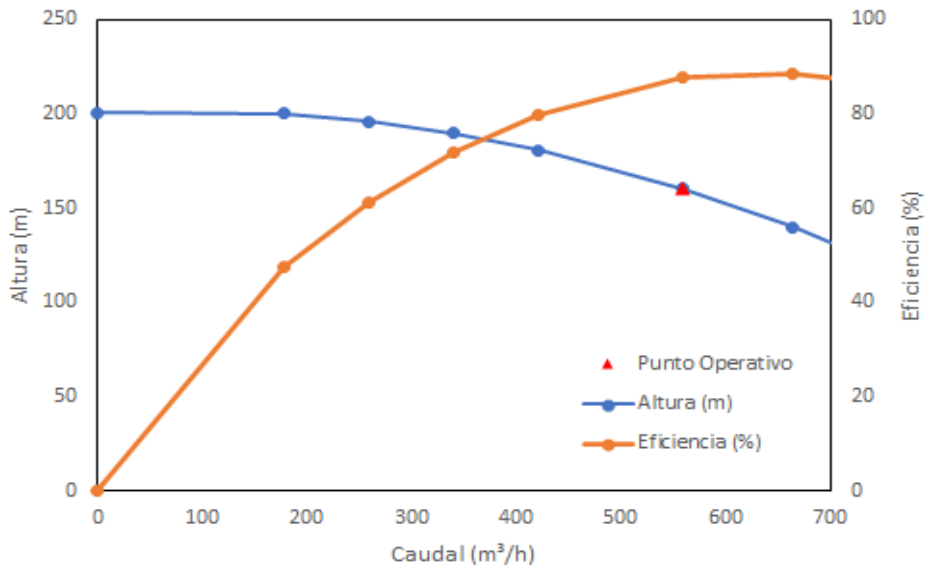


Figura 1: Curva de una bomba de baja presión, considerando la altura desarrollada y la eficiencia en función al caudal. Se puede ver en la misma el punto operativo al cual presenta una alta eficiencia.

[1] Se trata de una "curva universal" estimada ya que no surge del promedio de muchas bombas de baja presión, sino que de una única bomba existente. Por lo tanto, se toma como hipótesis simplificativa que todas las bombas de baja presión se comportan de igual manera, sin cambios significativos en su performance.

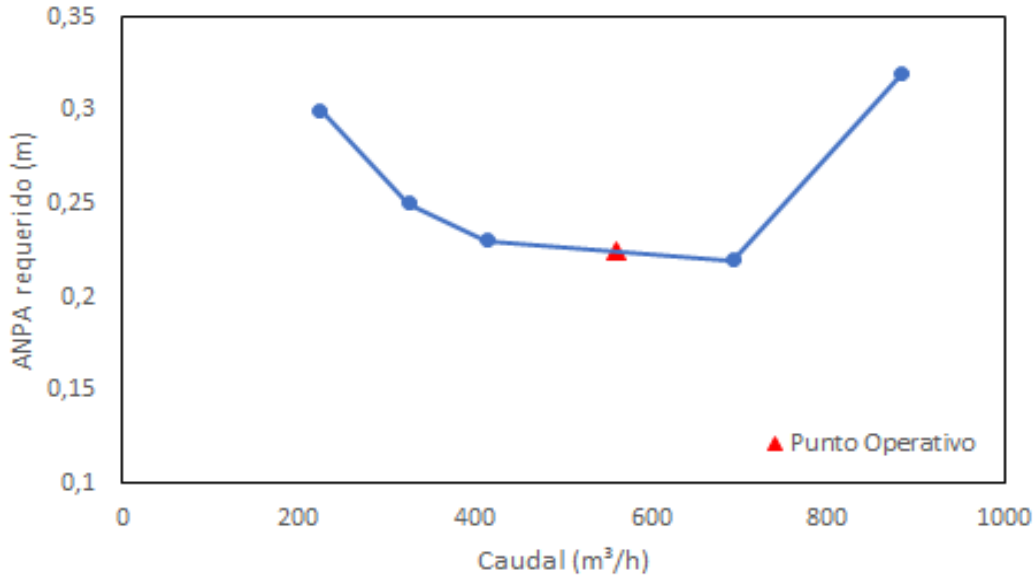


Figura 2: ANPA requerido por la bomba de baja presión en función del caudal operativo.

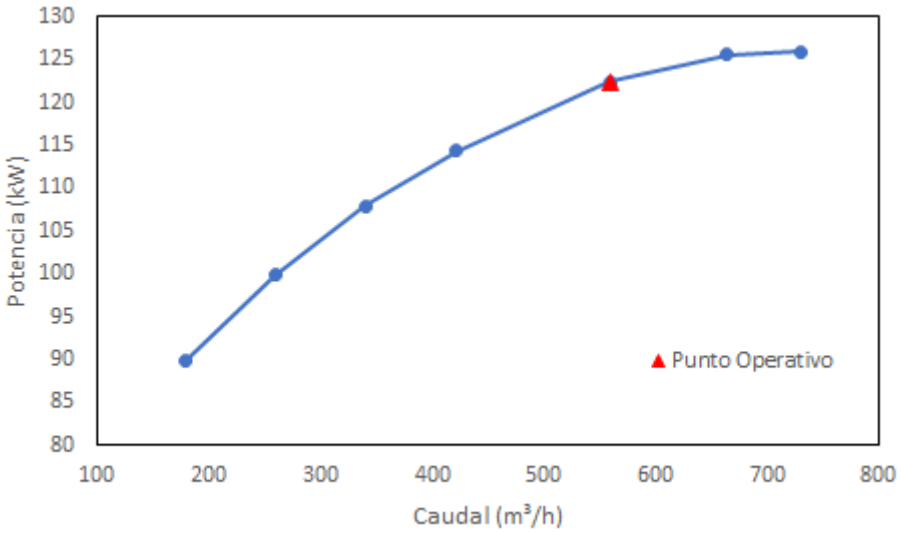


Figura 3: Potencia desarrollada por la bomba de baja presión en función del caudal operativo.

5. CRITERIOS PARA EL DISEÑO

Al tratarse de bombas sumergidas, las mismas cuentan con dos exigencias para su correcto funcionamiento: el ANPA requerido y la altura de sumergencia requerida.

El primero de ellos, presente en todas las bombas, representa la altura necesaria en la succión tal de evitar que la bomba cavite al succionar el fluido.

El segundo nombrado, representa la altura necesaria de columna de líquido por encima de la cavidad de succión para evitar vórtices y consecuentemente succión de vapores. En este caso, también se habla de cavitación ya que los vapores que pueden ser succionados son producto del mismo líquido procesado.

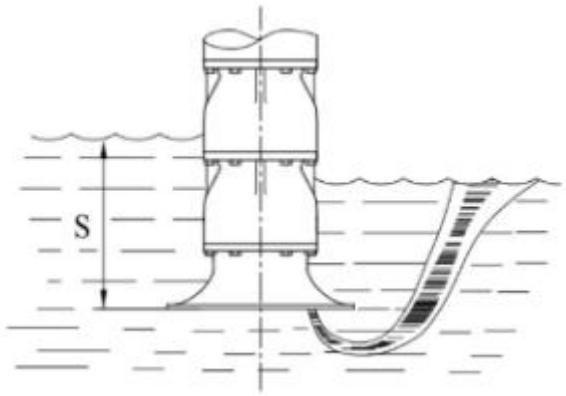


Figura 4: Representación gráfica del fenómeno de cavitación por sumergencia. En la imágen se puede ver el vórtice provocado por el defecto altura de columna de líquido, produciendo que la bomba succione vapor.

La altura de sumergencia puede ser tanto calculada como definida experimentalmente. Se calcula según la siguiente fórmula:

$$\frac{S}{D} = 1{,}0 + 2{,}3F_D \tag{1}$$

siendo:

$$F_D = \frac{V}{(g.D)^{0{,}5}} \tag{2}$$

donde

- S: altura de sumergencia necesaria.
- D: diámetro exterior de la cavidad de succión de la bomba.
- Fd: número de Froude, el cual se calcula según
- g: gravedad.
- V: velocidad promedio en la cavidad de succión.

Frente a la presencia de tres criterios para el diseño, se realiza un gráfico para analizar, dentro del rango de caudales operativos, qué condición resulta más exigente para llevar a cabo el mismo.

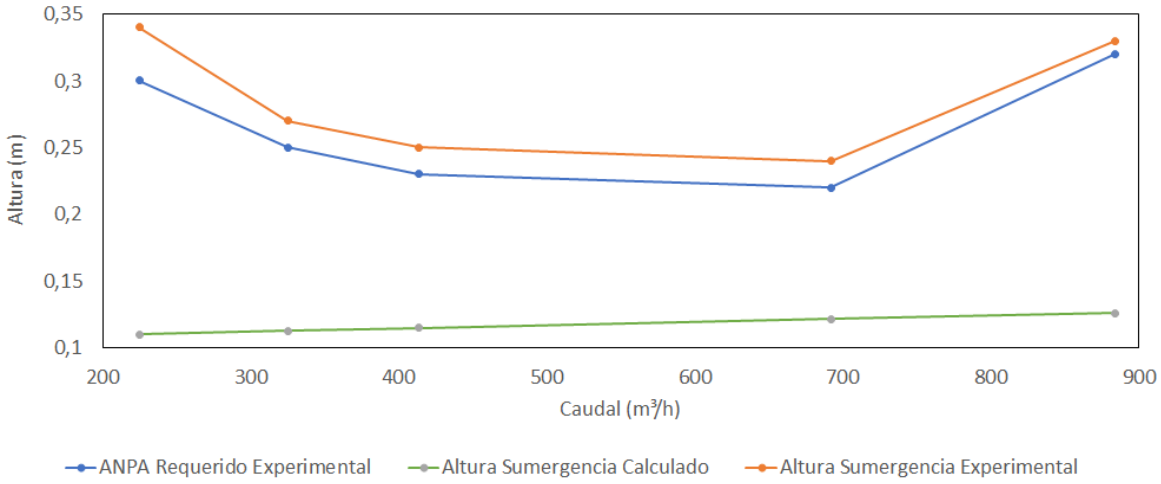


Figura 5: Gráfico representativo de ANPA requerido y altura de sumergencia requerida (experimental y calculada) en función del caudal procesado.

Como se puede observar en la curva anterior, la altura de sumergencia experimental resulta ser mayor que el ANPA requerido y que la altura de sumergencia calculada para todo el rango de caudales. Es por ello que se diseña teniendo en cuenta este valor, tomando el máximo valor de la sumergencia requerida experimental y aplicando un margen para abordar un diseño más conservativo.

Sabiendo que la altura de sumergencia requerida experimentalmente resulta ser de 0,34 m, y tomando un margen de 0,16 m, la altura final de sumergencia requerida resulta en 0,5 m.

Este valor será tenido en cuenta en el diseño de tanques de almacenamiento, ya que la alarma de muy bajo nivel deberá tener como mínimo dicho valor requerido por las bombas de baja presión.

6. POSICIÓN RELATIVA DE LAS BOMBAS EN EL TANQUE

Según el Instituto Hidráulico, las bombas de baja presión deben estar separadas por cierta distancia tal que la operación de una de las bombas no afecte la performance de la bomba adyacente. Si las mismas no cumplen con esta recomendación, la operación de las mismas podría desestabilizarse por la turbulencia generada, por ejemplo, se podrían ocasionar vórtices permitiendo que las mismas succionen vapores de LNG.

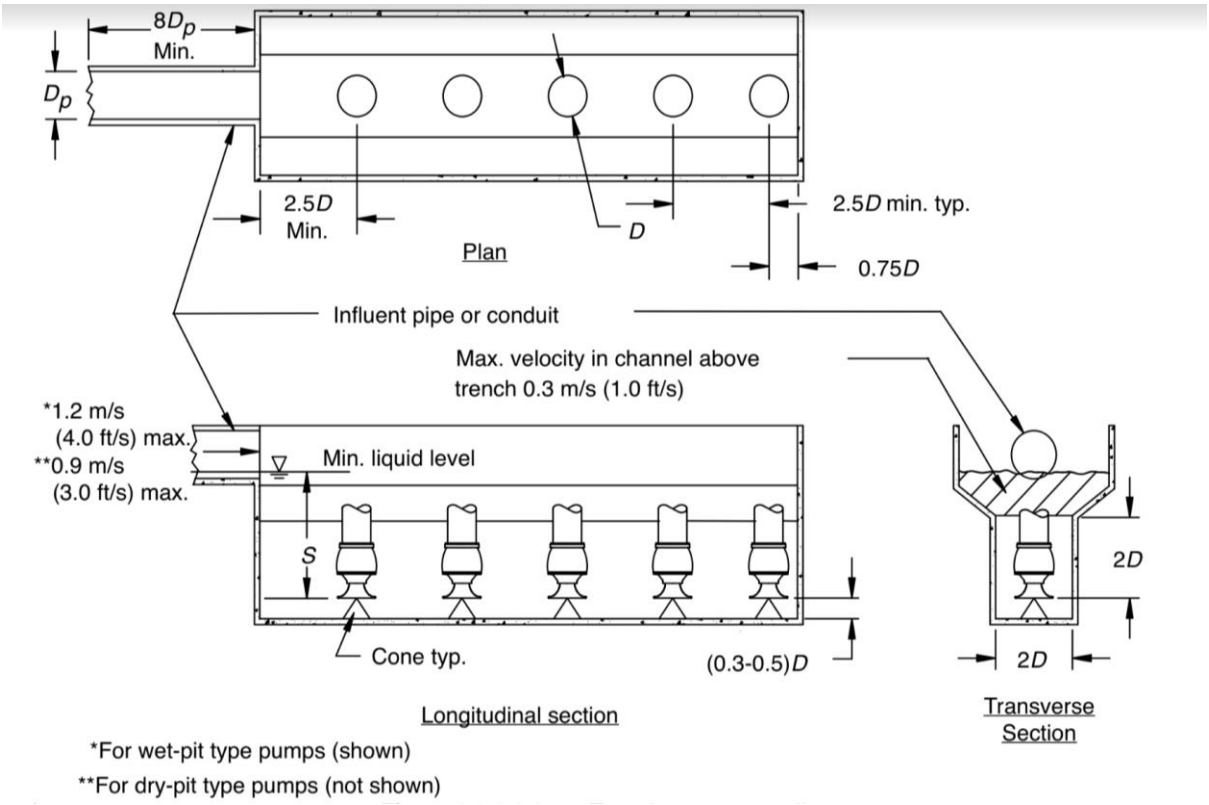


Figura 6: Guía representativa de la distancia mínima entre bombas de baja presión según el Instituto Hidráulico.

Como se puede apreciar en la figura anterior, el Instituto Hidráulico recomienda una distancia mínima de 2,5 diámetros entre bombas. Siendo el diámetro de las mismas igual a 1050 mm, esto arroja una distancia mínima de 2525 mm.

Con respecto a la altura de la cavidad de succión de las bombas de baja presión con respecto al piso del tanque, la distancia recomendada depende de qué tan sucio sea el fluido procesado. En la siguiente imágen se pueden ver las recomendaciones del Instituto Hidráulico.

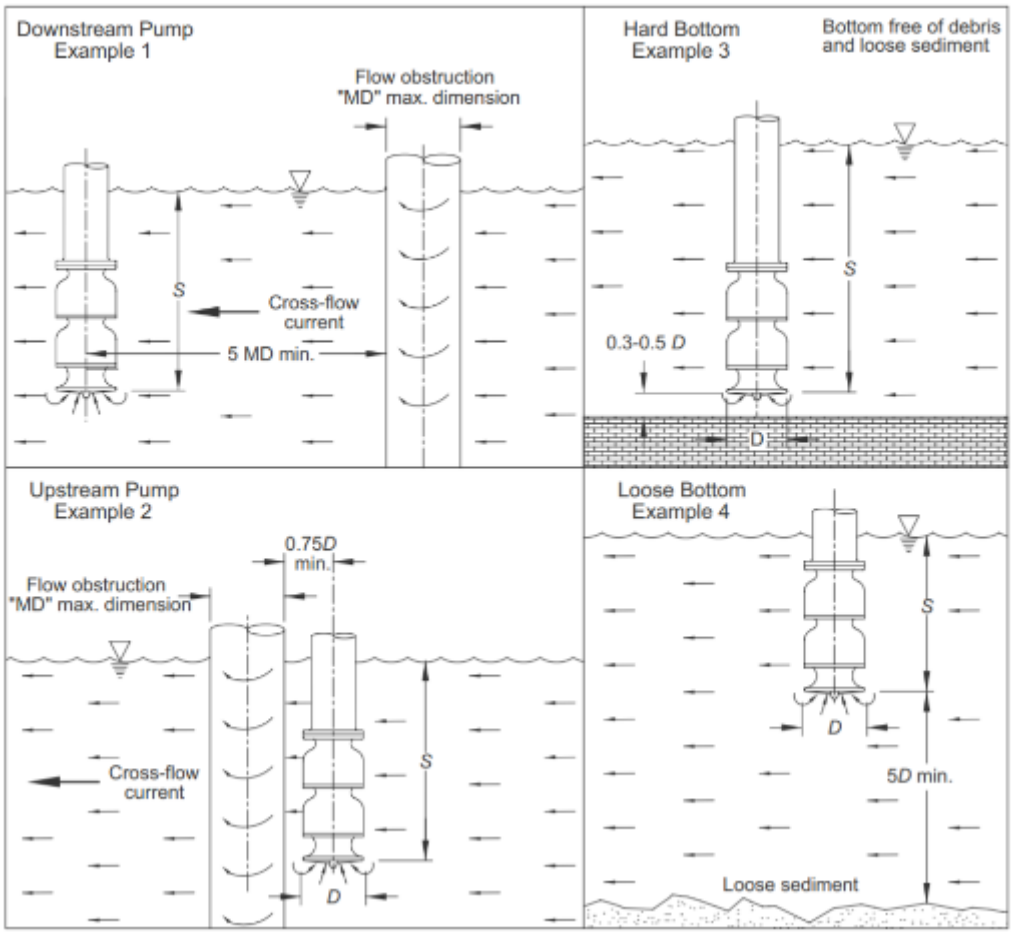


Figura 7: Guía representativa de la altura necesaria de líquido por debajo de la cavidad de succión de las bombas de baja presión según el Instituto Hidráulico.

En este caso, se trata de un líquido limpio, libre de presencia de sólidos, por lo que la distancia queda definida por la imagen superior derecha, equivalente a (0,3-0,5)D. Tomando el promedio del rango, la distancia equivalente sería 0,4D. Siendo el diámetro de cada bomba igual a 1050 mm, el cálculo arroja una altura de la cavidad de succión de las bombas respecto al piso del tanque de 420 mm.

Haciendo referencia nuevamente al diseño de alarmas de los tanques de almacenamiento, la altura de la alarma de muy bajo nivel, ahora deberá tener como mínimo la suma de 0,5 m, definidos por la altura mínima de sumergencia, y 0,42 m, definido por la altura de la cavidad de succión, arrojando un valor final mínimo de 0,92 m para esta alarma.

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	VAM	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/07/2020	VAM	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

MEMORIA DE CÁLCULO DE BOMBAS DE ALTA PRESIÓN

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-PR-MC-003**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 15

ÍNDICE

1. OBJETIVO 3
2. ALCANCE 3
3. REFERENCIAS 3
4. NORMALIZACION DE CURVAS 3
   4.1 CURVAS DE LA BOMBA 4
5. CRITERIOS PARA EL DISEÑO 5
   5.1 BALANCE MECÁNICO TRAMO 1 7
   5.2 BALANCE MECÁNICO TRAMO 2 11
   5.3 VERFICACIÓN DE ANPA REQUERIDO DE LÍNEA DE BYPASS DE RECONDENSADOR 14
      5.3.1 BALANCE MECÁNICO TRAMO 1 14
      5.3.2 BALANCE MECÁNICO TRAMO 2 15

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es detallar los criterios adoptados para el diseño y dimensionamiento de las bombas de alta presión ubicadas en la planta de revaporización de LNG, Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

2. ALCANCE

El alcance de este documento abarca el diseño de las bombas listadas a continuación, las cuales tienen como función bombear el LNG desde el recondensador hacia los evaporadores.

Tabla 1: Identificación de las Bombas de Alta Presión.

TAG	Descripción
HP-P-007	Bomba de Alta Presión
HP-P-008	Bomba de Alta Presión
HP-P-009	Bomba de Alta Presión
HP-P-010	Bomba de Alta Presión

3. REFERENCIAS

Se hizo uso de los siguientes documentos para la realización de las memorias de cálculo:

- G1-GE-BD-001 Bases de Diseño.
- G1-GE-LO-001 LayOut.
- G1-PR-PI-007 Diagramas P & ID: Bombas de Alta Presión HP P-007/008/009/010.
- G1-PR-MC-001 Memoria de Cálculo de Líneas.
- ANSI/HI 9.6.1 - 2012; Hydraulic Institute; American National Standard for Rotodynamic Pumps: Guideline for NPSH Margin.
- ANSI/HI 9.8 - 2012; Hydraulic Institute; American National Standard for Rotodynamic Pump: for Pump Intake Design.
- G1-PR-BME-001 Balance de Masa y Energía.

4. NORMALIZACION DE CURVAS

Frente a la dificultad de localizar proveedores de estos equipos, ya que se trata de bombas muy específicas, a partir de la bomba de alta presión utilizada en la planta de referencia, se normaliza la curva de la misma tal de hallar una curva equivalente a la bomba ya existente. Los pasos seguidos en este proceso fueron los siguientes:

1. A partir de los datos de la curva de la bomba ya existente, se le asigna el 100% a su caudal rated, a su altura desarrollada y a su eficiencia.
2. Se normaliza la curva de la misma obteniendo una curva de porcentajes, la cual funciona como una "curva universal"[1] para bombas de alta presión.
3. Tomando como base la curva normalizada, se genera la "curva estimada" de la bomba de alta presión, se ajusta a los datos del proceso, considerando el caudal rated y la altura diferencial deseada para el caudal rated utilizado en el proyecto.

De esta manera, se obtienen las curvas aproximadas de las bombas.

4.1 CURVAS DE LA BOMBA

A partir de los datos obtenidos en la normalización de las curvas, se generaron las curvas estimadas de las bombas de baja presión utilizadas. A continuación, se muestran los mismos.

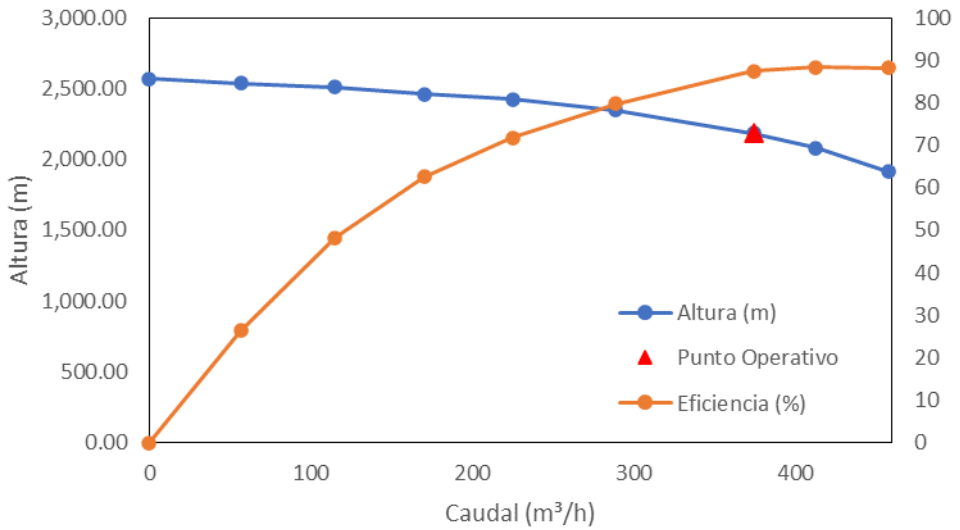


Figura 1: Curva de una bomba de alta presión, considerando la altura desarrollada y la eficiencia en función al caudal. Se puede ver en la misma el punto operativo el cual presenta una alta eficiencia.

[1] Se trata de una "curva universal" estimada ya que no surge del promedio de muchas bombas de alta presión, sino que de una única bomba existente. Por lo tanto, se toma como hipótesis simplificativa que todas las bombas de baja presión se comportan de igual manera, sin cambios significativos en su performance.

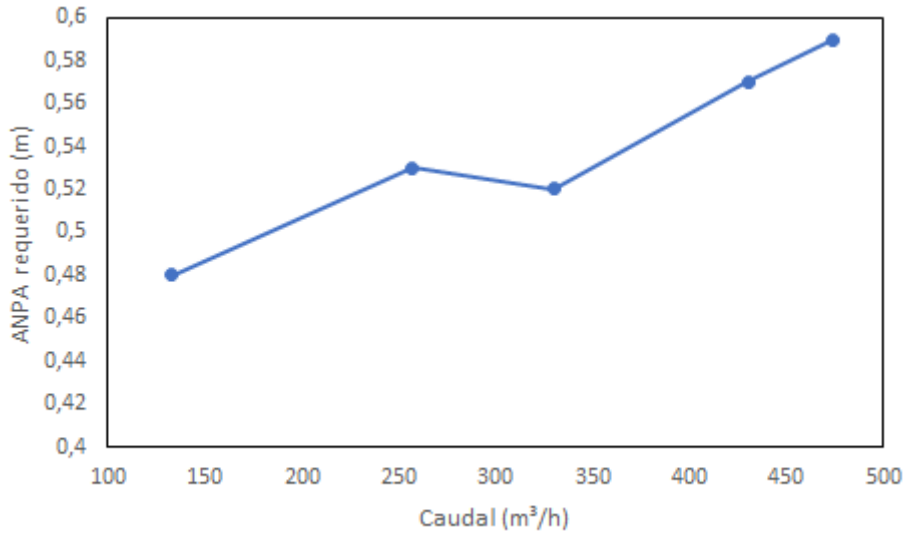


Figura 2: ANPA requerido por la bomba de alta presión en función del caudal operativo.

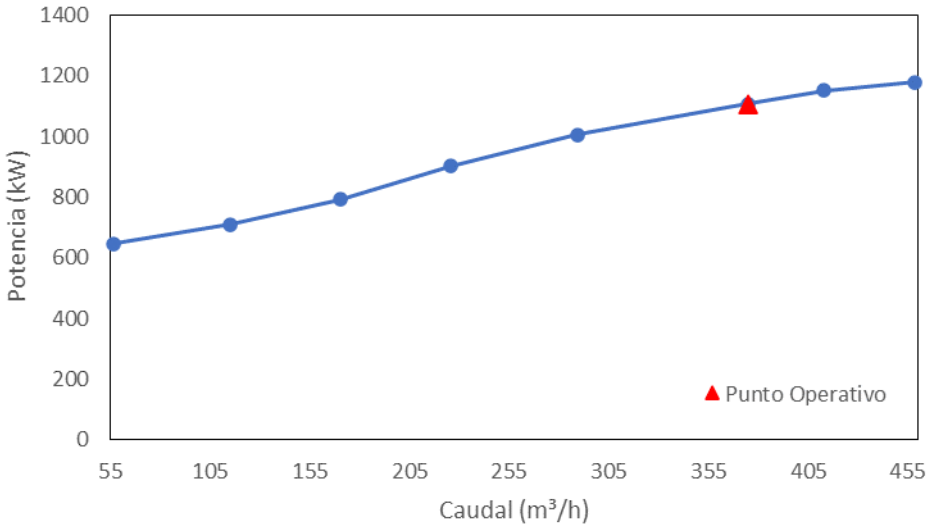


Figura 3: Potencia desarrollada por la bomba de alta presión en función del caudal operativo.

5. CRITERIOS PARA EL DISEÑO

Las bombas de alta presión funcionan sumergidas en un barril lleno de LNG. Para el diseño de las mismas no se tiene en cuenta la altura de sumergencia requerida, ya que este parámetro está incluido en el diseño del barril, el cual se encuentra fuera del alcance de este proyecto.

El criterio utilizado para el diseño se obtiene de la siguiente tabla. Los datos se encuentran referenciados a una operación de 50 Hz de frecuencia y los valores de ANPA requerido están expresados con respecto a la entrada al barril de la bomba N1 (Figura 4).

Tabla 2: Identificación de las Bombas de Alta Presión.

Caudal (m3/h)	*ANPA Requerido (m)*
133	***0,48***
257	***0,53***
330	***0,52***
430	***0,57***
474	***0,59***

Se toma el máximo valor de ANPA requerido observado para realizar un diseño más conservativo, arrojando un valor de 0,59 m.

Para hallar el ANPA disponible, considerando la geometría del sistema se realiza el balance de energía mecánica Bernoulli entre los siguientes puntos: la altura de LNG del fondo del recondensador y la succión de las bombas de alta presión. Ya que existe un cambio de sección transversal debido a la diferencia de diámetros entre el colector de succión de dichas bombas y sus entradas individuales, se realizan los balances por separado.

En resumen, los tramos incluyen los siguientes trayectos:

1. Desde la altura de líquido del fondo del recondensador hasta la finalización de la línea colectora de succión de las bombas de alta presión.
2. Desde la finalización de la colectora de succión de las bombas de alta presión hasta la entrada individual del barril de cada una de ellas.

Para cada uno de los balances se considera la condición operativa normal de la planta. La geometría utilizada se representa en la siguiente imagen:

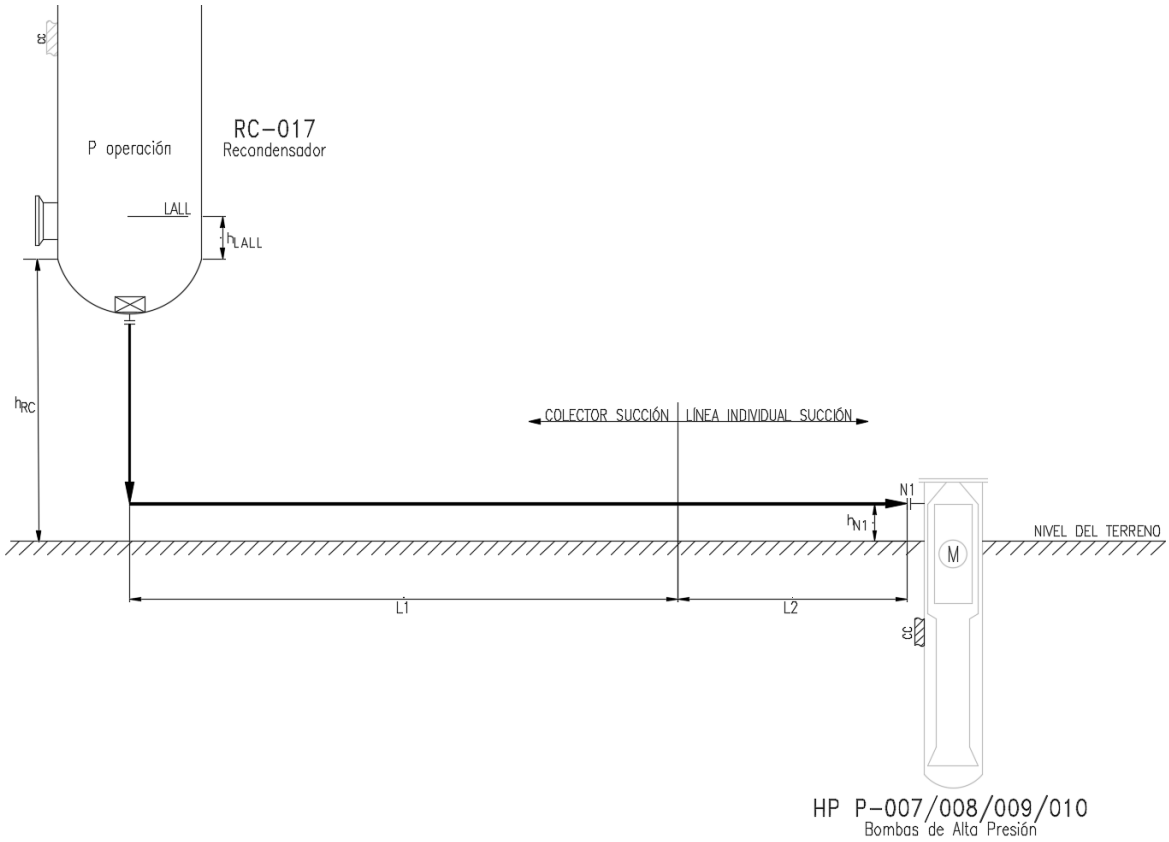


Figura 4: Diagrama representativo de la geometría utilizada para la realización del balance de energía mecánica Bernoulli.

5.1 BALANCE MECÁNICO TRAMO 1

Como se mencionó anteriormente, consiste en el balance de energía mecánica del tramo comprendido entre la altura de líquido del recondensador y la finalización del colector de succión de las bombas de alta presión.

La fórmula utilizada para hallar la energía disponible en la finalización del tramo 1 se expresa según la siguiente fórmula:

$$ANPA_{d1} = H + \frac{v^2}{2\,.\,g} + \frac{P - P_v}{\rho\,.\,g} - h_f \qquad (1)$$

Donde:

- $ANPA_{d1}$: energía disponible expresada en metros en la finalización del tramo 1.
- H: diferencia de altura entre el punto inicial y final.
- v: velocidad.
- P: presión operativa.
- P_v: presión de vapor.
- h_f: pérdida de carga.
- g: aceleración de la gravedad.

Los cálculos de los términos de esta ecuación y los datos utilizados se detallan a continuación.

Determinación del término de altura

$$H = H_{LALL} + H_{RC} - H_{N1} \tag{2}$$

Donde:

- H: diferencia de altura entre el punto inicial y final.
- H_{LALL}: altura del muy bajo nivel de líquido en el recondensador.
- H_{RC}: altura de la pollera del recondensador.
- H_{N1}: altura de la conexión N1 del barril de la bomba de alta presión.

Con respecto a la altura de líquido, se tomó una posición conservativa eligiendo la menor posible en operación, el muy bajo nivel (LALL en sus siglas en inglés).

Sabiendo que H_{LALL} es igual a 0,71 m, H_{RC} es igual a 5,5 m y H_{N1} es igual a 0,424 m, se obtiene un valor de altura final igual a:

$$H = 5{,}786\, m \tag{3}$$

Determinación del término de velocidad

Sabiendo que la velocidad se calcula de la siguiente manera:

$$v = \frac{Q}{\pi \,.\frac{d^2}{4}} \tag{4}$$

Donde:

- v: velocidad.
- Q: caudal volumétrico.
- d: diámetro interno.

Sabiendo que el caudal volumétrico es igual a 0,3122 m^3/s y el diámetro es igual a 0,3968 m, se obtiene un valor de velocidad igual a 2,52 m/s.

Por lo tanto, el término de velocidad del balance es igual a:

$$\frac{v^2}{2\,.\,g} = 0{,}1286\ m \tag{5}$$

Determinación del término de presión

La presión de operación normal del equipo es igual a 700000 Pa absolutos.

Con respecto a la presión de vapor, la misma se toma igual a la de operación normal, suponiendo que el líquido en dicho punto se encuentra en equilibrio con el vapor. Esta suposición en realidad no es cierta ya que el LNG se encuentra en equilibrio con el BOG justo a la salida del relleno en la parte superior del recondensador. Al caer por gravedad el fluido condensado, entra en contacto con la entrada inferior de LNG la cual se encuentra a una menor temperatura, por lo que el líquido se subenfria.

Por ello, la presión de vapor real sería menor, sin embargo, como el valor es aproximado y se desea realizar un diseño más conservativo, se considera igual.

Es por ello que el término de presión resulta cero y no aporta energía disponible en la succión de las bombas de alta presión.

$$\frac{P - P_v}{\rho\,.\,g} = 0 \tag{6}$$

Determinación del término de pérdida de carga

Se halla según la siguiente expresión:

$$h_f = 4\,.\,f\,.\frac{L}{d}.\frac{v^2}{2\,.\,g} \tag{7}$$

Donde:

- f: factor de fricción.
- L: longitud.
- d: diámetro interno.
- v: velocidad.
- g: aceleración de la gravedad.

El factor de fricción se obtiene mediante correlaciones, en este caso se utiliza la correlación de Churchill, la cual puede ser utilizada cuando el número de Reynolds es mayor a 4000.

Dicho número adimensional se calcula según:

$$Re = \frac{\rho \,.\, v \,.\, d}{\mu} \tag{8}$$

Donde:

- Re: número adimensional Reynolds.
- v: velocidad.
- d: diámetro interno.
- ρ: densidad.
- μ: viscosidad.

Siendo la densidad igual a 434,5 kg/m^3, la velocidad igual a 2,52 m/s, el diámetro igual a 0,3868 m y la viscosidad igual a 0,0001144 Pa.s, se obtiene:

$$Re = 3804039 \tag{9}$$

Por lo tanto, al ser mucho mayor que 4000, es correcto correlacionar el factor de fricción mediante Churchill. La correlación se indica a continuación:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -4 \,.\, \log\left(\frac{0{,}27 \,.\, \varepsilon}{d} + \left(\frac{7}{Re}\right)^{0{,}9}\right) \tag{10}$$

Donde:

- f: factor de fricción.
- ε: rugosidad del material.
- d: diámetro interno.
- Re: número adimensional Reynolds.

Sabiendo que la rugosidad del acero inoxidable es 0,005 m, el diámetro interno es igual a 0,3968 m y el número de Re es igual a 3804039 se obtiene un factor de fricción igual a:

$$f = 0{,}0103 \tag{11}$$

Por lo tanto, sabiendo que la longitud del tramo 1 es igual a 99 m, la velocidad igual a 2,52 m/s, la gravedad igual a 9,81 m/s^2, el diámetro interno igual a 0,3968 m y reemplazando (11) en (7), se obtiene una pérdida de carga igual a:

$$h_f = 3{,}33\ m \tag{12}$$

ANPA disponible en la finalización del colector de bombas de alta presión

Reemplazando los valores obtenidos en (3), (5), (6) y (12) en (1) se obtiene un valor igual a:

$$ANPA_{d1} = 2{,}78\ m \tag{13}$$

5.2 BALANCE MECÁNICO TRAMO 2

Esta sección consiste en el balance de energía mecánica del tramo comprendido entre la finalización del colector de succión de las bombas de alta presión hasta la entrada individual del barril de cada una de las mismas.

La fórmula utilizada para hallar la energía disponible en la succión se expresa según la siguiente fórmula:

$$ANPA_{d2} = ANPA_{d1} + \frac{v^2}{2\,.\,g} - h_f \tag{14}$$

Donde:

- $ANPA_{d2}$: energía disponible expresada en metros en la finalización del tramo 2.
- $ANPA_{d1}$: energía disponible expresada en metros en la finalización del tramo 1.
- v: velocidad.
- g: aceleración de la gravedad.
- h_f: pérdida de carga.

Los cálculos de los términos de esta ecuación y los datos utilizados se detallan a continuación.

Determinación del término de velocidad

Sabiendo que la velocidad se calcula como se especificó en (5) y sabiendo que el caudal volumétrico es igual a 0,1041 m^3/s y el diámetro es igual a 0,1957 m, se obtiene un valor de velocidad igual a 3,46 m/s.

Por lo tanto, el término de velocidad del balance es igual a:

$$\frac{v^2}{2\,.\,g} = 0{,}610\ m \tag{15}$$

Determinación del término de pérdida de carga

La misma se halla según la expresión (7) nombrada anteriormente.

El factor de fricción se obtiene en este caso también mediante la correlación de Churchill. Se verifica que el número de Reynolds sea mayor a 4000.

Dicho número adimensional se calcula según la expresión (8). Siendo la densidad igual a 434,5 kg/m^3, la velocidad igual a 3,46 m/s, el diámetro igual a 0,1957 m y la viscosidad igual a 0,0001144 Pa.s, se obtiene:

$$Re = 2571536 \tag{16}$$

Por lo tanto, al ser mucho mayor que 4000, es correcto correlacionar el factor de fricción mediante Churchill. Mediante la correlación expresada en (10), sabiendo que la rugosidad del acero inoxidable es 0,005 m, el diámetro interno es igual a 0,1957 m y el número de Re es igual a 2571536 se obtiene un factor de fricción igual a:

$$f = 0{,}013 \tag{17}$$

Por lo tanto, sabiendo que la longitud del tramo 1 es igual a 10 m, la velocidad igual a 3,46 m/s, la gravedad igual a 9,81 m/s^2, el diámetro interno igual a 0,1957 m y reemplazando (17) en (7), se obtiene una pérdida de carga igual a:

$$h_f = 1{,}67\ m \tag{18}$$

ANPA disponible en la succión de las bombas de alta presión

Sabiendo que $ANPA_{d1}$ es igual a 2,78 m y reemplazando este valor y (15) en (14), se obtiene un valor final de ANPA disponible en la succión de las bombas de alta presión igual a:

$$ANPA_{d2} = 1{,}72\ m \tag{19}$$

Sabiendo que el ANPA requerido por las bombas de alta presión es igual a:

$$ANPA_r = 0{,}59\ m \tag{20}$$

Se obtiene:

$$ANPA_{d2} - ANPA_r = 1{,}13\ m \tag{21}$$

Dicho valor es aceptable, ya que según el Instituto Hidráulico se recomienda para una operación segura como mínimo 1 m de diferencia entre ambos valores.

5.3 VERFICACIÓN DE ANPA REQUERIDO DE LÍNEA DE BYPASS DE RECONDENSADOR

Hay dos líneas existentes mediante las cuales el fluido puede llegar a la succión de las bombas de alta presión. Una de ellas es la de operación normal que se utilizó en los cálculos anteriores, la cual consiste en el colector principal que sale del recondensador y llega a la succión de las bombas de alta presión. La otra, consiste en la línea que comprende el camino de salida de las bombas de baja presión dentro de los tanques de almacenamiento directo hacia las bombas de alta presión, bypasseando al recondensador.

Debido a que el caso más desfavorable para el diseño de las líneas de succión de las bombas es cuando se ingresa al recondensador, ya que el líquido se encuentra en equilibrio con su propio vapor, se toma este caso como criterio de diseño.

Esto se puede apreciar en la siguiente verificación, en la cual se ve que el ANPA disponible cuando el LNG bypassea el recondensador es bastante mayor que el obtenido en los cálculos anteriores.

Aplicando la misma metodología descrita anteriormente, dividiendo a la cañería en colector principal y líneas individuales de succión a cada bomba de alta presión, y utilizando los siguientes datos listados, se calculan las nuevas condiciones de ANPA disponible a la succión de las mismas.

5.3.1 BALANCE MECÁNICO TRAMO 1

Los datos utilizados son los siguientes:

1. Presión de salida de los tanques de almacenamiento: 784500 Pa absolutos.
2. Presión de vapor a las condiciones de operación: 115000 Pa absolutos.
3. Longitud: 558,26 m.
4. Diámetro interno: 0,39682 m.
5. Caudal volumétrico: 0,3122 m^3/s.
6. Rugosidad acero inoxidable: 0,005 m.
7. Densidad: 440,2 kg/m^3.
8. Viscosidad: 0,0001144 Pa.s.
9. Gravedad: 9,81 m/s^2.

Se obtiene un valor de:

$$ANPA_{d1} = 136{,}61\ m \tag{22}$$

5.3.2 BALANCE MECÁNICO TRAMO 2

Los datos utilizados son los siguientes:

1. $ANPA_{d1}$: 136,61 m.
2. Longitud: 10 m.
3. Diámetro interno: 0,1957 m.
4. Caudal volumétrico: 0,1041 m^3/s.
5. Rugosidad acero inoxidable: 0,005 m.
6. Densidad: 434,5 kg/m^3.
7. Viscosidad: 0,0001144 Pa.s.
8. Gravedad: 9,81 m/s^2.

Se obtiene un valor de:

$$ANPA_{d2} = 127{,}07\ m \tag{23}$$

Sabiendo que el ANPA requerido por las bombas de alta presión es igual a:

$$ANPA_r = 0{,}59\ m \tag{24}$$

Se obtiene:

$$ANPA_{d2} - ANPA_r = 126{,}48\ m \tag{25}$$

Como se mencionó anteriormente, cuando el LNG bypassea al recondensador, al no ser la condición más desfavorable para el diseño, se puede ver que la energía con la que se llega a la succión de la bomba es mayor. En este caso, se regularán las revoluciones de las bombas de alta presión, tal de mantener la presión de descarga constante según requerimiento de gasoducto.

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	VAM	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/07/2020	VAM	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV..	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

MEMORIA DE CÁLCULO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-PR-MC-004**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 13

ÍNDICE

1. OBJETIVO 3

2. ALCANCE 3

3. REFERENCIAS 3

4. DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO 3

4.1 DIMENSIONAMIENTO POR VOLUMEN TOTAL 3

4.2 REDIMENSIONAMIENTO POR VOLÚMEN ÚTIL 5

4.3 REDIMENSIONAMIENTO POR TAMAÑO DE CHAPA 5

4.4 ALARMAS 6

4.5 ESPESOR DE CHAPA 9

4.6 ESPESOR DE AISLACIÓN 11

4.7 RESULTADOS FINALES 13

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es detallar los criterios adoptados para el diseño y dimensionamiento de los tanques de almacenamiento de LNG ubicados en la planta de revaporización de LNG, Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

2. ALCANCE

El alcance de este documento abarca el diseño de los tanques de almacenamiento de LNG, especificando su diámetro, altura, espesor y material de aislación.

Tabla 1: identificación de los Tanques de Almacenamiento de LNG.

TAG	Descripción
TKA-001	Tanque de Almacenamiento de LNG
TKA-002	Tanque de Almacenamiento de LNG
TKA-003	Tanque de Almacenamiento de LNG

3. REFERENCIAS

Se hace uso de los siguientes documentos para la realización de la memoria de cálculo:

- G1-GE-BD-001 Bases de Diseño.
- G1-GE-LO-001 LayOut.
- G1-PR-PI-002 Diagramas P & ID: Tanque de Almacenamiento de LNG TKA-001.
- G1-PR-PI-002 Diagramas P & ID: Tanque de Almacenamiento de LNG TKA-002.
- G1-PR-PI-002 Diagramas P & ID: Tanque de Almacenamiento de LNG TKA-003.
- G1-PR-MC-001 Memoria de Cálculo de Líneas.
- G1-PR-BME-001 Balance de Masa y Energía.
- G1-GE-AC-001 Análisis Contextual.

4. DISEÑO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO

Los tanques de almacenamiento tienen la función de almacenar el gas natural licuado proveniente de las embarcaciones criogénicas. En los siguientes ítems se detallan los parámetros de diseño del equipo con sus respectivas descripciones.

4.1 DIMENSIONAMIENTO POR VOLUMEN TOTAL

Según el documento G1-GE-AC-001 Análisis Contextual, a partir de la demanda anual de gas natural, se especifica el caudal anual que la planta revaporizadora debe procesar tal de suplir la demanda. Dicho caudal corresponde a 1.986.125.760 Sm^3/año.

Como se mencionó anteriormente, el LNG es provisto por barcos metaneros. Cada uno de ellos presenta una capacidad total de descarga igual a 147.589 m^3. Debido a que el barco no se encuentra completamente lleno, sino que un 98,5% del volumen total está ocupado por líquido, la capacidad se reduce a 145.384 m^3.

Con el propósito de cumplir con la demanda anual, para calcular la cantidad de barcos que se necesitan descargar, se divide la demanda por el caudal transportado por los barcos. El resultado es que necesitan 26 barcos para cumplir con la misma.

Suponiendo que cada uno de ellos necesita aproximadamente 5 días para descargar, ya que se considera que el barco necesita 1 día para amarrarse al muelle, 1 día para descargar y otro para abandonar el muelle. Esta cuenta da un total de 3 días, a los cuales se les adiciona dos días adicionales por cualquier contingencia presente.

Sabiendo que a cada barco le toma 5 días descargar y que la cantidad de barcos es igual a 26, el producto de estos dos números da como resultado el período de recepción de barcos. Este es igual a 130 días, lo que equivale a un poco más de 4 meses.

El caudal de descarga de los barcos se considera en 14.000 m^3/h con una presión de 3,5 barg.

Considerando que los días de inyección son iguales a 120 días, dividiendo el caudal anual por esta cantidad de días, se obtiene el caudal promedio de inyección igual a 16.551.048 Sm^3/d. Este valor se aleja del valor pico de demanda ocurrido en 2011, el cual corresponde a una inyección de 29.000.000 Sm^3/d. Esto es correcto ya que en el diseño no se busca suplir la demanda histórica sino la promedio.

Ya que el período de inyección tiene una duración de 4 meses, y redondeando el período de recepción de barcos a 4 meses y medio, la planta debe contener un stock equivalente a medio mes. Esto se debe a que en este período la planta recibirá LNG pero no lo procesará.

Con este valor de tiempo de stock de reserva de LNG, el cual corresponde a 15 días aproximadamente, se tiene que pueden descargar 3 barcos.

Sabiendo que la capacidad de cada uno de ellos, multiplicando este número por la cantidad de barcos, se puede hallar el volumen de reserva total, el cual arroja un resultado de 436.152 m^3.

Luego, tomando una relación entre diámetro y altura igual a 2, se halla el diámetro y la altura del tanque.

Se toma como dimensiones máximas a la planta de referencia, por lo que se va aumentando la cantidad de tanques de almacenamiento con la finalidad de reducir las dimensiones.

Finalmente, se con la relación D/H y sabiendo el volumen total de reserva, se resuelven las ecuaciones obteniéndose un diámetro de 71,80 m y una altura de 35,90 m.

4.2 REDIMENSIONAMIENTO POR VOLÚMEN ÚTIL

Las dimensiones anteriormente calculadas corresponden a los tanques 100% llenos. Como los mismos se encuentran casi completamente llenos, en un 97% aproximadamente, se recalcula el volumen de almacenamiento obteniendo el volumen útil. Para la realización de este cálculo se mantiene el diámetro constante y se varía la altura, ya que el volumen y la altura son lineales.

Por lo tanto, las dimensiones de los equipos se actualizan dando como resultado un diámetro de 71,80 m y una altura de 36,89 m.

4.3 REDIMENSIONAMIENTO POR TAMAÑO DE CHAPA

El último paso para lograr las dimensiones finales de los tanques de almacenamiento consiste en aproximar los valores obtenidos con respecto a las dimensiones de las chapas comerciales de acero inoxidable.

De esta manera, disminuyen los costos de construcción ya que resulta más económica la compra de una chapa ya existente en el mercado. Además, se logra disminuir el desperdicio de material, ya que se utiliza de acero inoxidable debido a las bajas temperaturas manejadas, lo cual encarece exponencialmente el proyecto.

Tabla 2: Dimensiones comerciales de chapas de acero inoxidable.

Ancho	Alto
1 m	2 m
1,5 m	2,5 m
3 m	3 m
3,5 m	6 m

El criterio de la elección yace en buscar las chapas de mayor tamaño posible, lo cual reduce la cantidad y soldaduras necesarias. Sin embargo, existe un límite que no se debe sobrepasar, el cual está referido a la posibilidad de transporte de la misma.

El tamaño máximo de chapas que se puede transportar por limitaciones espaciales consiste en las que poseen una línea diagonal de hasta 3,7 metros, ya que las mismas se transportan de manera inclinada, como se puede ver en la siguiente imagen:

Figura 1: Transporte de chapas.

Como se puede ver en la imagen, la línea diagonal mencionada corresponde al ancho de las chapas. Por lo tanto, eligiendo las chapas de 3,5 m de ancho y 6 m de largo, orientándolas de manera que el ancho esté en dirección a la altura del tanque y el largo en dirección al diámetro, es necesario soldar 418 unidades.

De esta manera, se obtiene la altura final multiplicando la cantidad de chapas por el ancho, y, a partir del perímetro, el cual se obtiene sumando el largo de todas las chapas, se calcula el diámetro final de los tanques. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3: Dimensiones finales de tanques de almacenamiento.

Parámetro	Valor
Diámetro	72,57 m
Altura	38,5 m

4.4 ALARMAS

Al tratarse de tanques de almacenamiento de líquido, el mismo debe contener alarmas que indiquen si el nivel dentro del mismo es muy alto, alto, normal, bajo o muy bajo.

Entre cada una de ellas se necesita un volumen de LNG acorde al tiempo de acción que requiere el sistema de control tal de operar de la manera más segura y eficiente.

Se toman como referencia los tiempos necesarios de residencia entre las mismas, tiempo conocido como “hold-up” de líquido, y a partir de los mismos y del caudal operativo se halla

dicho volumen. Luego, sabiendo el valor del diámetro se puede calcular la altura entre alarmas.
Los tiempos de hold-up entre alarmas tomados como referencia son los siguientes:

Tabla 4: Tiempos de hold-up entre alarmas.

Alarmas	Tiempo de Hold-Up
Altura Carcasa - Nivel máximo de LNG	5,32 min
LAHH-LAH	7,55 min
LAH-N	2,5 min
N-LAL	623,07 min
LAL-LALL	27 min

Como se puede apreciar, el rango comprendido entre la altura normal de líquido y la altura de bajo nivel admite un volumen mayor de líquido que el rango comprendido entre el nivel normal y muy alto nivel. Esto tiene sentido ya que aguas abajo del recondensador se encuentra el sistema de bombeo de alta presión, por lo que tener un nivel bajo de líquido es más crítico que tener un nivel alto.

Para los cálculos de volumen de líquido entre alarmas, se toma el caudal operativo de succión de las bombas de baja presión, esto es con 2 bombas funcionando y una en reserva. Se calcula la altura entre alarmas con la siguiente fórmula:

$$\Delta h_{entre\ alarmas} = \frac{Q\ .\ t_{hold-up}}{\frac{\pi\ .\ d^2}{4}} \tag{7}$$

Donde:

- $\Delta h_{entre\ alarmas}$: altura entre alarmas.
- Q: caudal volumétrico.
- $t_{hold-up}$: tiempo de hold-up.
- d: diámetro de del tanque de almacenamiento

Por lo tanto, sabiendo que el diámetro es igual a 72,57 m, el caudal volumétrico igual a 14000 m^3/h, y los tiempos de hold-up son los indicados en la Tabla 3, realizando los correspondientes pasajes de unidades se obtienen los siguientes valores, los cuales se muestran ya redondeados:

Tabla 5: Diferencia de altura entre alarmas.

Alarmas	Altura
Altura Carcasa - Nivel máximo de LNG	300 mm
LAHH-LAH	426 mm
LAH-N	141 mm
N-LAL	35145 mm
LAL-LALL	122 mm

La forma de calcular las alturas de las alarmas difiere levemente si se trata de una alarma de alto o bajo nivel.

Para las alarmas de muy alto y alto nivel, como la altura total del tanque ya se encuentra especificada, para hallar la posición exacta de la ubicación de las alarmas, a partir de dicho valor, se comienzan a restar las distancias entre alarmas tal de encontrar su ubicación.

Con respecto a las alarmas de bajo y muy bajo nivel, en este caso el valor que se encuentra especificado es el muy bajo nivel. Esto ocurre ya que las bombas de baja presión que se encuentran sumergidas en los tanques de almacenamiento presentan requerimientos de sumergencia y de ANPA para su correcto funcionamiento. El valor 920 mm surge de sumar el valor de sumergencia necesario de la bomba, equivalente a 500 mm, y la altura de la bomba de baja presión, equivalente a 420 mm, ya que el valor de sumergencia se toma desde la parte superior de la misma. Este análisis se encuentra detallado en el documento G1-PR-MC-002 Memoria de Cálculo de Bombas de Baja Presión.

A partir del valor de altura de la alarma de muy bajo nivel se suma la diferencia de altura entre alarmas tal de obtener el valor faltante.

Los resultados obtenidos redondeados se muestran a continuación:

Tabla 6: Altura de alarmas.

Alarmas	Altura
Altura Carcasa	38500 mm
Nivel máximo de LNG	38200 mm
LAHH	37774 mm
LAH	37633 mm
LAL	1042 mm
LALL	920 mm

Con respecto a la verificación del caudal procesado, en cada tanque hay 3 bombas de baja presión, 2 en operación y una en reserva. Cuando se necesita mantenimiento de alguna de ellas u ocurre una contingencia, lo que se realiza es el apagado progresivo de una de ellas y el prendido progresivo de la nueva bomba, tal que la suma total de los caudales se mantenga lo más constante posible.

Es normal que, durante estas operaciones, al efectuar estas maniobras, se logre un caudal un poco mayor al normal, lo cual provocaría que el líquido en los tanques disminuya más rápidamente. Sin embargo, al tratarse de un pulmón de líquido tan grande, las variaciones de los tiempos de hold-up se diluyen ya que el volumen del tanque impide que un cambio, aún grande en el caudal, modifique el tiempo de residencia entre alarmas.

4.5 ESPESOR DE CHAPA

El espesor del equipo se establece mediante el uso del código API 620. El mismo se calcula de dos maneras distintas, la primera consiste en tomar un valor de tabla según el diámetro del recipiente, mientras que el segundo, consiste en un set de ecuaciones tal de definir las tensiones que sufre la pared del tanque.

Para utilizar ambos criterios, se toman ambos espesores y se elige el mayor de los dos, de esta manera se realiza un diseño más conservativo.

El principio planteado consiste en hallar cada cierta altura un espesor distinto, el cual se ve aumentado hacia el fondo del tanque de almacenamiento. En este caso se dividió al tanque cada 3,5 m, valor que coincide con el ancho de las chapas comerciales utilizadas.

Las ecuaciones correspondientes se detallan en el documento G1-PR-BD-001 Bases de Diseño. En cada uno de los tramos se calculan las tensiones que sufre el material debido a la presión de diseño y a la columna hidráulica de líquido soportada.

A continuación, se detalla el cálculo realizado:

Tabla 7: Cálculo del espesor de las chapas de los tanques de almacenamiento según código API 620.

Annex Q														
Table Q-5. Minimum thickness		0,375	in											
Table Q-5. Minimum thickness		9,5	mm											
Anillo (ring)				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Altura de líquido			mm	**38500**	**35000**	**31500**	**28000**	**24500**	**21000**	**17500**	**14000**	**10500**	**7000**	**3500**	**0**
Altura de la chapa comercial			mm	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500	3500
Altura de líquido	h		m	38,5	35,0	31,5	28,0	24,5	21,0	17,5	14,0	10,5	7,0	3,5	0,0
Radio del tanque	Rc = Di/2		m	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3	36,3
Fluido para el cálculo de la presión estática				LNG	LNG	LNG	LNG	LNG	LNG	LNG	LNG	LNG	LNG	LNG	LNG
Densidad del fluido	rho		kg/m3	440,1	440,1	440,1	440,1	440,1	440,1	440,1	440,1	440,1	440,1	440,1	440,1
Área transversal	At = PI()*Rc^2		m2	4137	4137	4137	4137	4137	4137	4137	4137	4137	4137	4137	4137
Presión de diseño de PSV			mbarg	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290	290
Presión de diseño de PSV	Pg		Pag	29000	29000	29000	29000	29000	29000	29000	29000	29000	29000	29000	29000
Presión estática	Pl = rho*g*h		Pa	166050	150954	135859	120763	105668	90573	75477	60382	45286	30191	15095	0
Presión total	P = Pop + Pl		Pa (N/m2)	195050	179954	164859	149763	134668	119573	104477	89382	74286	59191	44095	29000
W	W = rho * h *At		N	70.092.561	63.720.510	57.348.459	50.976.408	44.604.357	38.232.306	31.860.255	25.488.204	19.116.153	12.744.102	6.372.051	0
W/A	W/A		N/m2	16944	15404	13863	12323	10782	9242	7702	6161	4621	3081	1540	0
F	F		N	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
F/A	F/A		N/m2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meridional unit force	T1 = (Rc/2)*(P + W/At + F/At)		N/m	3846340	3544506	3242672	2940838	2639004	2337170	2035336	1733502	1431668	1129834	828000	526166
Latitudinal unit force	T2 = P * Rc		N/m	7077833	6530061	5982288	5434515	4886742	4338969	3791197	3243424	2695651	2147878	1600105	1052332
Material				SA-553 or A553	SA-553 or A553	SA-553 or A553	SA-553 or A553	SA-553 or A553	SA-553 or A553	SA-553 or A553	SA-553 or A553	SA-553 or A553	SA-553 or A553	SA-553 or A553	SA-553 or A553
Specified Minimum Yield Strength			lbf/in2	85000	85000	85000	85000	85000	85000	85000	85000	85000	85000	85000	85000
Factor to calculate the maximum allowable stress	Q.3.3.2			0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Maximum allowable stress for simple tension			lbf/in2	63750	63750	63750	63750	63750	63750	63750	63750	63750	63750	63750	63750
Maximum allowable stress for simple tension	Sts		N/m2	439.539.982,63	439.539.982,6	439.539.982,6	439.539.982,6	439.539.982,6	439.539.982,6	439.539.982,6	439.539.982,6	439.539.982,6	439.539.982,6	439.539.982,6	439.539.982,6
Joint Efficiency	E			1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
max(T1, T2)	max(T1, T2)		N	7077833	6530061	5982288	5434515	4886742	4338969	3791197	3243424	2695651	2147878	1600105	1052332
Espesor	t = max(T1,T2)/(Sts * E)		m	0,016	0,015	0,014	0,012	0,011	0,010	0,009	0,007	0,006	0,005	0,004	0,002
Espesor calculado			mm	16,1	14,9	13,6	12,4	11,1	9,9	8,6	7,4	6,1	4,9	3,6	2,4
Espesor mínimo requerido			mm	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5
Espesor seleccionado			mm	16,1	14,9	13,6	12,4	11,1	9,9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5

La prueba hidráulica se realiza con un fluido distinto al de proceso, en este caso se utiliza agua. Como este último es más denso que el LNG, se halla la altura correspondiente de columna hidráulica de agua, tal que la chapa soporte la misma presión que debería soportar con una mayor altura de LNG.

El cálculo que se realiza es inverso al anteriormente descrito, el mismo se muestra a continuación:

Tabla 8: Cálculo de la altura de agua necesaria para la prueba hidráulica del tanque de almacenamiento.

Espesor seleccionado		m	0,0161
Dado el espesor, se calcula T (unit force)	T = t*Sts * E	N/m	7.077.833,34
Latitudinal unit force	T2 = T	N/m	7.077.833,34
Presión total admisible	P = T2/Rc	Pa	195.049,73
Presión estática admisible	Pl = P - Pop	Pa	166.049,73
Fluido para la prueba hidráulica			Agua
Densidad del fluido	rho	kg/m3	1.000,00
Altura admisible del fluido de presión hidrostática	h = Pl /(rho*g)	m	16,94

Como se puede observar, para lograr el mismo espesor requerido, se necesitan 16,94 m de altura de agua, valor que resulta mucho menor que la altura necesaria de LNG para requerir dicho espesor.

4.6 ESPESOR DE AISLACIÓN

En los tanques de almacenamiento existen tres tipos de materiales aislantes, describiéndolos desde el interior de los tanques hacia afuera se encuentran: chapa de acero inoxidable, fibra de vidrio, perlita y concreto.

Para determinar los distintos espesores, se realiza un cálculo iterativo. En primer lugar, se calcula el calor admisible de pérdida, equivalente al 0,05% del volumen de almacenamiento de LNG. A partir de dicho valor, se toma un margen de +12% para cubrir contingencias presentes, como por ejemplo picos de temperatura ambiente.

Dentro del proceso iterativo, se encuentra una iteración pequeña la cual se realiza para determinar la temperatura de la pared de concreto.

Una vez determinada esa temperatura, se asumen las temperaturas de interfase concreto-perlita y perlita-fibra de vidrio. Teniendo de dato la temperatura interior del tanque, se define el espesor de concreto, el cual queda fijo, y el de perlita, el cual consiste en la variable a ajustar en la iteración. Por lo tanto, se varía el espesor de perlita tal de que las temperaturas anteriormente asumidas coincidan con las calculadas.

A continuación, se muestran los datos ingresados, los cuales están indicados de color azul y los calculados, de color negro.

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG				
TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LNG				
AISLACIÓN TÉRMICA Y ENTRADAS DE CALOR (HEAT LEAKS)				
Proyecto				**PROYECTO**
Solar radiation - Vertical surface	E	W/m2		356,7
Maximum daily average ambient temperature	Ta	°C		21,9
Maximum daily average ambient temperature	Ta_K	K		295,05
Temperature of concrete wall	Tr assumed	°C		30,3
Temperature of concrete wall	Tr_K assumed	K		303,45
Solar radiation	Ewall = E/PI	W/m2		113,5
Emissivity of concrete	e			0,9
Stefan constant	s	W/(m2*°C^4)		5,67E-08
Radiative heat transfer	hr_wall = s*e*(Tr_K^4 - Ta_K^4)/(Tr_K - Ta_K)	W/(m2*°C)		5,47
Convective heat transfer	hc_wall = 1.3 * (Tr - Ta)^(1/3) Pr=0.703	W/(m2*°C)		2,64
Solar absorptivity of concrete	a			0,6
Temperature of concrete wall	Tr_K = a E / (hr + hc) + Ta_K	K		303,4
Temperature of concrete wall	Tr calculated	°C		30,3
	Tr calculated - Tr asssumed	°C		0,0
Temperature of concrete wall	T1 = Tr	°C		30,3
Temperature of concrete-perlite interface	T2 assumed	°C		27,0
Temperature of perlite-resilient blanket interface	T3 assumed	°C		-77,9
Temperature of liquid methane	T4	°C		-159,7
Outer diameter of concrete wall	d1 = d2 + 2*th1	m		75,812
Thickness of concrete wall		mm		800
Thickness of concrete wall	th1	m		0,800
Inner diameter of concrete wall	d2 = d3 + 2*th2	m		74,212
Thickness of perlite		mm		560
Thickness of perlite	th2	m		0,560
Outer diameter of resilient blanket	d3 = d4 + 2*th3	m		73,092
Thickness of resilient blanket		mm		246
Thickness of resilient blanket	th3	m		0,246
Ratio thickness perlite/resilient blanket				0,439
Cold diameter of inner tank	d4	m		72,600
Conductivity of concrete wall	λc	W/(m*°C)		1,91
Temperature of perlite	Tp = (T2+T3)/2	°C		-25

Temperature of perlite	Tp	K		248
Conductivity of perlite	λp =0.039E-2+1.28E-4*T+1.65E-7*T^2	W/(m*°C)		0,0422
Temperature of resilient blanket	Tblk = (T3+T4)/2	°C		-119
Temperature of resilient blanket	T	K		154
Conductivity of resilient blanket	λblk (also made of perlite)	W/(m*°C)		0,0241
Resistance of concrete wall	R12 = (1/(2*PI*λc))*LN(d1/d2)	(m*°C)/W		0,0018
Resistance of perlite	R23 = (1/(2*PI*λp))*LN(d2/d3)	(m*°C)/W		0,0573
Resistance of blanket	R34 = (1/(2*PI*λblk))*LN(d3/d4)	(m*°C)/W		0,0446
Height of tank	H	m		38,5
Outer diameter of concrete wall	d1	m		75,812
Perimeter of outer concrete wall	PI*d1	m		238,2
Surface of outer concrete wall	PI*d1*H	m2		9170
Cold diameter of inner tank	d4	m		72,600
Perimeter of inner tank wall	PI*d4	m		228,1
Surface of inner tank wall	PI*d4*H	m2		8781
Heat flow	Φ_wall = (T1-T4)/(R12+R23+R34)	W/m		1831,4
Perimeter of inner tank wall		m		228,1
Heat leak into the wall	Φ_wall / (PI*d4)	W/m2		8,0
Surface of inner tank wall		m2		8781
Total heat leak in inner tank	Φ_wall * PI*d4*H / (PI*d4) = Φ_wall * H	W		70508
Total heat leak in inner tank		kW		70,5
Target		kW		70,5
Difference between target and calculation		kW		0,0
Temperature of concrete-perlite interface	T2 calculated = T1 - Φ_wall*R12	°C		27,0
	T2 calculated - T2 assumed	°C		0,0
Temperature of perlite-resilient blanket interface	T3 calculated = T2 - Φ_wall*R23	°C		-77,9
	T3 calculated - T3 assumed	°C		0,0
Temperature of liquid methane	T4 calculated = T3 - Φ_wall*R34	°C		-159,7
	T4 calculated - T4 data	°C		0,0

				Aporte de cada entrada de calor al ingreso total de calor	
Heat leaks into the roof		kW	53,0	24%	
Heat leaks into the wall		kW	68,4	31%	70,5
Heat leaks into the TCP (Thermal Corner Protection) shell		kW	5,6	3%	
Heat leaks into the slab		kW	86,9	39%	
Additional heat leak in suspended deck		kW	8,3	4%	
Total heat leak		kW	222,2	100%	229,1
Total heat leak/Total heat leak_objective		%	88%		88%
Margin		kW	30,7		31,7
Margin		%	12%		12%
Total heat leak_objective		kW	252,9		260,8

4.7 RESULTADOS FINALES

A continuación, se presenta una tabla resumiendo los valores finales obtenidos en el dimensionamiento de los tres tanques de almacenamiento de gas natural licuado.

Tabla 9: Dimensiones finales tanques de almacenamiento.

Parámetro	Valor
Altura	38500 mm
Diámetro	7257 mm
Espesor Concreto	800 mm
Espesor Perlita	560 mm
Espesor Fibra de Vidrio	246 mm
Espesor Chapa	(9,5-16,1) mm

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	VAM	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/07/2020	VAM	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV..	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

MEMORIA DE CÁLCULO DE RECONDENSADOR

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-PR-MC-005**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 20

ÍNDICE

1. OBJETIVO 3

2. ALCANCE 3

3. REFERENCIAS 3

4. DISEÑO RECONDENSADOR 3

4.1 PARTE SUPERIOR 4

4.1.1 DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE LA PARTE SUPERIOR 5

4.1.2 DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE LA PARTE SUPERIOR 5

4.1.3 ESPESOR DE CHAPA PARTE SUPERIOR 11

4.2 PARTE INFERIOR 11

4.2.1 DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE LA PARTE INFERIOR 11

4.2.2 DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE LA PARTE INFERIOR 12

4.2.3 RESULTADOS PARTE INFERIOR 14

4.2.4 ESPESOR DE CHAPA PARTE INFERIOR 15

5. ESPESOR DE AISLANTE RECONDENSADOR 15

6. RESULTADOS FINALES 17

7. ANEXO 18

7.1 Cálculo de los caudales mBOG TKs: 18

7.2 Cálculo del caudal mBOG Barco: 20

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es detallar los criterios adoptados para el diseño y dimensionamiento del recondensador ubicado en la planta de revaporización de LNG, Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

2. ALCANCE

El alcance de este documento abarca el diseño de la parte superior e inferior del equipo recondensador, el cual tiene como función recondensar el BOG generado en los tanques por transferencia de calor con el ambiente.

Tabla 1: Identificación del Recondensador.

TAG	Descripción
RC-017	Recondensador

3. REFERENCIAS

Se hizo uso de los siguientes documentos para la realización de las memorias de cálculo:

- G1-GE-BD-001 Bases de Diseño.
- G1-GE-LO-001 LayOut.
- G1-PR-PI-006 Diagramas P & ID: Recondensador RC-017.
- G1-PR-MC-001 Memoria de Cálculo de Líneas.
- G1-PR-BME-001 Balance de Masa y Energía.
- Sulzer Ingeniería.

4. DISEÑO RECONDENSADOR

Tal como se menciona en el documento G1-PR-BD-002 Bases de Diseño, el recondensador es un equipo en donde el LNG evaporado, conocido como “Boil Off Gas”, BOG en sus siglas en inglés, es puesto en contacto con LNG subenfriado, recuperado y mezclado con el resto del caudal enviado de LNG. Existen dos funciones principales en el equipo: una de ellas es propiamente recondensar y recuperar el BOG producido, y la segunda, es servir como regulador de LNG produciendo una retención de líquido entre las bombas de baja presión y de alta presión.

Es por ello que, el diseño del equipo se desarrolla en dos etapas distintas, siendo las mismas la parte superior y la parte inferior del recondensador, cada una con sus respectivas funciones y criterios de diseño.

Cabe destacar que los diámetros y las alturas calculadas en este documento son redondeadas según el tamaño de chapas comerciales, de tal manera de abaratar costos de construcción ya que resulta más económica la compra de una chapa ya existente en el mercado. Además, de esta manera se logra no desperdiciar material, ya que se trata de acero inoxidable por las bajas temperaturas manejadas, lo cual encarece exponencialmente el proyecto.

En la siguiente tabla se indican las dimensiones de las chapas de acero inoxidable comerciales:

Tabla 2: Dimensiones comerciales de chapas de acero inoxidable.

Ancho	Alto
1 m	2 m
1,25 m	2,5 m
1,5 m	3 m
1,75 m	6 m

El espesor necesario de dichas chapas para soportar la presión de diseño se calcula mediante la norma ASME Sección VIII Div.1. La misma se encuentra detallada en el documento G1-PR-BD-001 Bases de Diseño.

El equipo, tanto en su parte superior como inferior, se encuentra aislado térmicamente con el material Poliisocianurato (PIR). El espesor necesario se calcula según las ecuaciones descritas en el documento G1-PR-BD-001 Bases de Diseño.

4.1 PARTE SUPERIOR

Esta sección del equipo se modela como una torre de absorción rellena. A la misma ingresan dos corrientes por tope: la corriente de BOG a condensar y el caudal de LNG necesario para que dicho fenómeno ocurra. Este último es ingresado a través de un distribuidor el cual asegura que la totalidad del relleno se encuentre mojado, o sea transfiriendo masa y energía, de manera eficiente.

Se elige el tipo de relleno desordenado Pall Rings con diámetro igual a 2” de material acero inoxidable. El mismo se selecciona ya que, frente a los rellenos ordenados, es más económico

y, frente a otros tipos de rellenos al azar, es el que mejor relación capacidad de relleno y pérdida de carga presentaba.

A continuación, se detalla el procedimiento para determinar la altura, el diámetro y el espesor de esta sección.

4.1.1 DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE LA PARTE SUPERIOR

Frente a la imposibilidad de diseñar correctamente el fenómeno ocurrido en el recondensador, el cual consiste en una absorción con condensación total del BOG ingresado, se diseña a la parte superior modelando el fenómeno como una torre de absorción.

Para este proceso, la altura de relleno necesaria sería:

$$H = NEET \,.HEPT \tag{1}$$

donde

- H: altura del relleno.
- NEET: número equivalente de etapas teóricas.
- HEPT: altura equivalente de un plato teórico.

Lo ideal sería poder calcular un número teórico de etapas que surgiría de algún tipo de cálculo de condensación, si tal cálculo existiera, y luego para el relleno elegido y para esa aplicación de condensación de LNG, conocer la altura equivalente por etapa para ese relleno.

Sin embargo, al no estar disponible ninguna de las opciones nombradas anteriormente, los dos parámetros no se pueden saber para el caso de estudio, en donde el BOG condensa.

A partir de un equipo de referencia construido y en operación, el cual procesa un caudal operativo levemente mayor de BOG, como la altura sólo depende del equilibrio establecido, esto es, de la naturaleza del compuesto y sus condiciones operativas, se toma la altura de relleno necesaria recomendada por la planta de referencia. La misma es igual a:

$$H = 3\,m \tag{2}$$

4.1.2 DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE LA PARTE SUPERIOR

Para la determinación del diámetro de la parte rellena del recondensador, se utiliza el simulador Sulcol 3.0.8, el cual se utiliza para verificar como opera hidráulicamente un relleno. En el diseño de columnas absorbedoras o desorbedoras se utiliza para la determinación del diámetro de las mismas.

Los datos ingresados en el mismo se muestran a continuación:

4.1.2.1 TIPO DE RELLENO

Como se mencionó anteriormente se elige el relleno desordenado Pall Rings de 2 pulgadas de diámetro.

4.1.2.2 ALTURA DE RELLENO

Como se mencionó anteriormente se toma una altura de relleno igual a 3 metros.

4.1.2.3 PROPIEDADES DE FLUIDOS

Se cargan la densidad, tensión superficial y viscosidad del gas y del líquido obtenidas del balance de masa y energía. Las propiedades se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 3: Propiedades físicas de los fluidos.

Propiedad	BOG	LNG
Densidad	6,359 kg/m^3	440 kg/m^3
Tensión Superficial	-	12,83 mN/m
Viscosidad	0,0090 cP	0,123 cP

4.1.2.4 CAUDALES DE BOG Y LNG

Se ingresan los caudales de líquido y gas tanto de tope como de fondo. En este caso, se supone que ambos permanecen constantes a lo largo del equipo ya que el simulador al ser utilizado para diseñar torres absorbedoras/desorbedoras, no permite tomar el caudal de gas de fondo igual a cero y el de líquido igual a la suma de ambos de la entrada.
Los mismos se muestran a continuación:

Tabla 4: Caudales másicos en la parte superior del recondensador.

Caudal Másico	BOG	LNG
	13055 kg/h	96626 kg/h

El caudal de BOG para el diseño se obtiene a partir de la siguiente suma:

$$mBOG = mBOG\ TKs + mBOG\ Barco + mBOG\ LNG \quad (3)$$

Donde:

- mBOG TKs: es igual a la suma de los caudales másicos de BOG generados en cada uno de los tanques de almacenamiento.
- mBOG Barco: es el caudal másico de BOG que no puede devolverse al barco cuando éste está descargando LNG hacia los tanques.
- mBOG LNG: es el caudal másico adicional que se le inyecta a la corriente de BOG aguas arriba del separador Scrubber con la finalidad de enfriar al gas. El mismo se evapora por lo que se cuenta como caudal de gas extra.

Siendo:

Tabla 5: Caudales másicos de BOG procesados.

Caudal Másico	Valor
mBOG TKs	4380 kg/h
mBOG Barco	8432 kg/h
mBOG LNG	8,918 kg/h

Cada uno de los términos anteriormente mencionados se detallan a continuación:

1. mBOG TKs: el caudal de BOG generado por los tanques es producto de la transferencia de calor con el ambiente. Se supone que cada uno de los tanques evapora el 0,05% por día del volumen total de almacenamiento que cada uno posee. Este valor se toma de la planta de referencia, en la cual se realizó un estudio económico que analiza el costo de capital generado por la aislación de los tanques y el tamaño del compresor de BOG versus el costo operativo generado por la compresión de dicho caudal de BOG. De dicho estudio se concluye que el porcentaje óptimo de generación de BOG resulta en 0,05% y es el criterio adoptado por nuestro proyecto.
2. mBOG Barco: cuando el barco descarga LNG a los tanques, parte del BOG presente en los tanques es desplazado por la entrada de líquido. Para no generar vacío en el tanque del barco, se devuelve parte del BOG generado y desplazado en los tanques al mismo. Como el caudal de BOG total de salida de los tanques mientras el barco se encuentra descargando es muy grande, parte del mismo se debe procesar en la planta. El “mBOG Barco” hace referencia al caudal que no puede devolverse a los barcos ya que los mismos no requieren todo ese caudal, sino parte de él.
   Se llega a ese número mediante el siguiente cálculo:

   $$mBOG\ Barco = mBOG\ Generado\ o\ Desplazado - mBOG\ Devuelto\ al\ Barco \quad (4)$$

   Cada uno de estos caudales se especifican en la siguiente tabla:

Tabla 6: Caudales másicos para hallar mBOG Barco.

Caudal Másico	Valor
mBOG Generado y Desplazado[1]	29462 kg/h
mBOG Devuelto al Barco[2]	21030 kg/h

3. mBOG LNG: este dato se toma de la simulación del balance de masa y energía, suponiendo que el BOG producido es igual al anteriormente especificado, tal de enfriar el gas hasta la temperatura deseada de la succión de compresión.

El caudal de líquido para el diseño se obtiene a partir del balance de masa y energía, en el cual se simula con el caudal de BOG a recondensar y de esta manera se obtiene el caudal másico de líquido necesario para condensar dicho caudal.

Idealmente se debería cargar un caudal de gas de fondo nulo y un caudal de líquido de fondo igual a la suma de los caudales entrantes a la zona rellena. Sin embargo, al no ser posible el primer punto descrito, sólo se carga el caudal de líquido, el cual corresponde a la suma de los siguientes valores:

Tabla 7: Caudales másicos para hallar mLNG.

Caudal Másico	Valor
mBOG	13055 kg/h
mLNG Tope	83571 kg/h

4.1.2.5 RESULTADOS PARTE SUPERIOR

Los parámetros calculados por del simulador se describen a continuación:

1. Capacidad (%): indica la capacidad del relleno utilizada. Según el simulador comprende valores entre 0% y 90%. Estos valores surgen de estudios experimentales en los cuales se observa que la eficiencia de la separación disminuye abruptamente si dicho valor se supera. Para el proyecto, se toma como criterio un valor máximo de 80% tal de asegurar una operación con alta eficiencia.
2. Carga de líquido (m^3/m^2h): con respecto a este valor se toma una carga de líquido entre 100 m^3/m^2h y 111 m^3/m^2h ya que es lo recomendado para obtener una capacidad alta.
3. Factor F ($Pa^{0,5}$): se recomienda que este factor se encuentre entre 0,7 $Pa^{0,5}$ y 0,85 $Pa^{0,5}$.

[1] En Anexo se encuentra el cálculo detallado de este valor.
[2] En Anexo se encuentra el cálculo detallado de este valor.

4. Caída de presión (mbar/m): se recomienda que este valor no supere los 3 mbar/m. La misma se puede obtener de la literatura del proveedor, en donde la empresa de diseño proporciona un gráfico que representa la relación entre un factor F y la caída de presión por metro. El factor F se define como el producto entre la velocidad superficial del gas considerando la sección del recipiente y la raíz cuadrada de la densidad del gas.

Para el relleno utilizado, se muestra dicho gráfico a continuación:

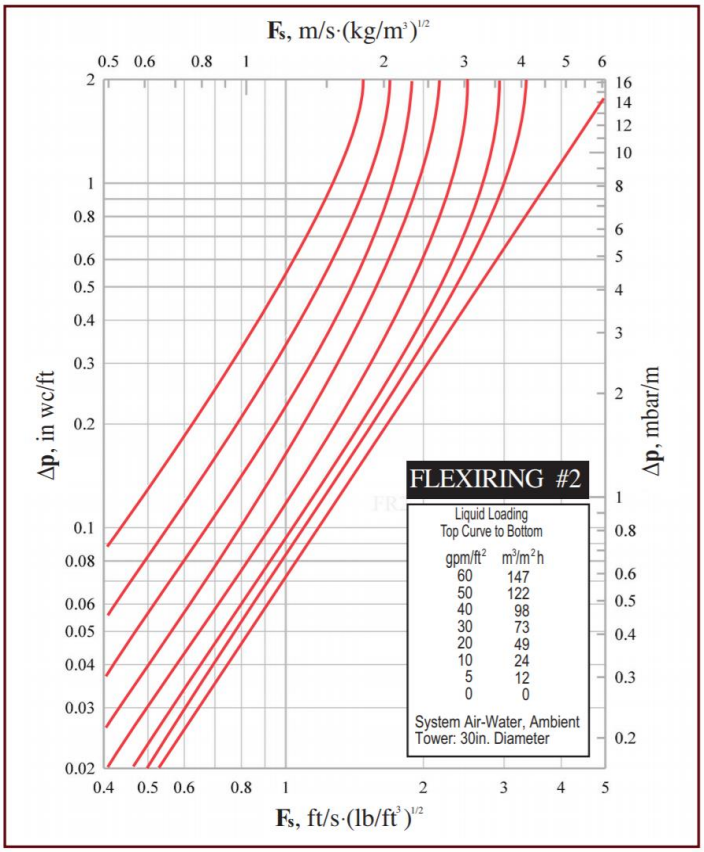


Figura 1: Gráfico representativo de la pérdida de carga en función del factor Fs o F.

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8: Parámetros calculados por Sulcol.

Parámetro	Valor
Capacidad	77,8 %
Carga de Líquido	110,32 m^3/m^2h
Factor F	0,72 $Pa^{0,5}$
Caída de Presión	1,80 mbar/m
Diámetro	1592 mm

Como se puede observar, todos los parámetros se encuentran dentro de los rangos óptimos de diseño. A continuación, se adjunta el gráfico representativo de la capacidad del relleno utilizado.

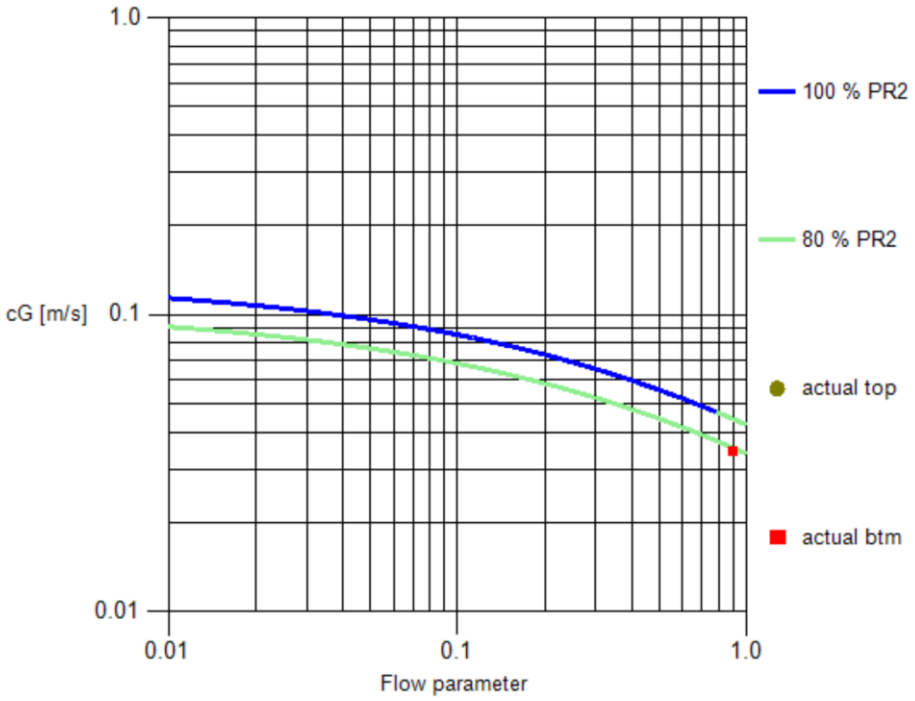


Figura 2: Gráfico representativo de la capacidad del relleno desordenado elegido.

Además de la zona rellena, la parte superior incluye un espacio libre para el distribuidor y las conexiones de entrada y salida. Esta altura según la referencia equivale a 3m.

Por lo tanto, las dimensiones finales de la parte superior del recondensador quedan definidas según:

Tabla 9: Dimensiones de parte superior de recondensador.

Diámetro	1592 mm
Altura	6 m

De esta manera, según la Tabla 2, se necesitan 5 chapas de acero inoxidable de 6 metros de largo y 1,5 metros de ancho para la construcción superior del equipo.

4.1.3 ESPESOR DE CHAPA PARTE SUPERIOR

Sabiendo que:

- $P_{Diseño}$: 1500000 Pa.
- d_i: 1,592 m.
- σ: 138000000 N/m^2.
- E: 1.

El valor de la presión de diseño se establece a partir de la presión de operación aplicando el criterio adoptado en el documento G1-PR-BD-001 Bases de Diseño.

Se calcula el espesor requerido de la chapa según la ecuación descrita en la sección 13.1.6 del documento G1-PR-BD-001 Bases de Diseño, arrojando un valor de 8,71 mm.

4.2 PARTE INFERIOR

Como se mencionó anteriormente, la parte inferior del recondensador tiene como objetivo albergar el líquido necesario tal de absorber las fluctuaciones de las bombas de baja presión y de proveer energía disponible para aumentar el ANPA disponible en succión de las bombas de alta presión. Además del líquido acumulado en esta zona, el mayor aporte de energía lo da la altura de la pollera sobre la que se posa dicho equipo.

4.2.1 DETERMINACIÓN DEL DIÁMETRO DE LA PARTE INFERIOR

Con el objetivo de que el equipo presente estabilidad constructivamente hablando, se toma como guía la relación entre el diámetro inferior y superior del equipo de recondensación de la planta de referencia.

Por lo tanto, sabiendo que:

$$\frac{d_{parte\ superior}}{d_{parte\ inferior}} = 1{,}5 \tag{5}$$

Reemplazando el diámetro inferior por 1,592 m, se obtiene:

$$d_{parte\ superior} = 2{,}387\ m \tag{6}$$

4.2.2 DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE LA PARTE INFERIOR

Este sector del equipo, al poseer un pulmón de líquido, contiene alarmas las cuales indican si el nivel dentro del mismo es muy alto, alto, normal, bajo o muy bajo.

Entre cada una de ellas se necesita un volumen de LNG acorde al tiempo de acción que requiere el sistema de control tal de operar de la manera más segura y eficiente.

Se toman como referencia los tiempos necesarios de residencia entre las mismas, tiempo conocido como “hold-up” de líquido, y a partir de los mismos y del caudal operativo se halla dicho volumen.

Sabiendo el valor del diámetro se puede calcular la altura entre alarmas. La suma de dichas alturas, más las alturas auxiliares del equipo, conforman la altura final de la parte inferior del recondensador. A continuación, se detalla el procedimiento.

Los tiempos de hold-up entre alarmas tomados como referencia son los siguientes:

Tabla 10: Tiempos de hold-up entre alarmas.

Alarmas	Tiempo de Hold-Up
LAHH-LAH	5 s
LAH-N	10 s
N-LAL	30 s
LAL-LALL	10 s

Como se puede apreciar, el rango comprendido entre la altura normal de líquido y la altura de bajo nivel admite un volumen mayor de líquido que el rango comprendido entre el nivel normal y muy alto nivel. Esto tiene sentido ya que aguas abajo del recondensador se encuentra el sistema de bombeo de alta presión, por lo que tener un nivel bajo de líquido es más crítico que tener un nivel alto.

Para los cálculos de volumen de líquido entre alarmas, se toma el caudal operativo de succión de las bombas de alta presión, esto es con 3 bombas funcionando y una en reserva. Se calcula la altura entre alarmas con la siguiente fórmula:

$$\Delta h_{entre\ alarmas} = \frac{Q\ .\ t_{hold-up}}{\frac{\pi\ .\ d^2}{4}} \tag{7}$$

Donde:

- $\Delta h_{entre\ alarmas}$: altura entre alarmas.
- Q: caudal volumétrico.
- $t_{hold-up}$: tiempo de hold-up.
- d: diámetro de la parte inferior del recondensador.

Por lo tanto, sabiendo que el diámetro es igual a 2,387 m, el caudal volumétrico igual a 0,32 m^3/s, y los tiempos de hold-up son los indicados en la Tabla 10, se obtienen los siguientes valores, los cuales se redondean:

Tabla 11: Diferencia de altura entre alarmas.

Alarmas	Diferencia de Altura
LAHH-LAH	0,360 m
LAH-N	0,710 m
N-LAL	2,120 m
LAL-LALL	0,710 m

En la planta hay en total 4 bombas de alta presión, 3 en operación y una en reserva. Cuando se necesita mantenimiento de alguna de ellas u ocurre una contingencia, lo que se realiza es el apagado progresivo de una de ellas y el prendido progresivo de la nueva bomba, tal que la suma total de los caudales sea el requerido por gasoducto.

Es normal que, durante estas operaciones, al efectuar estas maniobras, se logre un caudal un poco mayor al normal, lo cual provocaría que el líquido disminuya más rápidamente. Es por ello que se verifica que los tiempos de acción entre alarmas no disminuyan tanto con respecto a los operativos, ya que, si en alguna circunstancia esto ocurre, se podrían ocasionar problemas durante la operación.

Para este caso, se tienen fijas las posiciones de las alarmas, por lo que se tiene como dato las alturas entre alarmas. Con el caudal de 4 bombas operativas, esto es, 0,43 m^3/s y el diámetro igual a 2,387 m, mediante (7) se calculan los tiempos de hold-up de verificación. Los mismos se detallan a continuación:

Tabla 12: Tiempos de hold-up entre alarmas para verificación.

Alarmas	Tiempo de Hold-Up Verificación
LAHH-LAH	3,83 s
LAH-N	7,55 s
N-LAL	22,53 s
LAL-LALL	7,55 s

Como se puede ver, comparando los datos de la Tabla 10 y la Tabla 12, los tiempos no varían de una manera abrupta. Además, se está realizando el cálculo con un caudal muy poco probable en la operación de la planta, por lo que el cálculo es conservativo.

Esto significa que se puede asegurar una operación segura ante circunstancias del estilo.

Continuando con la condición operativa, sabiendo que las alturas auxiliares de la parte inferior del recondensador son las siguientes:

Tabla 13: Alturas auxiliares de la parte inferior del recondensador.

Altura	Valor
Altura por encima de LAHH	0,6 m
Altura por debajo de LALL	0,9 m
Altura entre parte superior e inferior (inclinada)	0,750 m

Tanto la altura por encima de LAHH como por debajo de LALL constituyen la parte cóncava del equipo. Con respecto a la altura entre parte superior e inferior, consiste en la parte inclinada del equipo la cual tiene en su parte de arriba el diámetro de la parte superior y por debajo el diámetro de la parte inferior.

Por lo tanto, la altura total de la parte inferior se calcula sumando las alturas entre alarmas detalladas en la Tabla 11 y las alturas auxiliares detalladas en la Tabla 13, arrojando un valor igual a 6,150 m.

4.2.3 RESULTADOS PARTE INFERIOR

En resumen, las dimensiones finales de la parte inferior del recondensador quedan definidas según:

Tabla 13: Dimensiones de parte inferior de recondensador.

Diámetro	2,387 m
Altura	6,150 m

Con respecto a la cantidad de chapas necesarias para la construcción según la Tabla 2, se necesitan nuevamente 5 chapas de acero inoxidable de 6 metros de largo y 1,5 metros de ancho para la construcción inferior del equipo.

4.2.4 ESPESOR DE CHAPA PARTE INFERIOR

Sabiendo que:

- $P_{Diseño}$: 1547040 Pa.
- d_i: 2,387 m.
- σ: 138000000 N/m^2.
- E: 1.

El valor de la presión de diseño se establece a partir de la presión de operación aplicando el criterio adoptado en el documento G1-PR-BD-001 Bases de Diseño y sumándole también la columna hidrostática de líquido presente en el equipo considerando el muy alto nivel.

Se calcula el espesor requerido de la chapa según la ecuación descrita en la sección 13.1.6 del documento G1-PR-BD-001 Bases de Diseño, arrojando un valor de 13,47 mm.

5. ESPESOR DE AISLANTE RECONDENSADOR

Para hallar el espesor del aislante PIR, se realiza un cálculo iterativo. En primer lugar, se supone un espesor de aislación y se itera para hallar la temperatura del material. Luego, junto con los datos geométricos del equipo se calculan las pérdidas de calor generadas.

Se adopta un criterio de pérdida de calor total, esto es, sumando las pérdidas generadas tanto en la parte superior como inferior. máxima igual al 2% del volumen del equipo. El valor utilizado es pequeño debido a que no se trata de un equipo con gran área superficial y además, el objetivo del mismo es lo contrario a la evaporación de LNG por transferencia con el ambiente.

A partir de esta referencia, se ajusta el espesor de aislante tal de que las pérdidas anteriormente calculadas se ajusten a dicho criterio.

A continuación, se muestran los datos ingresados, los cuales están indicados de color azul y los calculados, de color negro.

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LNG
AISLACIÓN TÉRMICA Y ENTRADAS DE CALOR (HEAT LEAKS)

Proyecto			RC-017	
			PARTE INFERIOR	PARTE SUPERIOR
Solar radiation - Vertical surface	E	W/m2	356,7	356,7
Maximum daily average ambient temperature	Ta	°C	21,9	21,9
Maximum daily average ambient temperature	Ta_K	K	295,05	295,05
Temperature of concrete wall/ PIR	Tr assumed	°C	31,9	31,9
Temperature of concrete wall/ PIR	Tr_K assumed	K	305,05	305,05
Solar radiation	Ewall = E/PI	W/m2	113,5	113,5
Emissivity of concrete/ PIR	e		0,1	0,1
Stefan-Boltzman constant	s	W/(m2*°C^4)	5,67E-08	5,67E-08
Radiative heat transfer	hr_wall = s*e*(Tr_K^4 - Ta_K^4)/(Tr_K - Ta_K	W/(m2*°C)	0,61	0,61
Convective heat transfer	hc_wall = 1.3 * (Tr - Ta)^(1/3) Pr=0.703	W/(m2*°C)	2,80	2,80
Solar absorptivity of concrete	a		0,3	0,3
Temperature of concrete wall / PIR	Tr_K = a E / (hr + hc) + Ta_K	K	305,0	305,0
Temperature of concrete wall / PIR	Tr calculated	°C	31,9	31,9
	Tr calculated - Tr asssumed	°C	0,0	0,0
Temperature of concrete wall/PIR	T1 = Tr	°C	31,9	31,9
Temperature of liquid methane	T4	°C	-159,1	-159,1
Outer diameter of concrete wall/PIR	d1 = d2 + 2*th1	m	2,787	1,992
Thickness of concrete wall/PIR		mm	200	200
Thickness of concrete wall/PIR	th1	m	0,200	0,200
Inner diameter of concrete wall/PIR	d2 = d3 + 2*th2	m	2,387	1,592
Conductivity of concrete wall/PIR	λc	W/m.K	0,02150	0,02150
Resistance of concrete wall/PIR	R12 = (1/(2*PI*λc))*LN(d1/d2)	(m*°C)/W	1,1469	1,6593
Height of tank	H	m	6,15	6,15
Outer diameter of concrete wall	d1	m	2,787	1,992
Perimeter of outer concrete wall	PI*d1	m	8,8	6,3
Surface of outer concrete wall	PI*d1*H	m2	54	38
Cold diameter of inner tank	d4	m	2,387	1,592
Perimeter of inner tank wall	PI*d4	m	7,5	5,0
Surface of inner tank wall	PI*d4*H	m2	46	31
Heat flow	Φ_wall = (T1-T4)/(R12+R23+R34)	W/m	166,5	115,1
Perimeter of inner tank wall		m	7,5	5,0
Heat leak into the wall	Φ_wall / (PI*d4)	W/m2	22,2	23,0
Surface of inner tank wall		m2	46	31
Total heat leak in inner tank	Φ_wall * PI*d4*H / (PI*d4) = Φ_wall * H	W	1024	708
Total heat leak in inner tank		kW	1,02	0,71
Target		kW	1	0,7
Difference between target and calculation		kW	0,0	0,0
HEAT LEAK				
RECONDENSADOR			1	
Liquid Percent Level		%	100	
Liquid volume in tank	V	m3	46,11873723	
BOG rate ratio	% BOG	% / day	1,15	
Liquid mass in the tank	M	kg	20292,24	
Density of LNG	rho = M/V	kg/m3	440	
Period of time	time	hr/day	24	
BOG flow rate	= M * (% BOG/100) / time	kg/h	9,72	
Molecular weight	MW	kg/kgmole	16,47	
Latent heat of vaporization	Lambda_kgmole	kJ/kgmole	10590,21	
Latent heat of vaporization		kcal/kg		
Latent heat of vaporization	Lambda_kg = Lambda_kgmole / MW	kJ/kg	643	
Heat leak	= M * (% BOG/100)* Lambda_kg / (time*3600)	kW (kJ/sec)	1,737	

Como se puede ver en el cálculo, estableciendo una temperatura de PIR de 31,9 °C y un espesor de PIR igual a 200 mm, se obtiene una pérdida de calor total de 1,737%, valor que se ajusta perfectamente al criterio adoptado.

6. RESULTADOS FINALES

Las dimensiones finales obtenidas se detallan a continuación:

Tabla 14: Dimensiones del recondensador.

Parámetro	Parte Superior	Parte Inferior
Diámetro Equipo	1592 mm	2387 mm
Altura Equipo	6000 mm	6150 mm
Altura Pollera	-	5500 mm
Espesor Chapa	8,71 mm	13,47 mm
Espesor Aislante PIR	200 mm	200 mm

7. ANEXO

7.1 Cálculo de los caudales mBOG TKs:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG								
TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE LNG								
Condiciones de referencia o estándar								
Presión		kPa abs	101,325					
Presión		bar abs	1,01325					
Presión		mbara	1013					
Presión		psia	14,696					
Temperatura		°C	15					
Temperatura		°F	59,0					
Storage Tank pressure - Vapor space		mbarg	150					
Storage Tank pressure - Vapor space		mbara	1163					
Temperature of LNG		°C	-159,7					
Density of LNG		kg/m3	440,1					
TANKS			1	2	3			
Diameter inner container	D	mm	72,6	72,6	72,6			
Height inner container	H	m	38,5	38,5	38,5			
Cross area	A = (PI()/4)*(D)^2	m2	4136	4136	4136			
Volume	V = H * A	m3	159245	159245	159245			
Volume per height	= V/ H	m3/m	4136	4136	4136			
Volume per height		m3/mm	4,136	4,136	4,136			
Volume per percent of level		m3/%	1592	1592	1592			
Lateral area	= PI() * D * H	m2	8777	8777	8777			
HEAT LEAK								
Tank			1	2	3	Total		Validación
Liquid Percent Level		%	100,0	100,0	100,0			
Liquid volume in tank	V	m3	159.245	159.245	159.245			205063
BOG rate ratio	% BOG	% / day	0,05	0,05	0,05			0,05
Liquid mass in the tank	M	kg	70083571	70083571	70083571			86331523
Density of LNG	rho = M/V	kg/m3	440,1	440,1	440,1			421,0
Period of time	time	hr/day	24	24	24			24
BOG flow rate	= M * (% BOG/100) / time	kg/h	1460	1460	1460	4.380		1798,6
Molecular weight	MW	kg/kgmole	16,47	16,47	16,47			
Latent heat of vaporization	Lambda_kgmole	kJ/kgmole	10.590	10.590	10.590			
Latent heat of vaporization		kcal/kg						122,7
Latent heat of vaporization	Lambda_kg = Lambda_kgmole / MW	kJ/kg	643,0	643,0	643,0			513,7
Heat leak	= M * (% BOG/100)* Lambda_kg / (time*3600)	kW (kJ/sec)	260,8	260,8	260,8	782	kW (kJ/sec)	257

HEAT LOSS Model		**Detailed**						
Apply Duty Stream to Outside Wall		No						
Prevent Temperature Cross		Yes						
Temperature profile								
Recycle efficiency			100,00					
Ambient Temperature		°C	32,00					
Conductive Properties								
Material			Metal	Insulation				
Material			Concrete	Perlite				
Outer diameter concrete wall		m	74,6					
Inner diameter concrete wall		m	73,0					
Thickness		m	0,800	0,749				
Specific heat		J/(kg*°C)		838				
Specific heat		kcal/(kg*°C)	0,21					
Specific heat		kJ/(kg*°C)	0,879	0,838				
Density	Minimum	kg/m3		48				
Density	Maximum	kg/m3		96				
Density	Average	kg/m3	2403	72				
Thermal conductivity		W/(m*°C)	1,91	0,043				
Convective Properties								
Update while integrating			No					
Inside Vap Phase Heat Loss U		kJ/h-m2-C						
Inside Liq Phase Heat Loss U		kJ/h-m2-C						
Outside Heat Loss U		kJ/h-m2-C						
Vapor to Liquid Heat Loss U		kJ/h-m2-C						

7.2 Cálculo del caudal mBOG Barco:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG			
BARCOS			
Condiciones de referencia o estándar			
Presión		kPa abs	101,325
Presión		bar abs	1,01325
Presión		mbara	1013
Presión		psia	14,696
Temperatura		°C	15
Temperatura		°F	59,0
LNG in the ship tank - Vapor space		mbarg	150
LNG in the ship tank - Vapor space		mbara	1163
Temperature of LNG		°C	-160,0
Density of LNG		kg/m3	440,6
HEAT LEAK IN THE SHIP TANK			
Unloading flow rate	QBOG void due unloading	Am3/h	14000
BOG generated in the ship tank			
Liquid volume in the ship tank	V	m3	150000
BOG rate ratio in the ship tank	% BOG	% / day	0,15
Liquid mass in the ship tank	M	kg	66085857
Density of LNG	rho = M/V	kg/m3	440,6
Period of time	time	hr/day	24
BOG flow rate	= M * (% BOG/100) / time	kg/h	4130,4
Latent heat of vaporization	Lambda_kg	kJ/kg	643,0
Heat leak	= M * (% BOG/100)* Lambda_kg / (time*3600)	kW (kJ/sec)	737,7
Pressure		mbarg	150
Pressure		mbara	1163
Bubbling point		°C	-159,6
BOG density in the ship tank		kg/m3	2,10
BOG generated in the ship tank	QBOG_ship due heat leak	Am3/h	1963
BOG required to be returned from the tanks towards the ship	Qreturn = QBOG void due unloading - QBOG_ship due heat leak	Am3/h	12037
Temperature of BOG that arrives to the ship from the tanks		°C	-140,0
BOG density that arrives tho the ship		kg/m3	1,75
BOG required to be returned from the tanks towards the ship		kg/h	21030
NET BOG FROM TANKS TO BOG COMPRESSOR			
Storage Tank pressure - Vapor space		mbarg	150
Storage Tank pressure - Vapor space		mbara	12187
Temperature of LNG		°C	-159,7
Density of LNG		kg/m3	440,1

NET BOG FROM TANKS TO BOG COMPRESSOR			
Storage Tank pressure - Vapor space		mbarg	150
Storage Tank pressure - Vapor space		mbara	12187
Temperature of LNG		°C	-159,7
Density of LNG		kg/m3	440,1
LNG flow rate to storage tank		m3/h	14000
BOG flow rate displaced due to inlet of LNG		Am3/h	14000
Pressure		mbarg	150
Pressure		mbara	1163
Bubbling point		°C	-159,6
BOG density in the ship tank		kg/m3	2,10
BOG flow rate displaced due to inlet of LNG		kg/h	29462
BOG required to be returned from the tanks towards the ship		kg/h	21030
Net BOG flow rate toward the BOG compressor		kg/h	8432

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	VAM	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/07/2020	VAM	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

MEMORIA DE CÁLCULO DE EVAPORADORES

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-PR-MC-006**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 14

ÍNDICE

1. OBJETIVO 3

2. ALCANCE 3

3. REFERENCIAS 3

4. DISEÑO ORV 4

4.1 TUBOS 4

4.1.1 INTERNOS 4

4.1.2. CONDICIÓN TERMODINÁMICA LNG 5

4.2 CARCASA 9

5. RESULTADOS 10

6. ANEXO 12

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es detallar los criterios adoptados para el diseño y dimensionamiento de los evaporadores de LNG Open Rack Vaporizer (ORV) ubicados en la planta de revaporización de LNG, Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

2. ALCANCE

El alcance de este documento abarca el diseño de los evaporadores listados a continuación, los cuales tienen como función evaporar el LNG procesado por las bombas de alta presión, para inyección a gasoducto.

Tabla 1: Identificación de los Evaporadores.

TAG	Descripción
ORV-011	Open Rack Vaporizer
ORV-012	Open Rack Vaporizer
ORV-013	Open Rack Vaporizer
ORV-014	Open Rack Vaporizer

3. REFERENCIAS

Se hace uso de los siguientes documentos para la realización de las memorias de cálculo:

- G1-GE-BD-001 Bases de Diseño.
- G1-GE-LO-001 LayOut.
- G1-PR-PI-008 Diagramas P & ID: Evaporador, Open Rack Vaporizer ORV-011/012/013/014.
- G1-PR-MC-001 Memoria de Cálculo de Líneas.
- G1-PR-BME-001 Balance de Masa y Energía.

4. DISEÑO ORV

El diseño de los evaporadores consta de dos partes, la zona de tubos y la carcasa abierta. Para la primera zona nombrada, se utiliza el simulador HTRI mientras que para la segunda se adopta la geometría de los tubos y las recomendaciones tomadas de la planta de referencia. A continuación, se detalla cada una.

4.1 TUBOS

Se emplea el simulador HTRI en la función Rating, esto significa que se cargan los datos de un intercambiador y el diseño se ajusta a partir del sobrediseño calculado por el programa.

La utilización del simulador HTRI requiere la especificación de los siguientes parámetros, cuyos valores se especifican en el documento G1-PR-BD-001 Bases de Diseño:

1. ***Tipo de intercambiador:*** se elige un intercambiador de casco y tubo con servicio "Falling Film Evaporator Tube Side" ya que es el que más se ajusta al fenómeno ocurrido. A pesar de no existir una carcasa cerrada como en los equipos casco y tubo, los tubos se simulan correctamente con este método ya que el agua cae por gravedad en forma de film alrededor de los tubos mientras que el LNG ascendente dentro de los mismos se evapora.
2. ***Propiedades de fluidos:*** para definir los datos necesarios de las corrientes involucradas, se importan del simulador UniSim Design 54.1 los mismos. Esto es, caudales másicos, propiedades físicas y correlaciones. Para ello, se debe cargar un intercambiador de casco y tubo el cual tenga copiada las corrientes en cuestión.
3. ***Condiciones de operación:*** se definen la temperatura y la presión las cuales coinciden con el balance de masa y energía. Se adopta una pérdida de carga.
4. ***Resistencia de ensuciamiento:*** se especifican las resistencias de ensuciamiento a ambos lados del equipo.
5. ***Geometría de tubos:*** se adopta un largo, diámetro externo, pitch, espesor y ángulo entre la disposición de tubos.
6. ***Material de tubos:*** al manejarse temperaturas criogénicas en parte del equipo, el material utilizado es acero inoxidable.

4.1.1 INTERNOS

Como se mencionó en el documento G1-PR-BD-001 Bases de Diseño, resulta indispensable la presencia de internos que mejoren la transferencia de calor para evitar la construcción de equipos de gran tamaño.

En los tubos, se hallan dos tipos de internos. El primero consiste en aletas las cuales aumentan el área de transferencia. En el simulador se cargan en la geometría de tubos, eligiendo como opción de tipo de tubo "Longitudinal Fin". Se especifican la cantidad, la altura, el espesor y el material de las aletas. Dichos valores se especifican en el documento G1-PR-BD-001 Bases de Diseño.

El segundo interno, mejora la transferencia de calor mediante un aumento en la turbulencia del sistema. Se trata de las cintas metálicas enrolladas las cuales se insertan longitudinalmente en el centro de los tubos. En el simulador se carga este interno en la geometría de los tubos y luego se especifica el espesor, el parámetro L/D para un giro de 360° y el ancho. Dichos valores se especifican en el documento G1-PR-BD-001 Bases de Diseño.
En el documento G1-PR-HD-005 Hoja de Datos de Evaporadores ORV-011/012/013/014 se hallan los diagramas de la sección transversal de los tubos.

4.1.2. CONDICIÓN TERMODINÁMICA LNG

Tanto el gas natural licuado como el gas natural que se procesa en los tubos se encuentra en un estado supercrítico. Esto se puede visualizar en las siguientes imágenes:

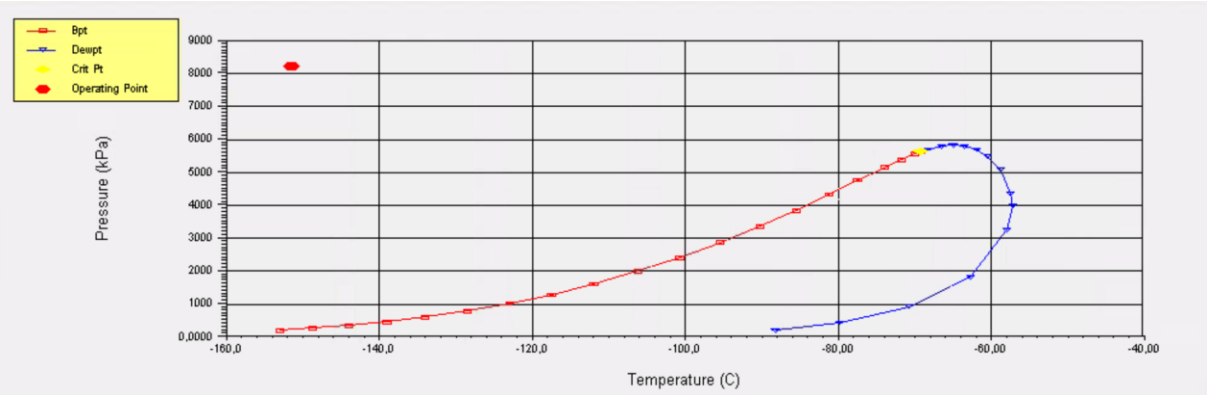


Figura 1: Diagrama de presión versus temperatura para el gas licuado a la entrada del evaporador.

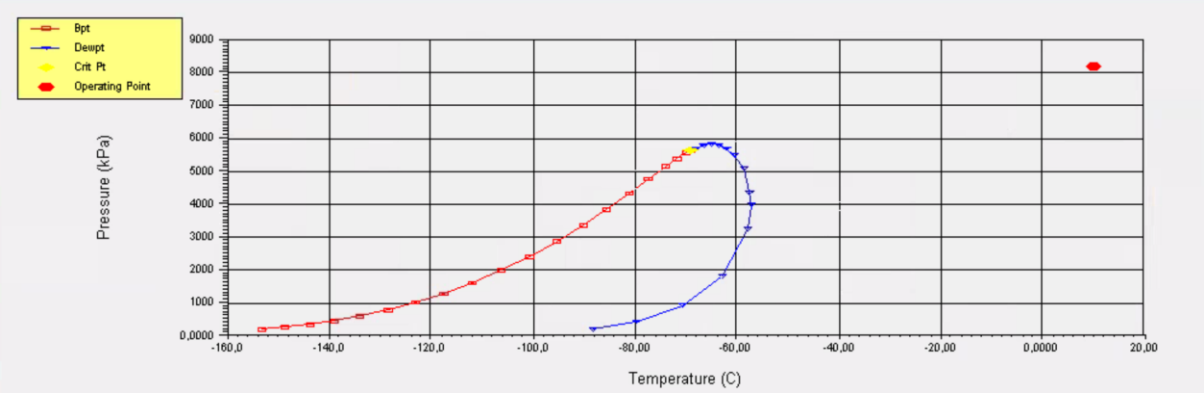


Figura 2: Diagrama de presión versus temperatura para el gas natural a la salida del evaporador.

Un fluido supercrítico que cambia de fase es un caso particular ya que no existe una transición de la fase líquida a la fase vapor o viceversa como ocurre dentro de la campana. Esto se debe a que en dichas condiciones no existe una convivencia de ambas fases, produciendo

que exista una discontinuidad cuando se grafican las distintas propiedades versus la temperatura.

El simulador HTRI realiza las iteraciones utilizando dichas propiedades, es por ello que si el salto encontrado en las mismas es muy grande, el programa no realiza las iteraciones correctamente al pasar de una fase a la otra simulando mal la realidad.
Es por ello que se utilizan distintos métodos de cálculo para realizar las iteraciones de las propiedades, los cuales difieren en qué tan bien se simulan estos datos.

En este caso, se utiliza el método de cálculo integral con incremento de igual temperatura. A continuación se muestran los gráficos de las propiedades en función de la temperatura.

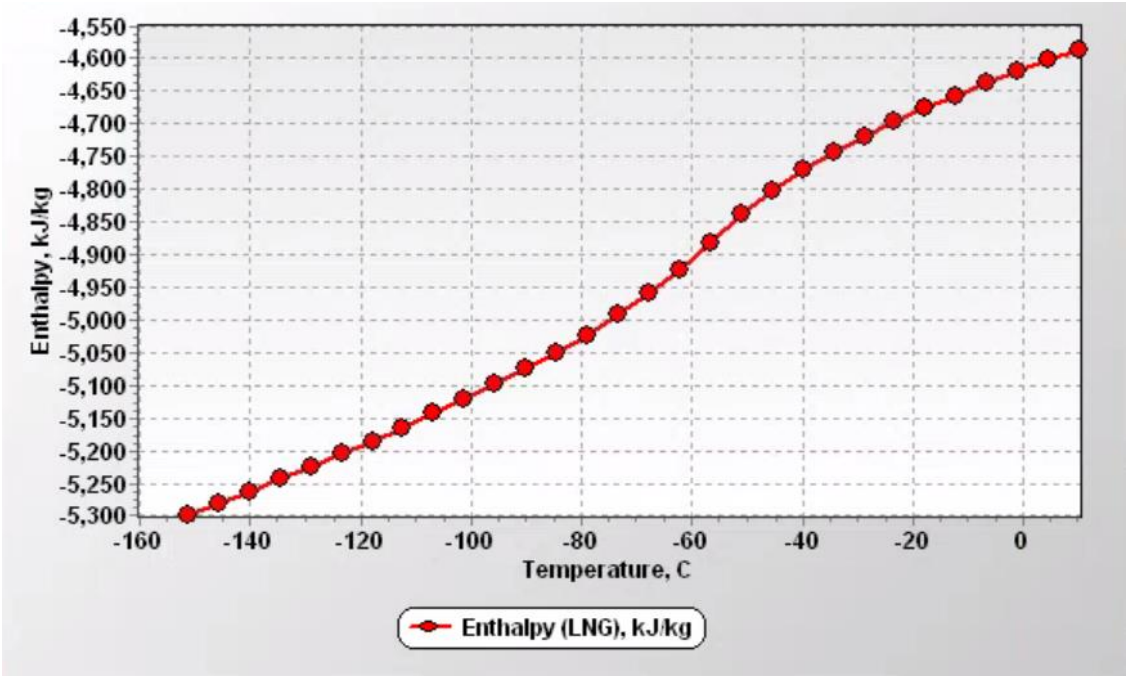


Figura 3: Gráfico representativo de la variación de la entalpía de gas natural en función de la temperatura.

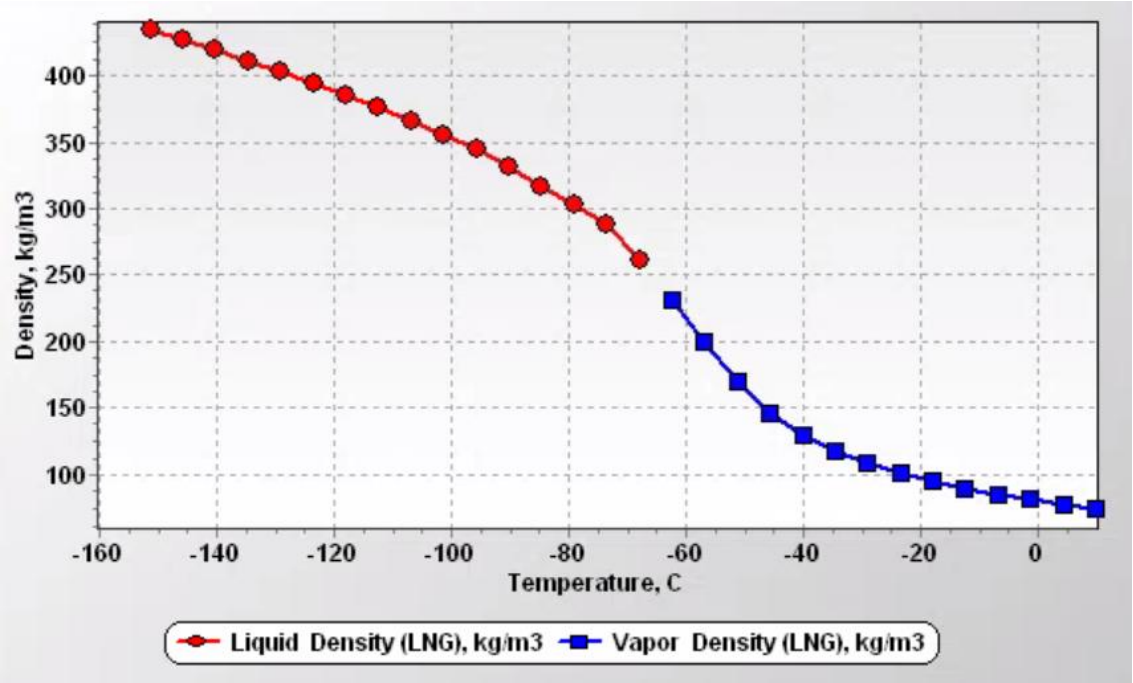


Figura 4: Gráfico representativo de la variación de la densidad de gas natural en función de la temperatura.

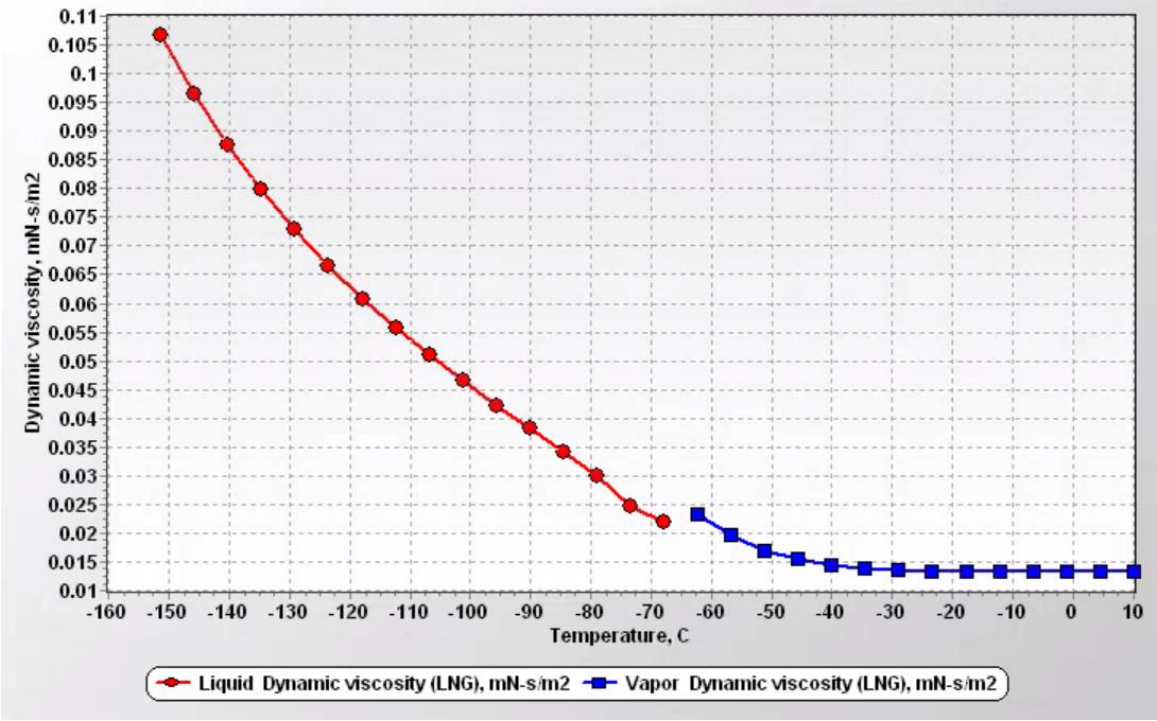


Figura 5: Gráfico representativo de la variación de la viscosidad de gas natural en función de la temperatura.

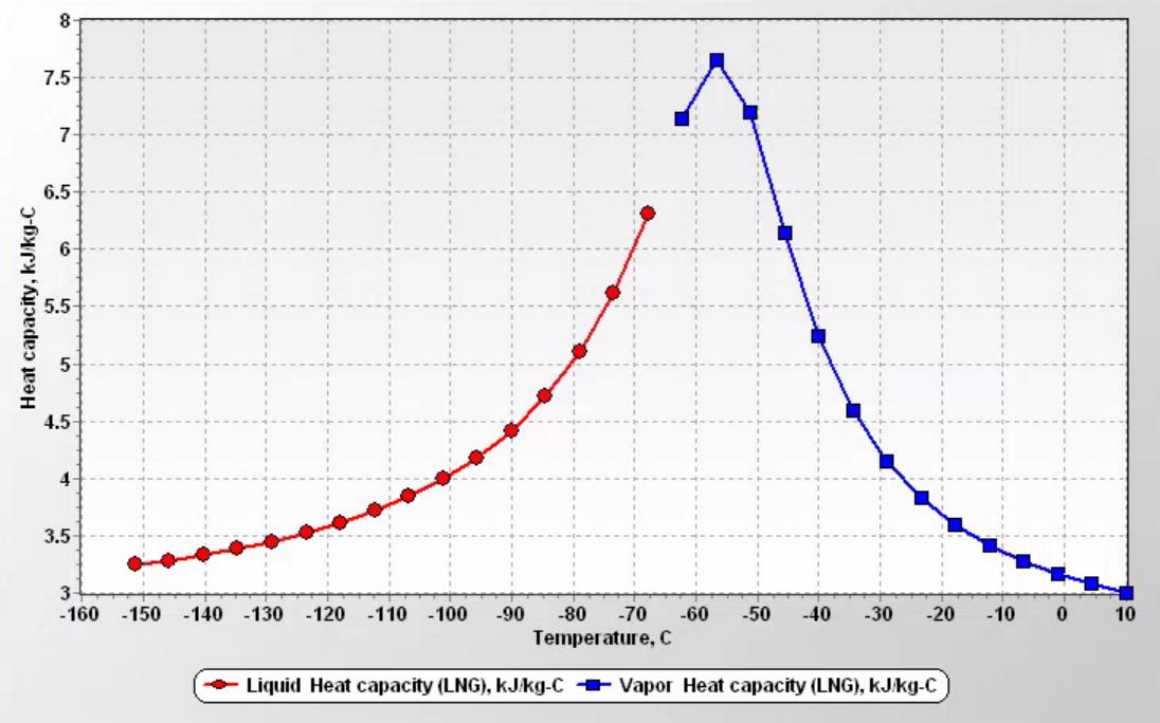


Figura 6: Gráfico representativo de la variación de la capacidad calorífica de gas natural en función de la temperatura.

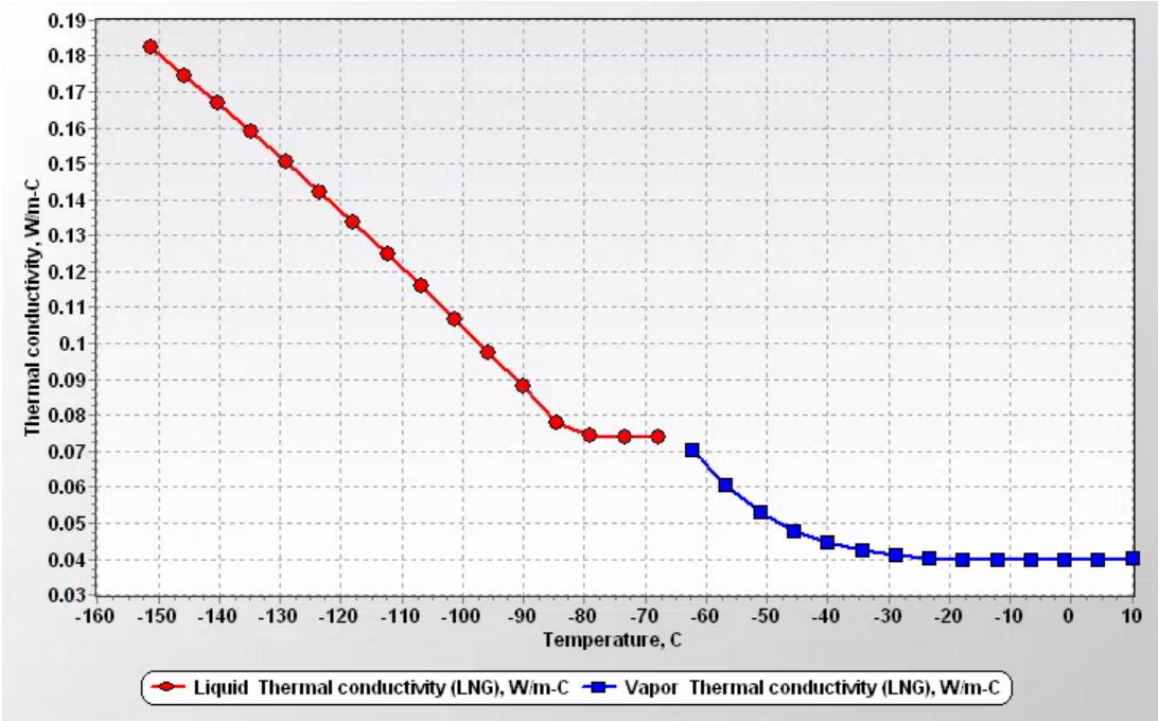


Figura 7: Gráfico representativo de la variación de la conductividad térmica de gas natural en función de la temperatura.

Como se puede apreciar en los gráficos anteriormente adjuntados, las discontinuidades en las propiedades no resultan ser grandes, es por ello que el error generado en el simulador al realizar las iteraciones en el cambio de fase es despreciable.

4.2 CARCASA

Con la finalidad de converger el diseño propuesto en el simulador, se selecciona un diámetro interno de carcasa y las propiedades y condiciones de operación del fluido de servicio. En este caso, se utiliza como fluido calefactor el agua del circuito de enfriamiento proveniente de la central eléctrica. Se importan los datos nombrados desde el simulador UniSim Design 54.1 y se establecen la pérdida de carga del lado carcasa y su resistencia de ensuciamiento.

Con respecto al diámetro interno de la carcasa, este valor es ficticio ya que, al no existir este tipo de intercambiadores en el programa, no se puede diseñar mediante el uso del mismo.

La carcasa en el equipo se trata de una carcasa abierta a la atmósfera, la cual tiene dos paredes laterales de concreto y las dos restantes presentan un tipo de material sólo para impedir el paso de aves o suciedad. Se muestra una imagen a continuación:

Figura 8: Imagen de un Evaporador tipo ORV.

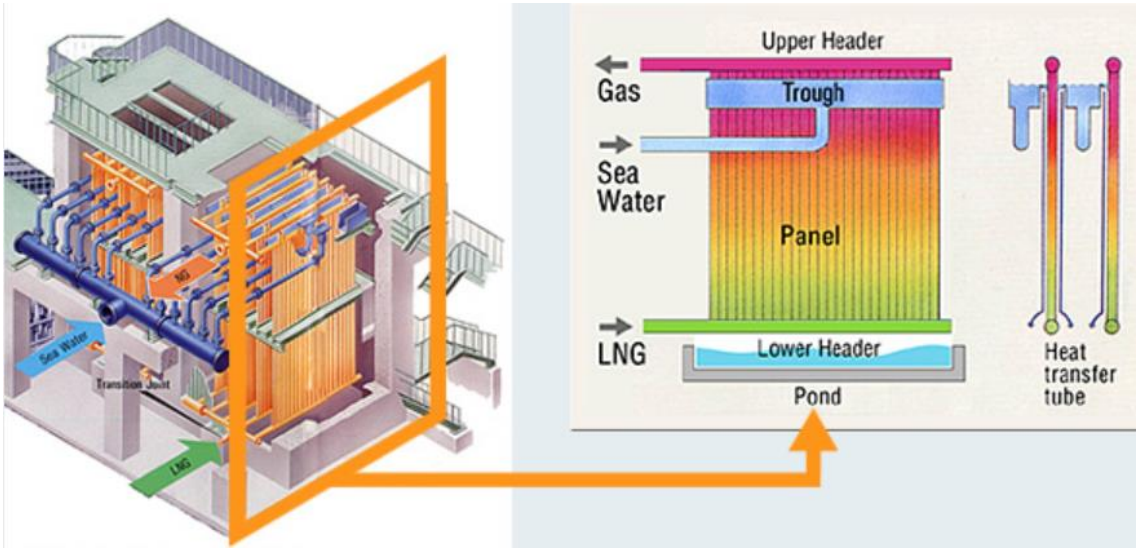


Figura 9: Esquematización del equipo evaporador.

Como se ve en la Figura 2, el equipo se encuentra dividido en bloques. Cada uno de los mismos presenta una cantidad definida de paneles, los cuales consisten en filas de cierta cantidad de tubos.

5. RESULTADOS

El simulador HTRI, luego de cargar todos los datos nombrados en la sección anterior y especificarle el último grado de libertad el cual consiste en la cantidad de tubos, devuelve un rating del diseño el cual se ve expresado en el porcentaje de sobrediseño.

Como se especifica en el documento G1-PR-BD-001 Bases de Diseño, el porcentaje de sobrediseño adoptado debe ser alrededor del 10%. Por lo tanto, se varía el número de tubos tal de obtener un valor cercano al propuesto. Con una cantidad de tubos igual a 1600, se obtiene un valor de 11,86%, lo cual es aceptable.

Es por ello que de esta manera se obtiene el diseño del lado tubos. Para terminar de definir las dimensiones finales del equipo, se decide utilizar dos bloques, con 8 paneles cada uno. Cada uno de estos paneles contiene una fila de 100 tubos.

Las distancias entre paneles, entre paneles y la pared lateral del equipo, entre tubos extremos y pared frontal y también el espesor de la pared lateral y de la pared divisoria de bloques, se especifica según las recomendaciones de la planta de referencia. Estas distancias corresponden a temas constructivos de la estructura del equipo y espacios necesarios para las conexiones.

Por lo tanto, el equipo quedaría definido según la siguiente imagen:

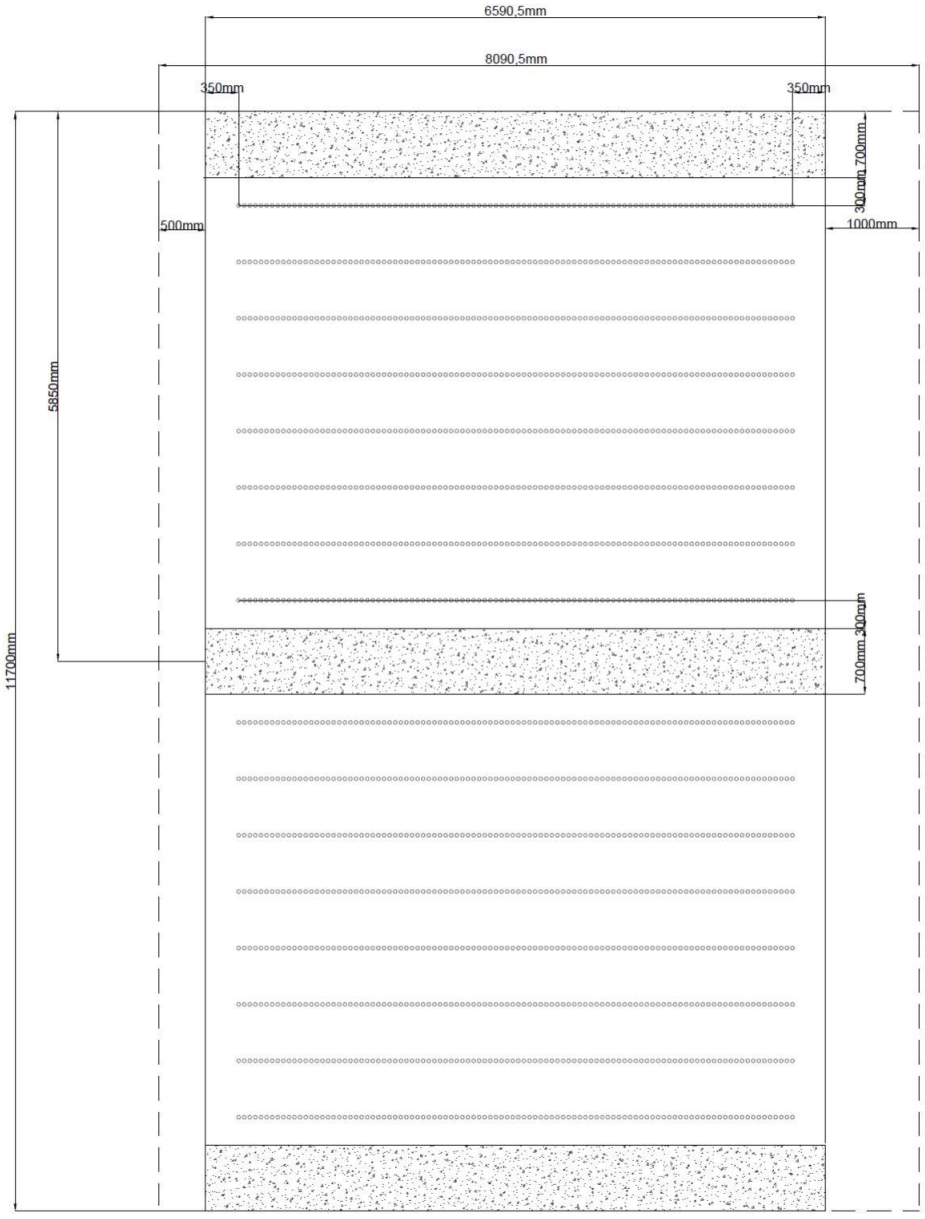


Figura 10: Representación esquemática del evaporador ORV vista desde arriba.

6. ANEXO

Se adjuntan las capturas de pantalla del simulador HTRI con las respectivas entradas mencionadas a lo largo de la memoria de cálculo. El resultado del resumen de la simulación y las propiedades de los fluidos procesados se encuentran en el documento G1-PR-HD-005 Hoja de Datos de Evaporadores ORV-011/012/013/014.

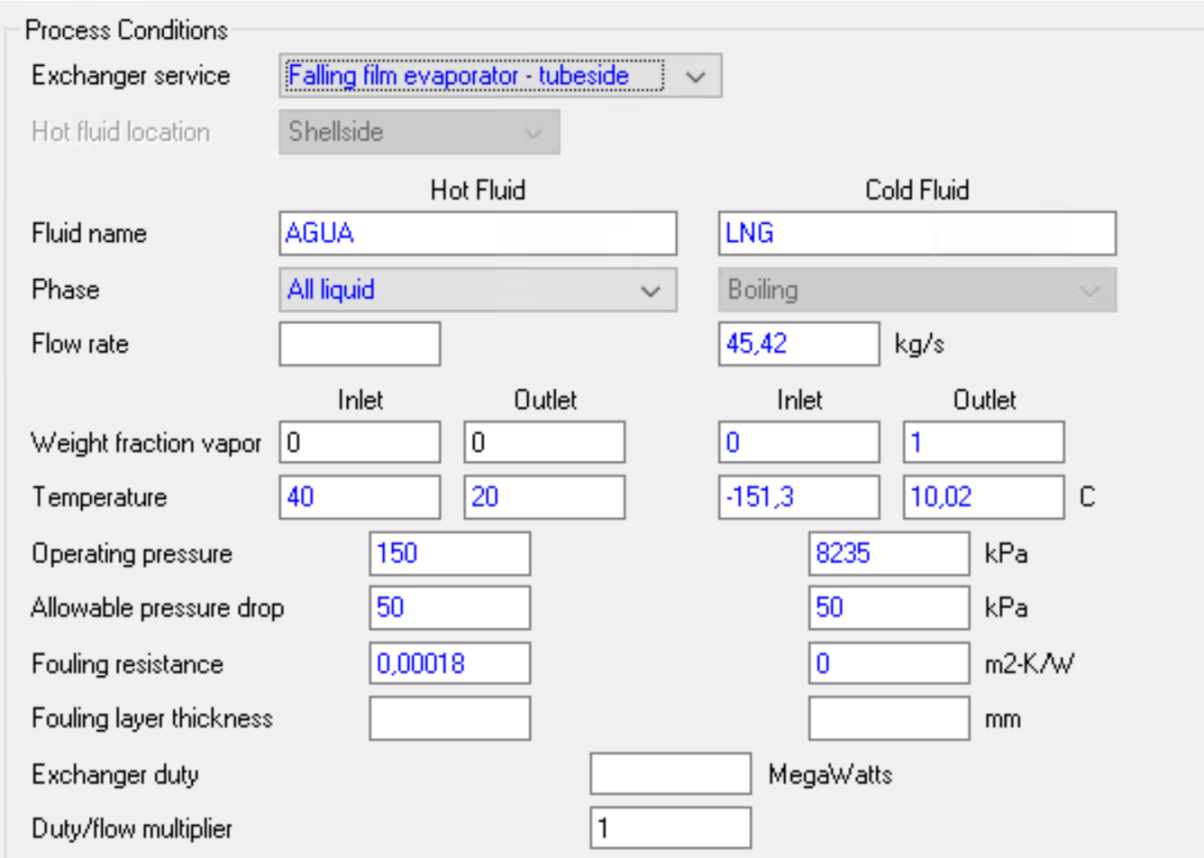


Figura 11: Entradas de datos de proceso en el simulador HTRI.

Figura 12: Entradas de geometría de carcasa y tubos en el simulador HTRI.

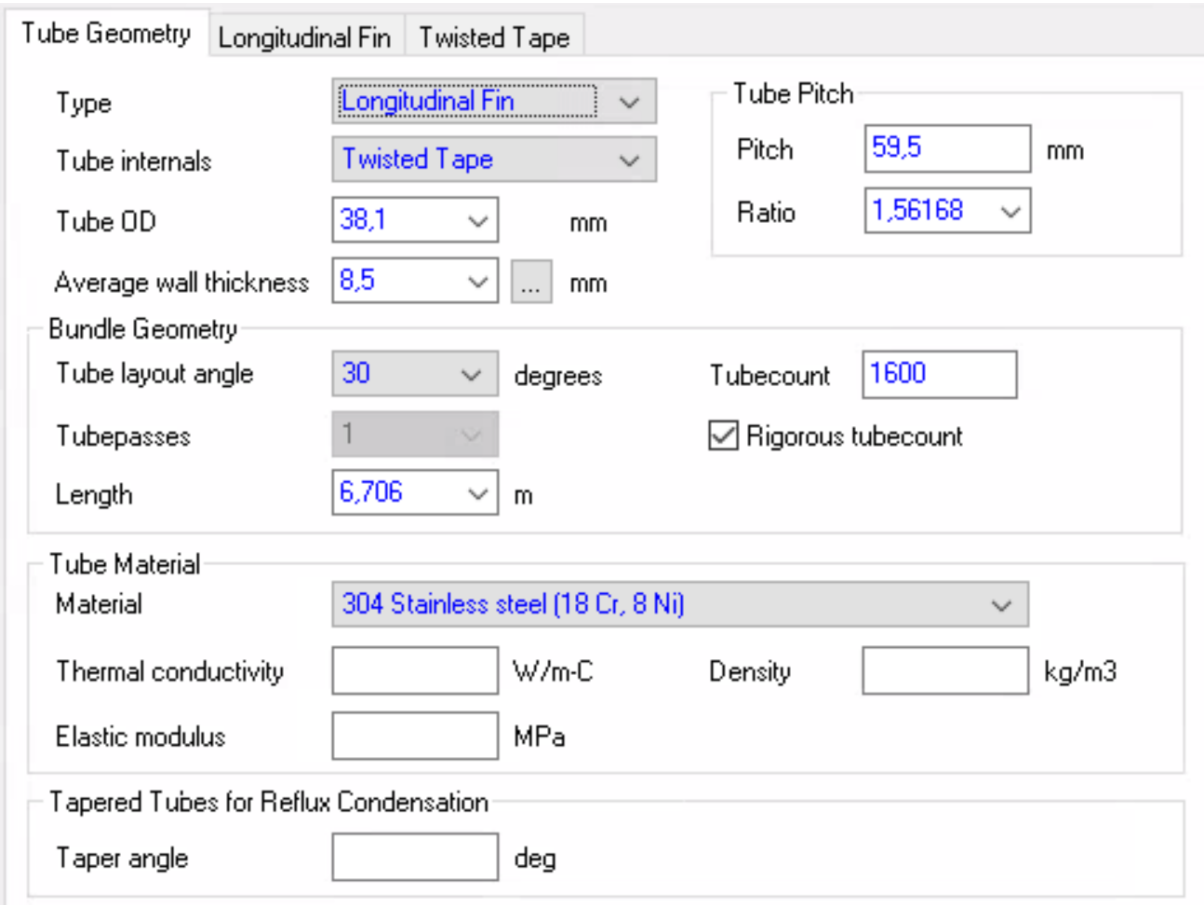


Figura 13: Entradas de datos de tubos en el simulador HTRI.

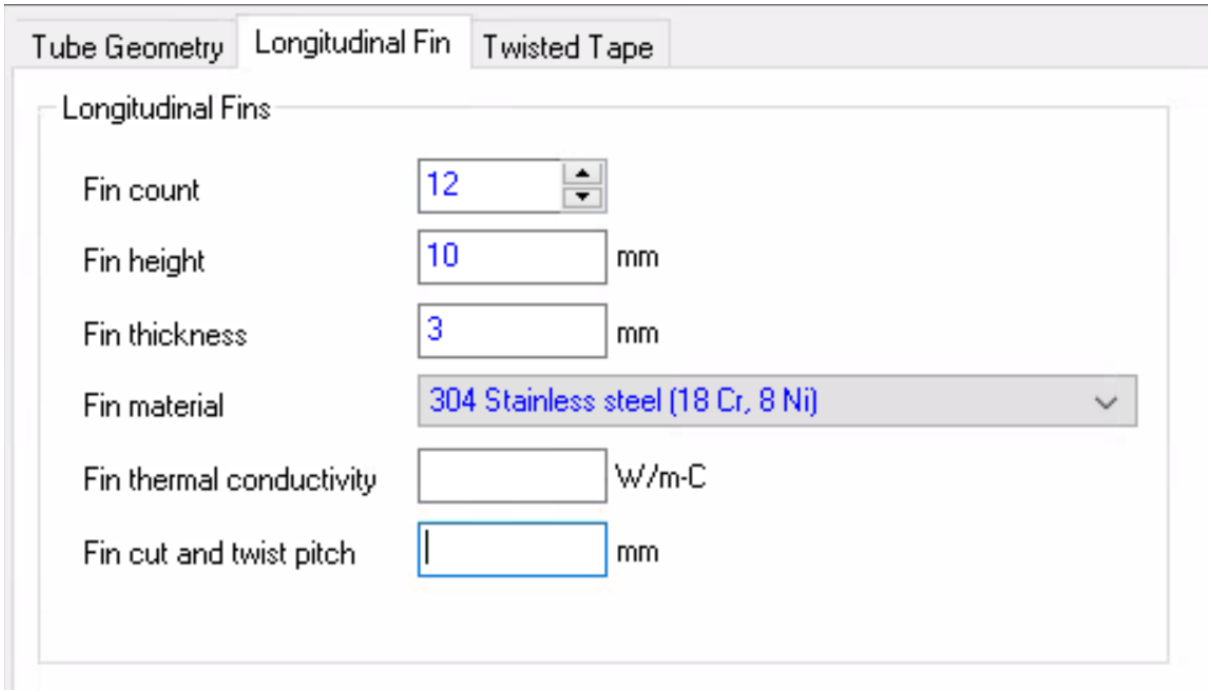


Figura 14: Entradas de datos de aletas de tubos en el simulador HTRI.

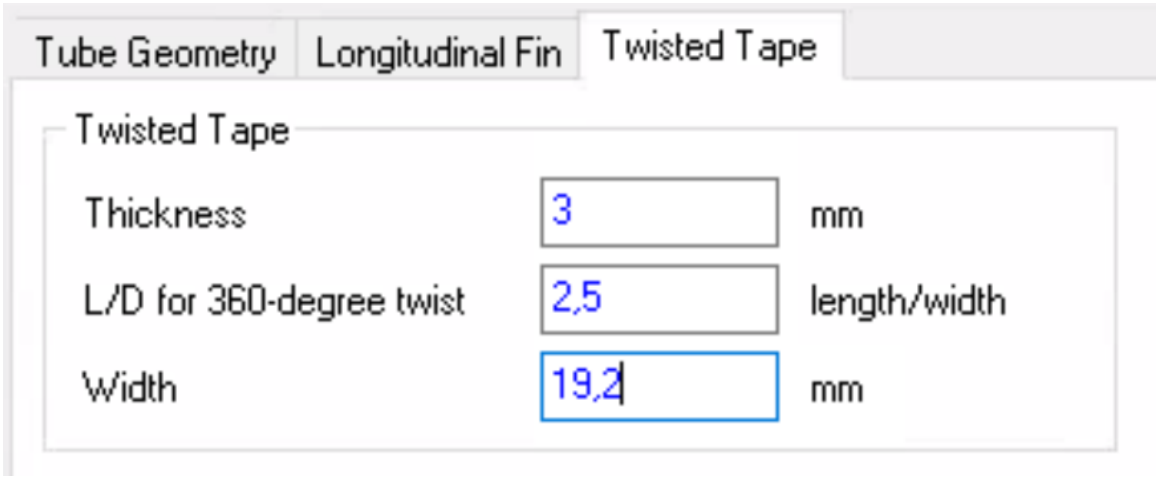


Figura 15: Entradas de datos de internos de tubos en el simulador HTRI.

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LUC	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

MEMORIA DE CÁLCULO DE SEPARADOR SCRUBBER

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-PR-MC-007**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 9

ÍNDICE

1. OBJETIVO 3
2. ALCANCE 3
3. REFERENCIAS 3
4. DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO 4
5. SELECCIÓN DEL EQUIPO 5
6. DISEÑO DEL EQUIPO 6
   - 6.1 INGRESO AL SCRUBBER 6
   - 6.2 DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO: GAS 7
   - 6.3 DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO: LIQUIDO 7
   - 6.4 ALTURA DEL EQUIPO 8
   - 6.5 AISLACIÓN DEL EQUIPO 8

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es detallar los criterios adoptados para el diseño y dimensionamiento del scrubber perteneciente al tren de compresión en la planta de revaporización de LNG, Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

2. ALCANCE

El alcance de este documento de diseño de los siguientes compresores los cuales tienen como función comprimir los gases de BOG generados en la planta previamente a su alimentación hacia el recondensador.

Tabla 1: Identificación de Scrubber

TAG	Descripción
SSC-015	Separador Scrubber

3. REFERENCIAS

Se hizo uso de los siguientes documentos para la realización de las memorias de cálculo

- G1-GE-BD-001 Bases de Diseño.
- G1-GE-LO-001 Lay Out.
- G1-PR-PI-005 Diagrama P&ID: Sistema de Compresión
- G1-PR-MC-001 Memoria de Cálculo de Líneas.
- Gas Processors Suppliers Association Engineering Data Book (GPSA, 2004).

4. DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO

Las dimensiones del scrubber vienen dadas por las condiciones operativas, y las características de las corrientes a separar. La principal finalidad de este equipo es evitar el ingreso de partículas líquidas al compresor, ya que este es un equipo costoso, y la presencia de estas partículas líquidas resulta muy dañina. Se espera que la corriente que será alimentada al equipo consista mayoritariamente de gas, y la corriente líquida podría variar su caudal debido a la corriente de LNG desobrecalentador.

Dicha corriente, se evapora al entrar en contacto con la corriente gaseosa de BOG proveniente de los tanques, pero si el caudal de BOG fuese a variar súbitamente, mientras el caudal de LNG desobrecalentador se ajusta, podría generarse un excedente de líquido.

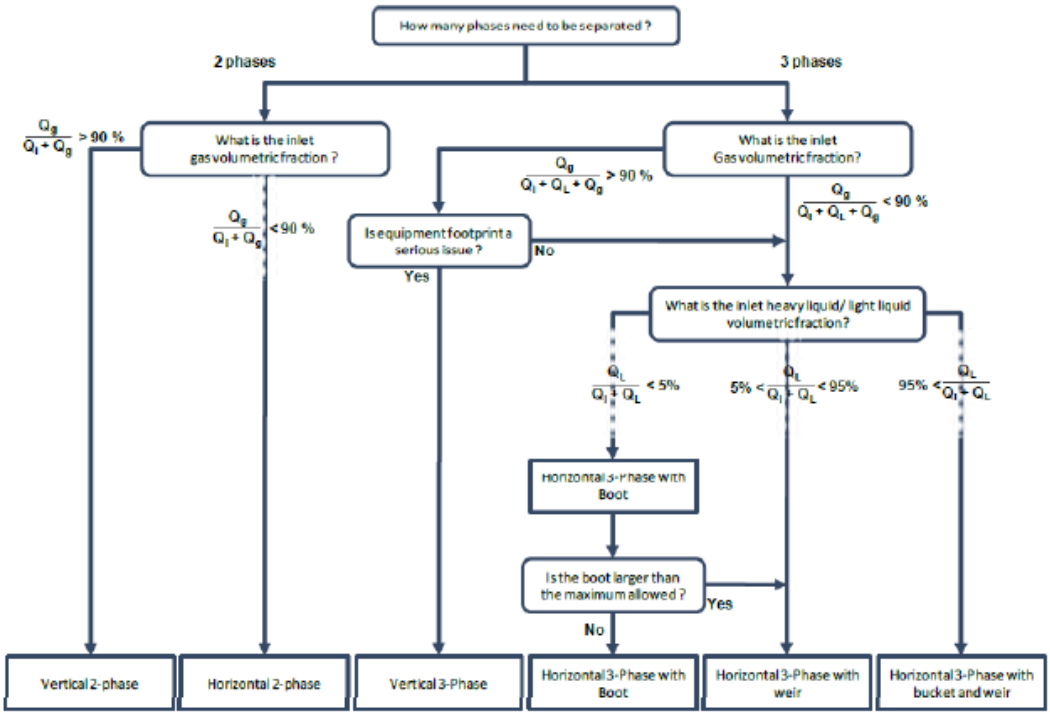


Figura 1: Esquema de selección de separadores Gas-Líquido.

5. SELECCIÓN DEL EQUIPO

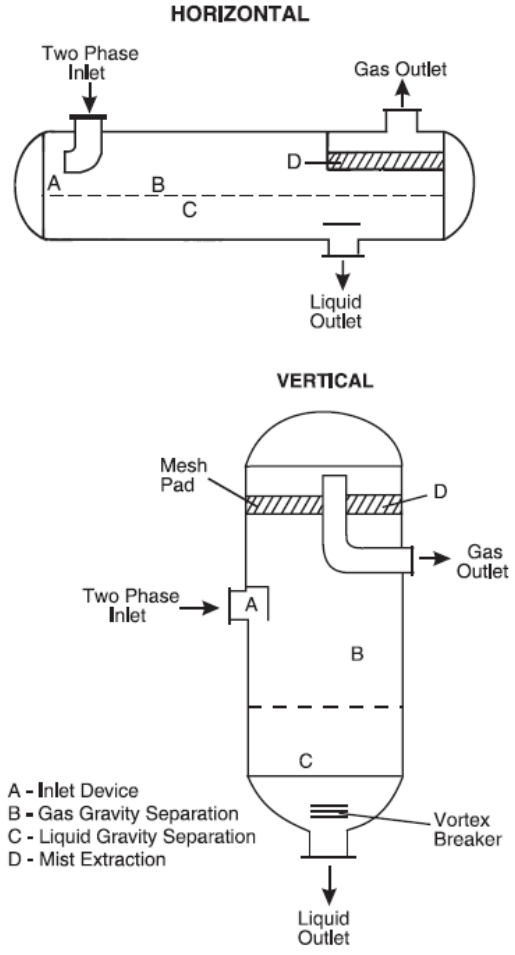


Figura 2: Esquema típico de separadores Gas-Líquido.

Hay dos tipos de separadores Gas-Líquido típicos, existen los verticales y los horizontales. Dado que la corriente a tratar está compuesta mayoritariamente por gas, siguiendo los lineamientos establecidos por Gas Processors Suppliers Association Engineering Data Book (GPSA, 2004), se procede a seleccionar un separador vertical. Dado que estos son los más aptos para tratar corrientes cuya relación G/L sea elevada.

6. DISEÑO DEL EQUIPO

6.1 INGRESO AL SCRUBBER

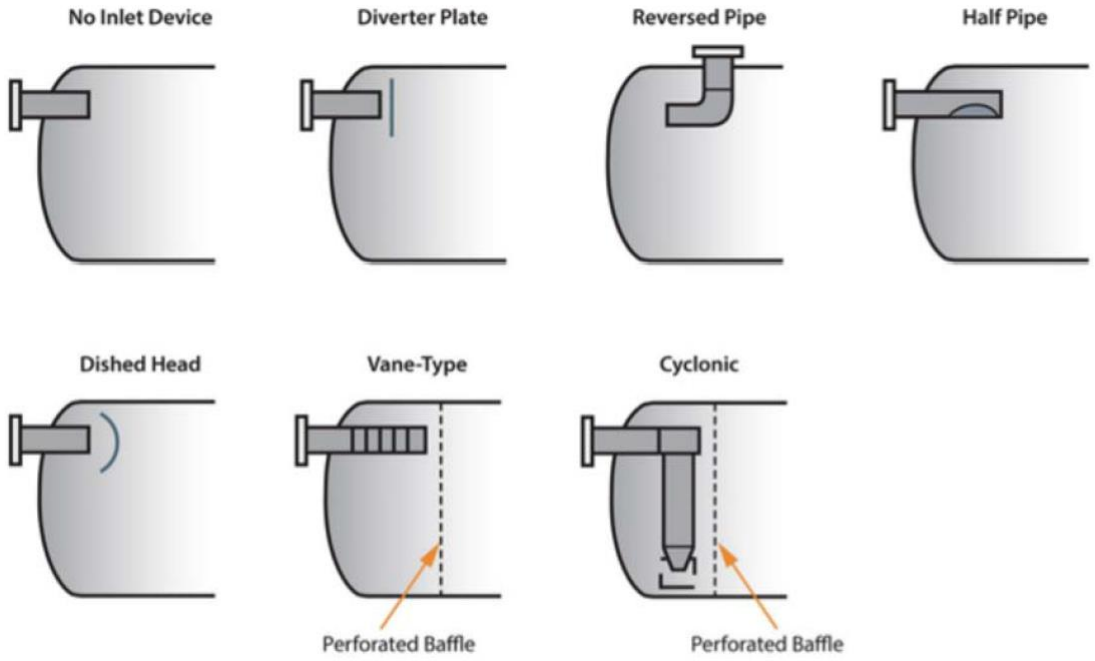


Figura 3: Internos de entrada al equipo de separación. En ese caso, se seleccionó un equipo de separación vertical, pero los internos son los mismos a los que se puede observar en la figura

Function	None	Diverter plate*	Half Pipe	Vane Type	Cyclonic
Momentum Reduction	Poor	Average	Good	Good	Good
Bulk Liquid Separation	Poor	Poor	Average	Good	Good
Prevent re-entrainment	Poor	Poor	Average	Good	Average-Good
Minimize droplet shattering	Poor	Poor	Average	Good	Good
Defoam	Poor	Poor	Poor	Average	Good
Low pressure drop	Good	Good	Good	Good	Average
Ensure good gas distribution	Poor	Poor	Poor	Good	Average

* Diverter plate performance applies to reverse pipe and dished head inlet devices

Figura 4: Características de los diferentes internos de alimentación de los separadores Gas-Líquido

Como accesorio de entrada, dentro de la amplia variedad de inlets posibles se decide utilizar un Half Pipe, dado que satisface los requerimientos de separación necesarios, sin incurrir en gastos superfluos en elementos más sofisticados.

Además, se verificó que la velocidad del gas de entrada, expresada en ρv^2 sea menor a 1000 Pa, lo que asegura a correcta separación.

6.2 DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO: GAS

Para el dimensionamiento de la fase gaseosa, se calcula la velocidad terminal de las partículas líquidas presentes en la fase gaseosa. El cálculo de la velocidad terminal se realiza mediante el método Souders-Brown, tal como lo especifica el Gas Processors Suppliers Association Engineering Data Book (GPSA, 2004).

La velocidad de la fase gaseosa no debe superar la velocidad terminal de las partículas líquidas; de lo contrario no se lograra la correcta separación.

$$v_{max} < v_t = Ks\sqrt{\frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}} \qquad (1)$$

Dónde:
$\rho_l = 27{,}4\ lb/ft^3$
$\rho_g = 0{,}130\ lb/ft^3$
$Ks = 0{,}35$

El factor Ks utilizado es de 0,35 dado que se decide instalar un separador terciario de tipo Wire Mesh Demister, ya que es de crucial importancia que no ingresen partículas líquidas al compresor.

En base a esta velocidad máxima, dado que se cuenta con el caudal volumétrico que circula por este equipo (se diseña para el máximo caudal volumétrico de gas), es posible calcular el diámetro requerido para este equipo. Se concluye entonces que el diámetro mínimo requerido es de 0,79m, redondeando a 0,94m (3ft) para la obtención de un equipo más fácil de construir.

6.3 DIMENSIONAMIENTO DEL EQUIPO: LIQUIDO

El primer paso a realizar es verificar si ocurre la desgasificación de la fase líquida, comparando la velocidad de la fase con la velocidad terminal calculada, siguiendo las indicaciones del Gas Processors Suppliers Association Engineering Data Book (GPSA, 2004), la cual utiliza las densidades de la fase gas y líquida y la viscosidad de la fase líquida. La velocidad de la fase líquida se obtiene mediante el caudal de líquido y el área transversal del equipo, calculada en función del diámetro obtenido en la sección anterior.

Al ser menor la velocidad del líquido a la velocidad terminal de las partículas gaseosas presentes en la fase, es posible desgasificar, si bien no era la finalidad principal del equipo, resulta conveniente.

El siguiente paso, es calcular las alturas de las alarmas, en función a los tiempos establecidos entre alarmas. Nuevamente, estas alturas son calculadas en función al caudal líquido y el área transversal del equipo.

Tabla 2: Altura de alarmas.

Alarmas	Tiempo	Distancia
LALL hasta LAL	1 min	86,4mm
LAL hasta HAL	5 min	4292,6mm
HAL hasta HALL	1 min	86,4mm
LALL hasta HALL	7 min	609,6mm (2 feet, valor redondeado)

6.4 ALTURA DEL EQUIPO

En base a los cálculos realizados en las secciones anteriores y recomendaciones de diseño, es posible obtener la altura total del equipo.

Tabla 3: Altura del equipo

Parte inferior del equipo hasta HALL	914,4mm	Recomendación de 12 inches hasta LALL, más la suma de alturas entre alarmas calculadas con surge time
HALL hasta la alimentación del equipo	609,6mm	Por convención
Entrada Alimentación del Scrubber	609,6mm	En función del Diámetro de entrada al equipo
Alimentación del Scrubber al Demister	914,4mm	Por convención
Espesor Demister	152,4mm	A confirmar con el proveedor.
Tope del Demister hasta la salida del equipo	100.6mm	$d = 0{,}5(\emptyset - \emptyset no\ cañería\ de\ salida)$
Altura total	3352,8mm	11 ft, redondeado.

De la sección 7 se obtiene el diámetro del equipo de 914,4mm, y con la altura de 3352,8mm se logra obtener una relación L/D = 3,67 la cual se encuentra dentro del rango óptimo recomendado para una buena separación.

6.5 AISLACIÓN DEL EQUIPO

Por último, se procede a calcular el espesor de aislación requerido para el equipo, de modo de evitar que se eleve la temperatura en el interior del mismo, lo cual resultaría desfavorecedor para el funcionamiento del compresor.

Mediante las siguientes fórmulas:

$$q_{TOTAL}(W/m) = \frac{\Delta T(K)}{R_{lTotal}(m \cdot K/W)} = \Delta T(K) \times U(W/m \cdot K) \qquad (1)$$

ΔT: Diferencia de temperatura (K) entre el ambiente y el fluído del equipo
R_{ITotal}: Resistencia térmica total (mK/W) la cual incluye conductividad, convectividad y raciación
U: Transmitancia térmica total (W/mK)

$$h_{RAD}(W/m^2K) = \varepsilon \cdot \sigma \left(\frac{T_W^4 - T_{amb}^4}{T_W - T_{amb}} \right) \quad (2)$$

ε : Emisividad superficial
σ : Constante de Stefan-Boltzmann (5.67x10-8 W/m2K4)

$$h_{EXT-TOTAL}(W/m^2K) = h_{CVEXT} + h_{RAD} \quad (3)$$

$$T_W = T_{amb} - \frac{q_{TOTAL}(W/m^2)}{h_{EXT-TOTAL}(W/m^2 \cdot K)} \quad (4)$$

Dado que Tw debe calcularse para conocer h_{cvext} y h_{rad}, se utiliza un método iterativo para iterar el valor de Tw hasta que coincida con el valor calculado con la ecuación anterior.
El cálculo de la temperatura de la superficie externa es fundamental para prevenir la condensación de la superficie en el diseño de aislamiento en frío.

Con estas ecuaciones se procede a calcular el intercambio de calor con el medio ambiente para diferentes aislaciones. Dado que se debe considerar que el máximo intercambio de calor con el medio ambiente no debe superar los 25 W/m^2, se concluye que la aislación debe ser de 200mm de Cellular Glass.

0	EMISION FINAL	31/07/2020	LUC	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

MEMORIA DE CÁLCULO DE COMPRESORES

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-PR-MC-008**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 8

ÍNDICE

1. OBJETIVO 3
2. ALCANCE 3
3. REFERENCIAS 3
4. SELECCIÓIN DEL TIPO DE COMPRESORES 4
5. LIMITACIONES DEL FUNCIONAMIENTO 6
6. DISEÑO DEL SISTEMA DE COMPRESIÓN 7

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es detallar los criterios adoptados para el diseño y dimensionamiento de los sistemas de compresión ubicados en la planta de revaporización de LNG, Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

2. ALCANCE

El alcance de este documento de diseño de los siguientes compresores los cuales tienen como función comprimir los gases de BOG generados en la planta previo a su alimentación hacia el recondensador.

Tabla 1: Identificación de Compresores

TAG	Descripción
KG-016-A	Sistema de Compresión Centrifugo
KG-016-B	Sistema de Compresión Centrifugo

3. REFERENCIAS

Se hizo uso de los siguientes documentos para la realización de las memorias de cálculo

- G1-GE-BD-001 Bases de Diseño.
- G1-GE-LO-001 Lay Out.
- G1-PR-PI-005 Diagrama P&ID: Sistema de Compresión
- G1-PR-MC-001 Memoria de Cálculo de Líneas.
- Gas Processors Suppliers Association Engineering Data Book (GPSA, 2004).

4. SELECCIÓIN DEL TIPO DE COMPRESORES

Existe un amplio rango de compresores, para una alta variedad de sistemas, la selección del compresor depende entonces de las condiciones operativas que se pretenden utilizar.

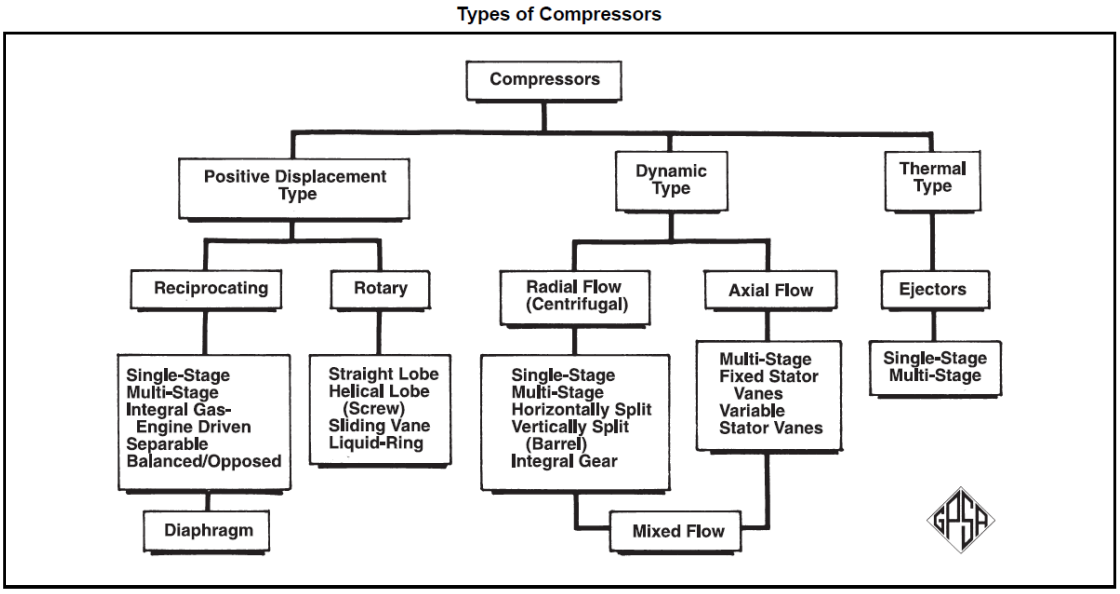


Figura 1: Tipos de compresores

Los más utilizados para el tipo de operación que se piensa implementar, la compresión de los gases de BOG, el cual se encuentra a temperaturas muy bajas son los reciprocantes y los centrífugos.

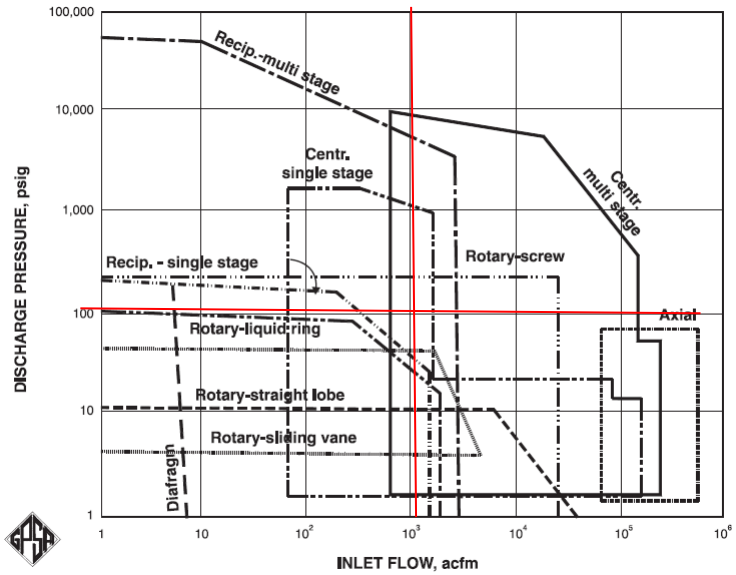


Figura 2: Rangos operativos de los diferentes tipos de compresores. Las condiciones en las que se piensa operar los sistemas de compresión están indicadas con líneas rojas; por lo que se puede observar, en ese rango operativo es viable tanto la utilización de compresores centrífugos como reciprocantes.

Se decide utilizar compresores centrífugos para la instalación de esta planta, por las razones que serán enumeradas a continuación:

- Los compresores centrífugos son más adaptables a variaciones de caudal, lo cual es usual en la operación normal de la planta de revaporización de LNG que se pretende instalar. Esto se debe a la posibilidad de variar la velocidad de rotación de los elementos del equipo, lo que permite, como ya se ha mencionado, la posibilidad de operar en un amplio rango de presiones y cargas volumétricas. Todo esto siempre ubicándose dentro de los límites operativos del compresor en cuestión.
- Su mantención es menos costosa, lo cual resulta favorable ya que la vida útil de la planta será prolongada
- Involucra menores costos operativos
- Mayor capacidad volumétrica que un compresor reciprocante de las mismas dimensiones
- Este tipo de compresor resulta recomendable porque no se desea lograr presiones muy elevadas, para lo cual normalmente se requeriría un compresor de tipo pistón.

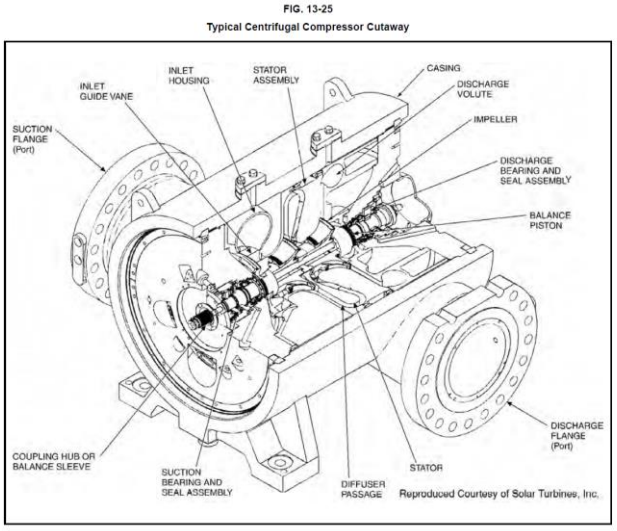


Figura 3: Diagrama típico de un compresor centrífugo y sus componentes

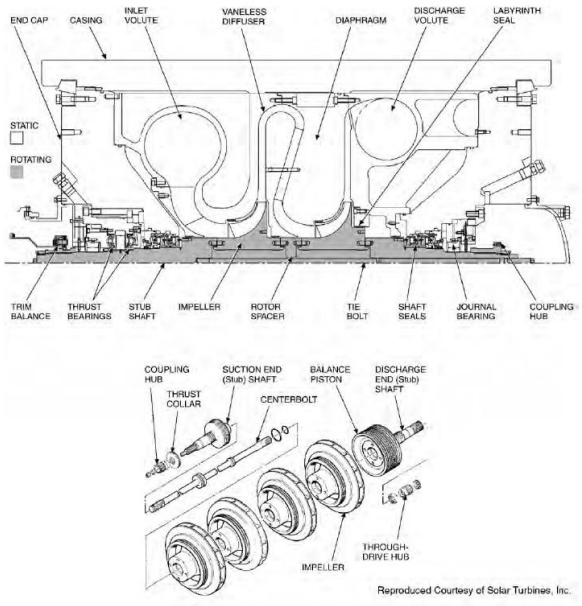


Figura 4: Vista corte transversal de un compresor y sus elementos rotativos

5. Limitaciones del funcionamiento

Surge: Se produce ante una relación de presión de descarga donde existe un caudal mínimo en el cual el sistema no puede vencer las pérdidas a la descarga; el gas a alta presión retrocede (back-flow) reduciendo la presión de descarga; luego el gas fluye y se repite el ciclo. Puede producir sobrecalentamiento en el compresor y excesos de carga sobre los cojinetes. Resulta perjudicial para la vida útil de la máquina.

Stonewall: Ocurre cuando se llega al flujo sónico, en algún punto a lo largo del compresor. Cuando esto sucede, el flujo a través del compresor no puede ser incrementado; para lograr esto se debería modificar las propiedades mecánicas del equipo.

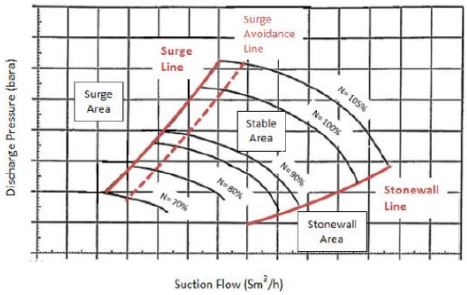


Figura 5: Diagrama de Rango estable de operación

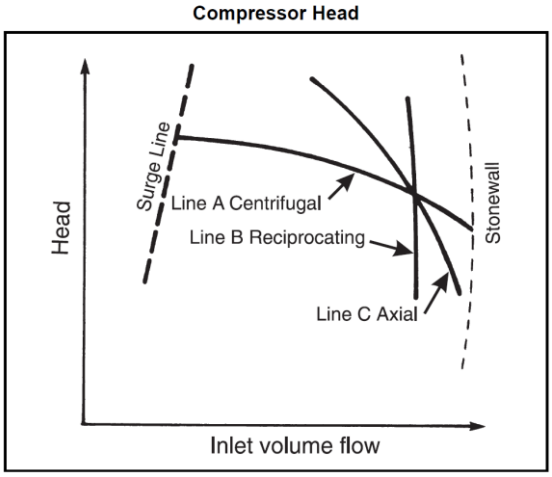


Figura 6: Líneas características compresores

Se debe tener sumo cuidado de operar el compresor dentro del rango estable, ya que de lo contrario la vida útil del equipo se vería gravemente afectada. Dado los elevados costos que este tipo de equipo implica esto resultaría de lo más desfavorecedor desde un punto de vista económico.

Las curvas de Surge y de Stonewall para las diferentes velocidades operativas de los compresores a utilizar deben ser provistas por el vendedor de dicho equipo. Los sistemas de control instalados deben asegurar la seguridad de estos equipos y del personal que ha de trabajar con ellos y en sus cercanías.

6. DISEÑO DEL SISTEMA DE COMPRESIÓN

El siguiente paso es especificar las condiciones operativas del sistema de compresión. El primer es especificar la cantidad de etapas de compresión. Se implementa la compresión en 2 etapas, utilizando una relación de compresión de 2,55. Esto permite lograr la presión requerida en el recondensador, sin que la relación de compresión entre la entrada y la salida sea demasiado elevada, abaratando costos operativos y reduciendo la inversión inicial.

Para el cálculo de la potencia se utiliza la siguiente formula, la cual es recomendada para este tipo de sistemas de compresión de acuerdo con lo estipulado en Gas Processors Suppliers Association Engineering Data Book (GPSA, 2004

$$Pontecia\ de\ Compresor\ (HP) = 22 \times Relacion\ de\ compresion\ por\ etapa \times Numero\ de\ etapas \times Caudal\ Volumetrico(MMcfd) \times F \quad (1)$$

Donde F es igual a 1,08 para compresores de dos etapas.

En base a los cálculos realizados la potencia resultante es de 407,135 hp, la cual es un valor estimativo a confirmar por el proveedor.

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	ADU	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

MEMORIA DE CALCULO DE VALVULAS DE CONTROL

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-PR-MC-009**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 6

ÍNDICE

1. OBJETIVO 3

2. ALCANCE 3

3. REFERENCIAS 3

4. FUNCIONAMIENTO VALVULAS DE CONTROL 4

5. SELECCIÓN DE VALVULAS 5

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es detallar los criterios adoptados para el diseño y dimensionamiento la válvula de control de nivel LV1715 de entrada de líquido al recondensador en la planta de revaporización de LNG, Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

2. ALCANCE

El alcance de este documento de diseño de las siguientes válvulas de control las cuales tienen como función garantizar la seguridad del recondensador de los gases de BOG, en caso de situaciones de adversas las cuales puedan significar un riesgo.

Tabla 1: Identificación de la Válvula de Control

TAG	Descripción
LV1715	Válvula de Control

3. REFERENCIAS

Se utilizan los siguientes documentos para la realización de las memorias de cálculo

- G1-GE-BD-001 Bases de Diseño.
- G1-GE-LO-001 Lay Out.
- G1-PR-PI-006 Diagrama P&ID: Recondensador
- G1-PR-MC-006 Memoria de Cálculo del Recondensador.
- API Standard 521 Pressure/relieving and Depressuring Systems.
- Emerson Process Management – Fischer Valve Catalogue

4. FUNCIONAMIENTO VALVULAS DE CONTROL

Existen distintos tipos de válvulas de control. Las principales diferencias entre ellas radican en el mecanismo de cierre, el cual provoca que la pérdida de presión que sufre el caudal al atravesarlas varíe. También se cuenta con distintos grados de efectividad de regulación del caudal.

Figura 1: Distintos tipos de Válvulas

En este caso, se opta por utilizar una válvula globo. Las válvulas de control del tipo Globo cuentan con un vástago en su interior, como se puede observar en la ***Figura 2***, el cual sirve para regular el paso de caudal a través de la misma.

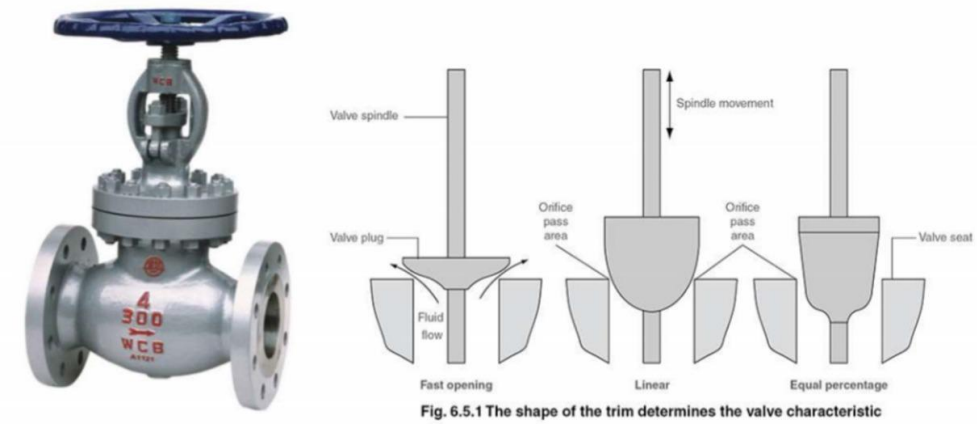


Figura 2: Válvula globo.

Las válvulas globo tienen la ventaja de tener una excelente regulación del caudal y además no requieren lubricación. Además, no queda líquido atrapado en el interior de la misma cuando se cierra.

5. SELECCIÓN DE VALVULAS

La válvula a diseñar es la LV1715 la cual regula la entrada de líquido por la zona inferior del recondensador.

El objetivo es obtener una válvula que opere al 60% de apertura en condiciones normales, y que opere al 80% de apertura en condiciones más severas. Para esta última condición mencionada, se diseña considerando las características de la línea donde se encuentra la válvula, y los equipos que podrían tener influencia sobre ella. Dado que esta válvula se encuentra en la línea de descarga de los tanques, se supone que un escenario posible sería que, al pasar de descargar un tanque a otro, estarían operando tres bombas en lugar de las dos bombas estipuladas en condición operativa normal. De este modo, la válvula opera en condiciones normales con un caudal de 486250kg/h, mientras que en al operar con tres bombas de baja funcionando, se necesita procesar un 50% más de caudal, equivalente a 729376kg/h.

Conociendo las condiciones en las que se encuentra el fluido, se selecciona una válvula globo puesto que tiene una excelente regulación de caudal.

Para una pérdida de presión en la válvula de 0,3 bar, se selecciona la siguiente válvula de control, a partir del catálogo de válvulas de control Fischer de Emerson Process Management:

Válvula A31A Criogénica
CL300
NPS 10 in

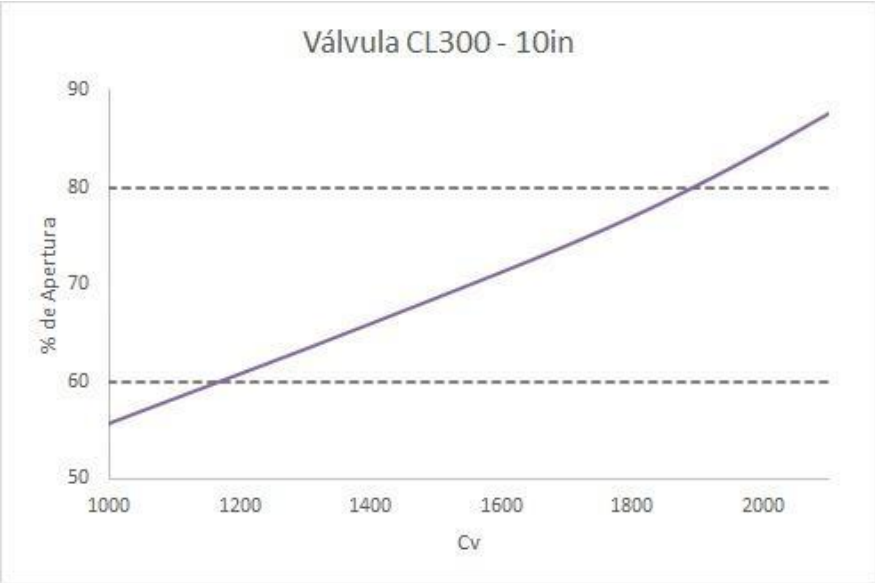


Figura 3: Porcentaje de Apertura de válvula en función de los parámetros de flujo.

Dado que la cañería en la cual se encuentra regulando es de 12in, se necesita colocar una reducción previa y expansión posterior a la válvula.

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	ADU	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	CHEQ.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

MEMORIA DE CALCULO DE VALVULAS DE ALIVIO

PROCESOS

Escala	DOCUMENTO N°:	Revisión
S/E	**G1-PR-MC-010**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 7

ÍNDICE

1. OBJETIVO 3
2. ALCANCE 3
3. REFERENCIAS 3
4. FUNCIONAMIENTO VALVULAS DE ALIVIO 4
5. ESCENARIOS QUE PUEDEN CAUSAR SOBREPRESION 4
   - 5.1 FUEGO EXTERNO 4
   - 5.2 BLOQUEO ENTRADA DE LIQUIDO AL RECONDENSADOR 4
6. CÁLCULO 5
   - 6.1 CÁLCULO ESCENARIO INCENDIO 5
   - 6.2 CÁLCULO ESCENARIO BLOQUEO ENTRADA DE LÍQUIDO AL RECONDENSADOR 6
7. SELECCIÓN DE VÁLVULAS 7

1. OBJETIVO

El objetivo de este documento es detallar los criterios adoptados para el diseño y dimensionamiento de las válvulas de alivio del Recondensador de gases de BOG en la planta de revaporización de LNG, Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

2. ALCANCE

El alcance de este documento es el diseño de las siguientes válvulas de seguridad las cuales tienen como función garantizar la seguridad del recondensador de los gases de BOG, en caso de situaciones de adversas las cuales puedan significar un riesgo.

Tabla 1: Identificación de Válvulas de alivio

TAG	Descripción
PSV1750A	SISTEMA DE ALIVIO DE PRESIÓN RC017
PSV1750B	SISTEMA DE ALIVIO DE PRESIÓN RC017
PSV1751A	SISTEMA DE ALIVIO DE PRESIÓN RC017
PSV1751B	SISTEMA DE ALIVIO DE PRESIÓN RC017

3. REFERENCIAS

Se hizo uso de los siguientes documentos para la realización de las memorias de cálculo

- G1-GE-BD-001 Bases de Diseño.
- G1-GE-LO-001 Lay Out.
- G1-PR-PI-006 Diagrama P&ID Recondensador.
- G1-PR-PI-010 Diagrama P&ID Servicios Auxiliares.
- G1-PR-MC-006 Memoria de Cálculo del Recondensador.
- API Standard 521 Pressure/relieving and Depressuring Systems.

4. FUNCIONAMIENTO VALVULAS DE ALIVIO

Las válvulas de Alivio cuentan con un resorte en su interior, como se puede observar en la ***Figura 1***. Se debe seleccionar una presión de Set Off, a la cual la válvula se abrirá, ya que la fuerza ejercida por el gas que se encuentra en equipo iguala a la del resorte.

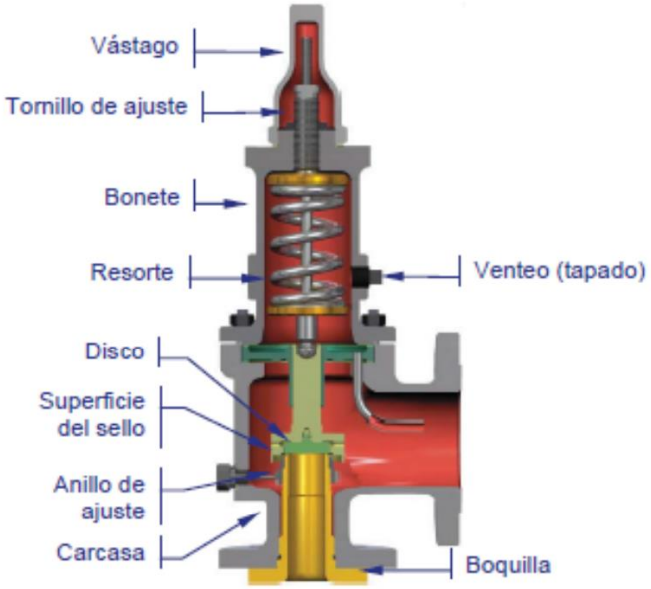


Figura 1: Valvula de Alivio Convencional.

5. ESCENARIOS QUE PUEDEN CAUSAR SOBREPRESION

Se diseña evaluando los posibles escenarios que se podían presentar en este equipo en particular, de acuerdo a las condiciones de operación normal. Para cada escenario se calculó el caudal que se requiere aliviar. Para el diseño de las válvulas, se consideró una apertura escalonada de las mismas, desde los escenarios con menor requerimiento de caudal hasta los de máximo caudal a aliviar.

5.1 FUEGO EXTERNO

La presencia de un incendio en el exterior del equipo provocaría un aumento en la presión del mismo. Esto se debe al caudal vaporizado de LNG, producto del calor recibido superficialmente por el recondensador. Si el aumento de presiona resulta significativo, y se alcanza la presión de apertura de la válvula de alivio, se debe remover un caudal de gas, el cual será estipulado en la próxima sección.

5.2 BLOQUEO ENTRADA DE LIQUIDO AL RECONDENSADOR

Si por algún motivo, la entrada de líquido al recondensador se viese interrumpida, la condensación de los gases BOG no podría ser llevada a cabo, lo que implicaría un aumento de la presión. Si

esta situación no puede ser contralada rápidamente, se debe recurrir al venteo de los gases de BOG que ingresan al equipo para evitar superar la presión de diseño del mismo.

6. CÁLCULO

6.1 CÁLCULO ESCENARIO INCENDIO

El primer paso es el cálculo del calor entregado al equipo por el incendio, el cual se calcula según lo especificado por la API Standard 521 Pressure/relieving and Depressuring Systems. De acuerdo a esto se obtiene la siguiente formula:

$$Q = k_i \,.\, F . A_{wet}^{0,82} \qquad (1)$$

Donde
$k_1 = 21.000$ Para casos donde la respuesta al incendio es adecuada.
$k_2 = 34.500$ Cuando no se cuenta con un sistema de respuesta adecuado al incendio.
$F = 0{,}045$ Factor Ambiental para Aislación Externa, el valor de F fue seleccionado acorde al sistema de aislación con el que cuenta el equipo.
$A_{wet} = 29{,}34\ m^2$ Superficie Mojada del Recondensador.

Se obtiene que el calor equivale a $Q = 174.497 \frac{BTU}{h} = 51{,}14\ kW$. Se utiliza la k_2 para que el cálculo resulte más conservador, dado que el diseño del sistema de control antiincendios queda fuera del alcance de este proyecto.

Para calcular el caudal de gas a remover del equipo en función del calor se utiliza la siguiente formula:

$$Q = W.\lambda \qquad (2)$$

Donde:
$\lambda = 243{,}4\ btu/lb$ Es la Entalpia de vaporización en fuicion de la masa.

Se obtiene entonces que el caudal másico a remover de este equipo es:

$$W = 717 \frac{lb}{h} = \frac{325kg}{h}$$

6.2 CÁLCULO ESCENARIO BLOQUEO ENTRADA DE LÍQUIDO AL RECONDENSADOR

Para este escenario, se supone que todo el caudal gaseoso de BOG que ingresa al recondensador debe ser removido, puesto que no se podría recondensar sin entrada líquida de LNG. Esto incrementaría la presión dentro del equipo, y para evitar rupturas o fisuras en el equipo, se debe instalar la correspondiente válvula de alivio de presión.

Se supone la peor condición, es decir cuando las condiciones operativas generen un mayor caudal de BOG.

Con esta suposición el caudal a remover es:

$$W = 28.780 \frac{lb}{h} = 12729 \frac{kg}{h}$$

7. SELECCIÓN DE VÁLVULAS

Para la selección de las válvulas primero se deben definir los siguientes conceptos:

- Presión de Set: presión a la cual la PSV deberá abrirse. Suele ser cercana e inferior a la presión de diseño del equipo
- Backpressure: presión a la descarga de la válvula de seguridad, la cual está dada por el sistema a descargar a flare. Esta presión se encuentra relacionada con la antorcha, las PSV que descargan al mismo, el Knock Out Drum y el colector de las líneas de alivio. Dado que el sistema de alivio no fue diseñado ya que queda fuera del alcance del proyecto, se estipula que la contrapresión es de 0,3 bar, como recomendación de la norma API Standard 521 Pressure/relieving and Depressuring Systems.
- Sobrepresión: Se asignó un 10% para el bloqueo de la entrada de líquido de recondensación, y un 21% para el caso de incendio.

Para la selección de las válvulas se considera una sobrepresión de 21% para el caso de incendio, y de 10% para el bloqueo de la entrada de líquido al recondensador.

Dado que los escenarios previstos arrojan caudales de alivio muy diferentes, se decide diseñar dos válvulas distintas, en vez de utilizar varias del mimo tamaño.

Dado que el caudal del escenario de bloqueo de líquido es mayor que el del escenario incendio, la presión de set off seleccionada para este último caso es definida como 14,9 bar, siendo menor que el set off de la válvula de alivio del escenario de bloqueo líquido, definida en 15 bar. De esta forma, ante una contingencia, la primera válvula en accionarse es la de incendio. Si aún así la presión sigue aumentando, se acciona la válvula del caso bloqueo de líquido, y ambas válvulas alivian el equipo.

De este modo y con los caudales obtenidos en la sección 6, se obtiene:

Válvula caso: bloqueo entrada de LNG	**Válvula caso: fuego externo**
Orificio K	Orificio D
Área efectiva 1186 mm^2	Área efectiva 70,97 mm^2

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/7/2020	HJL	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

HOJA DE DATOS

TANQUES DE ALMACENAMIENTO TKA-001/002/003

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-HD-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 5

CLIENTE:				
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**			
TÍTULO:	DOCUMENTO N°			
HOJA DE DATOS	**G1-PR-HD-001**			
TANQUES DE ALMACENAMIENTO TKA-001/002/003	REVISIÓN	A	0	
	Página:	2	de	5

DATOS GENERALES

CANTIDAD DE TANQUES TOTALES	3
CANTIDAD DE TANQUES EN OPERACIÓN	3
CANTIDAD DE TANQUES EN RESERVA	0
SERVICIO	ALMACENAMIENTO LNG
TIPO DE TANQUE	DE LLENADO COMPLETO

DATOS DE PROCESO

FLUIDO	LNG
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-159,7 °C
PRESIÓN DE OPERACIÓN	150 mbarg
CAUDAL VOLUMÉTRICO MÁXIMO DE ENTRADA DE LÍQUIDO	14000 m3/h
CAUDAL VOLUMÉTRICO MÁXIMO DE SALIDA DE LÍQUIDO	1680 m3/h
DENSIDAD	440,3 kg/m3
PESO MOLECULAR	17
VISCOSIDAD	0,1246 cP

DATOS DE DISEÑO

PRESIÓN DE DISEÑO	290 mbarg
TEMPERATURA DE DISEÑO	32 °C
DENSIDAD DE DISEÑO	1000 kg/m3
VOLUMEN NETO	145384 m3
DIÁMETRO INTERIOR	72,57 m
ALTURA	38,5 m
CAUDAL BOG DE DISEÑO	9892 kg/h (NOTA 1)

MATERIALES

TANQUE	ACERO INOXIDABLE 304L
CORROSIÓN PERMISIBLE	0 mm
AISLANTES	FIBRA DE VIDRIO / PERLITA / CONCRETO
ESPESOR DE AISLACIÓN	256 mm / 560 mm / 800 mm

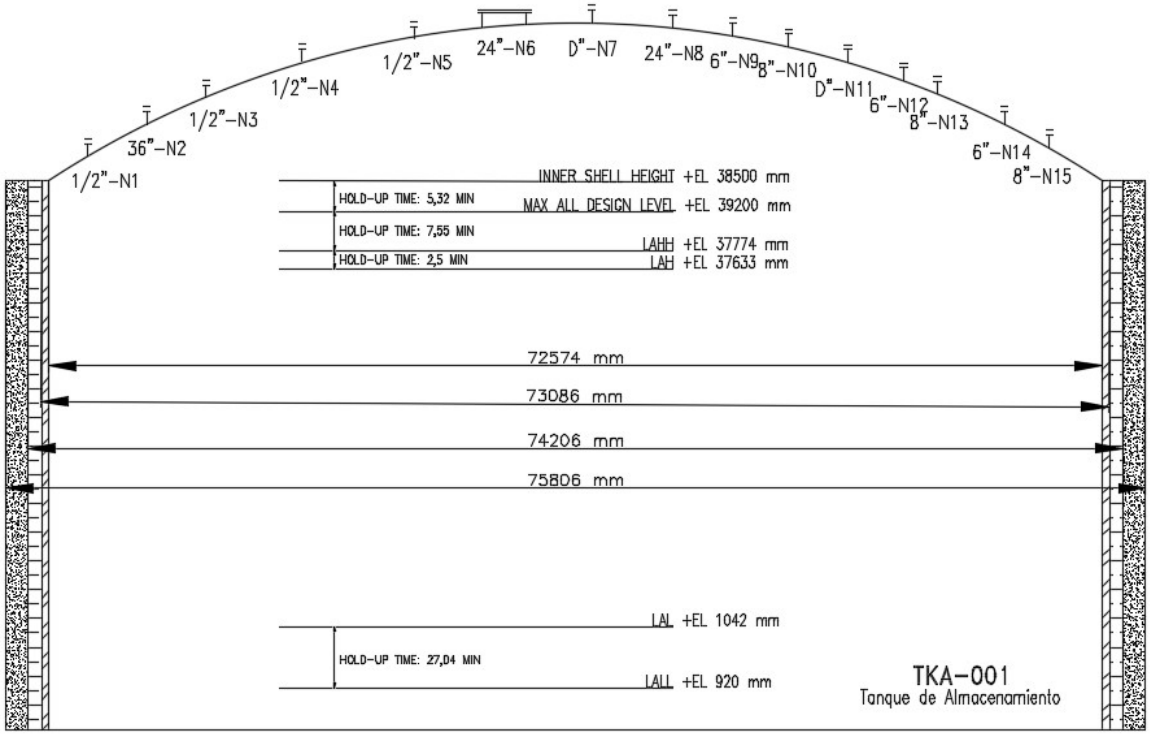
CONEXIONES

TKA-001	TKA-002	TKA-003
N1	N1	N1
N2	N2	N2
N3	N3	N3
N4	N4	N4
N5	N5	N5
N6	N6	N6
N7	N7	N7
N8	N8	N8
N9	N9	N9
N10	N10	N10
N11	N11	N11
N12	N12	N12
N13	N13	N13
N14	N14	N14
N15	N15	N15

NOTA 1: El caudal de BOG de diseño es el resultado de operar en modo descarga de barco hacia tanque y envío a gasoducto. Es la suma del caudal que no se podría devolver al barco (8432 kg/h) y el caudal igual al 0,05% de BOG generado por pérdida de calor hacia el ambiente (1460 kg/h)

CLIENTE:				
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**			
TÍTULO: **HOJA DE DATOS** **TANQUES DE ALMACENAMIENTO TKA-001/002/003**	DOCUMENTO N° **G1-PR-HD-001**			
	REVISIÓN	A	0	
	Página:	3	de	5

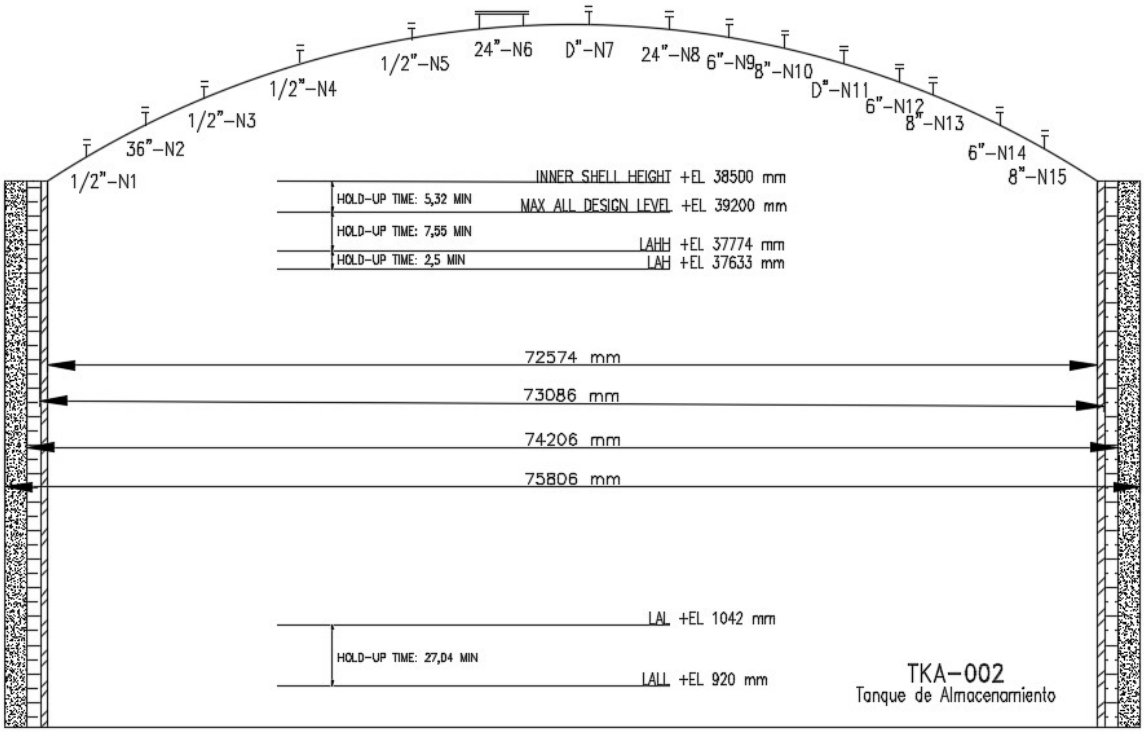
DIAGRAMA DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-001



NÚMERO DE CONEXIÓN	DESCRIPCIÓN
N1	Transmisor LTD-0165
N2	Descarga LNG barcos
N3	Transmisor de nivel LIT-0102
N4	Transmisor de nivel LIT-0103
N5	Transmisor de presión PIT-0104
N6	Paso de Hombre
N7	Venteo a Zona Segura
N8	Salida BOG Generado
N9	Recirculación LNG Bomba de Baja Presión LP P-004A
N10	Salida LNG Bomba de Baja Presión LP P-004A
N11	Valvula de Seguridad por Vacio VSV-0163
N12	Recirculación LNG Bomba de Baja Presión LP P-004B
N13	Salida LNG Bomba de Baja Presión LP P-004B
N14	Recirculación LNG Bomba de Baja Presión LP P-004C
N15	Salida LNG Bomba de Baja Presión LP P-004C

CLIENTE:				
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**			
TÍTULO: **HOJA DE DATOS** **TANQUES DE ALMACENAMIENTO TKA-001/002/003**	DOCUMENTO N° **G1-PR-HD-001**			
	REVISIÓN	A	0	
	Página:	4	de	5

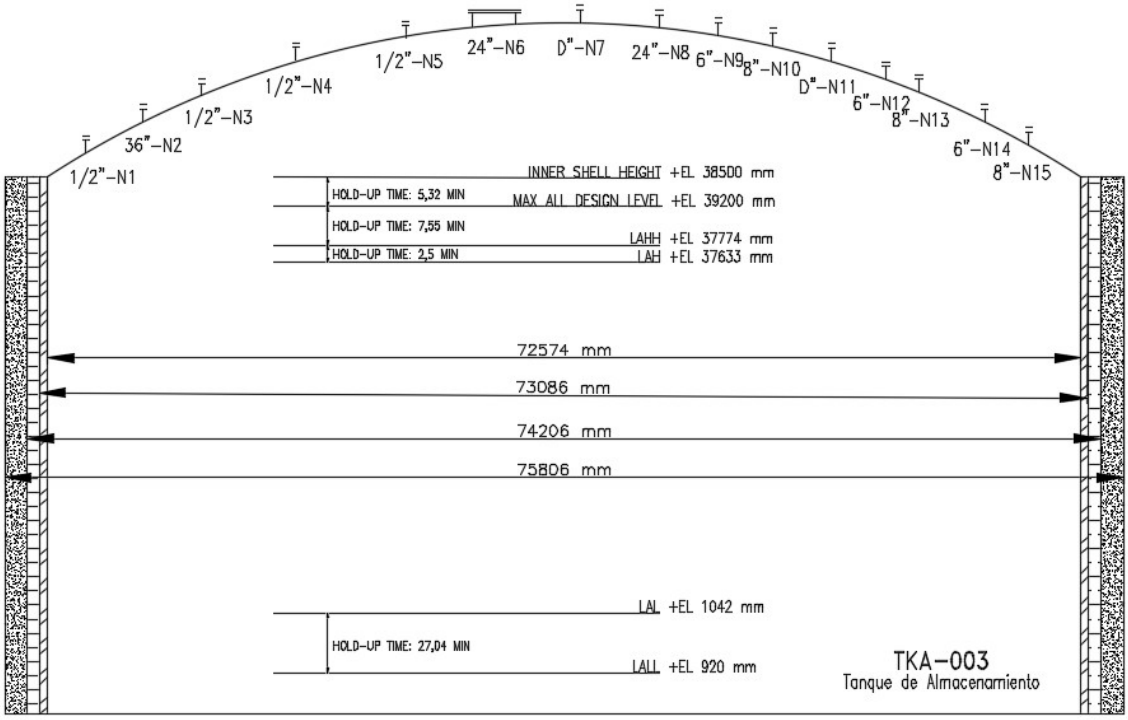
DIAGRAMA DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-002



NÚMERO DE CONEXIÓN	DESCRIPCIÓN
N1	Transmisor LTD-0265
N2	Descarga LNG barcos
N3	Transmisor de nivel LIT-0202
N4	Transmisor de nivel LIT-0203
N5	Transmisor de presión PIT-0204
N6	Paso de Hombre
N7	Venteo a Zona Segura
N8	Salida BOG Generado
N9	Recirculación LNG Bomba de Baja Presión LP P-005A
N10	Salida LNG Bomba de Baja Presión LP P-005A
N11	Valvula de Seguridad por Vacio VSV-0263
N12	Recirculación LNG Bomba de Baja Presión LP P-005B
N13	Salida LNG Bomba de Baja Presión LP P-005B
N14	Recirculación LNG Bomba de Baja Presión LP P-005C
N15	Salida LNG Bomba de Baja Presión LP P-005C

CLIENTE:				
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**			
TÍTULO: **HOJA DE DATOS** **TANQUES DE ALMACENAMIENTO TKA-001/002/003**	DOCUMENTO N° **G1-PR-HD-001**			
	REVISIÓN	A	0	
	Página:	5	de	5

DIAGRAMA DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-003



NÚMERO DE CONEXIÓN	DESCRIPCIÓN
N1	Transmisor LTD-0365
N2	Descarga LNG barcos
N3	Transmisor de nivel LIT-0302
N4	Transmisor de nivel LIT-0303
N5	Transmisor de presión PIT-0304
N6	Paso de Hombre
N7	Venteo a Zona Segura
N8	Salida BOG Generado
N9	Recirculación LNG Bomba de Baja Presión LP P-006A
N10	Salida LNG Bomba de Baja Presión LP P-006A
N11	Valvula de Seguridad por Vacio VSV-0363
N12	Recirculación LNG Bomba de Baja Presión LP P-006B
N13	Salida LNG Bomba de Baja Presión LP P-006B
N14	Recirculación LNG Bomba de Baja Presión LP P-006C
N15	Salida LNG Bomba de Baja Presión LP P-006C

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/7/2020	HJL	ARC	MAC

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

HOJA DE DATOS

BOMBAS DE BAJA PRESIÓN LP P-004A/B/C;005A/B/C;006A/B/C

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-HD-002**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 5

NOTE: Information to be completed by ● Purchaser ☐ Manufacturer

Construction Standard: ○ NFPA 20 Std. ○ UL-Listed Other:

Service: ***Bomba de LNG de Tanques de Almacenamiento a Recondensador***

Pump Manufacturer: ***NIKKISO*** Model: Serial No.: ***1008TX-100***

Size and Type: ***Centrífuga vertical*** No. Of Stages: ***5***

Applicable to: ○ Proposals ● Purchase ○ As Built

No. of Pumps Required ***9*** No. Motor Driven: No. Turbine Driven:

Pump Item No.: ***LP P-004A/B/C; 005A/B/C; 006A/B/C*** Pump Item No.:

Turbine Item No.:

Motor Provided by: Turbine Provided by:

Pump Provided by: Pump Provided by:

LIQUID

Name: ***LNG***

Pumping Temp.: Min.: -164,8 °C

Max.: -158,9 °C

Spec. Grav.: Min.: 0,429

Max.: 0,4707

Vapor Pres.: Min.: 1,063 bara

Max.: 1,263 bara

Viscosity: Min.: 0,1136 cP

Max.: 0,1589 cP

Corrosion / Erosion Caused by:

OPERATING CONDITIONS

Capacity

Rated: ***552.43*** m3/Hr

Pressure

Suction: ***0.1*** barg

Discharge: ***8.7*** barg

Differential: ***85.4*** bar

Differential Head: ***186*** m

NPSH Available: ***0.9*** m

Hydraulic Power: kW

Remarks

SITE CONDITIONS

Ambient Temperature

Max: ***32*** °C Min.: ***-1*** °C

Relative Humidity

Max: ***74*** % Min.: ***52*** %

Altitude: m (over sea level)

Location

○ Indoor ○ Heated ○ Roof

● Outdoor ○ Unheated ○ Sun

Area Classification:

Other: Sumergible

PERFORMANCE

Proposal Curve Nº: 150% Qn Capacity: m3/Hr

Rotational Speed: RPM Diff. Head @ 150% Qn: m >65% Hnom m

NPSH Req'd @ Qn: ***0,32*** m Shut Off Head: ***253.8*** m <140% Hnom m

NPSH Req'd @ 150% Qn: m Rated Power: ***152.8*** kW

Min. Continuous Flow: ***224*** m3/hr Max. Power, Rated Imp: ***158.0*** kW

Submergence Requeried: ***0,34*** m Power@ 150% Qn: HP

Remarks: Suction Specific Speed:

CONSTRUCTION

Nozzles	Size	Rating	Facing	Location
Suction	***24"***	***300#***		***Lateral***
Discharge	***10"***	***300#***		***Tope***

Misc Conn.	Size	Location
Drain / Vent		
Pres. Gauge		
Warm Up		

0 EMISION FINAL ☐ Foot

☐ Centerline ☐ Foot

☐ Near Centerline ☐ Bracket

DESCRIPCION ☐ Inline

Impeller Diameter **Ratio**

Rated: ***408.00*** mm HϕRated

Max.: ***435.00*** mm HϕMax

Min.: ***374.10*** mm

○ **Packing:**

Manufacturer:

Type: Size:

○ **Mechanical Seal:**

Casing Mount

☐ Centerline

☐ Near Centerline

☐ Vertical

● Vertical Barrel

Casing Split

● Axial

☐ Radial

☐ Between Bearings ☐ Overhung

Rotation (viewed from CPLG)

☐ Clockwise ☐ Counterclockwise

Bearings (Type / No.): 81010-1

Radial: Thrust:

Manufacturer:

Model/Mnf. Code:

Lubrication Type: ☐ API 614

☐ Grease ☐ Ring Oil ☐ Oil Mist

☐ Flood ☐ Flinger ● Product

Maximum Allowable Pressure

At 15°: kg/cm2 g

At Pump. Temp: kg/cm2 g

Hyd. Test Press.: kg/cm2 g

Coupling

Manfacturer:

Type: Model:

Driver Half-Coupling mounted by:

☐ Pump Mfr. ☐ Purchaser

☐ Driver Mfr.

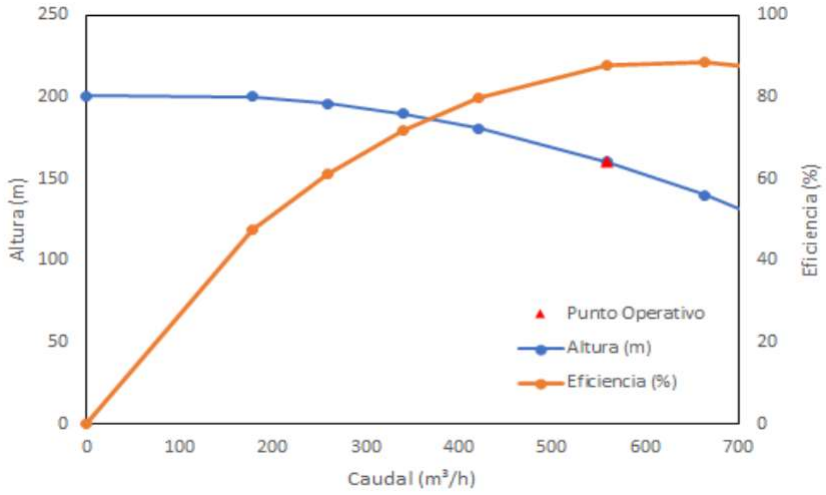
Gland Type / Material:

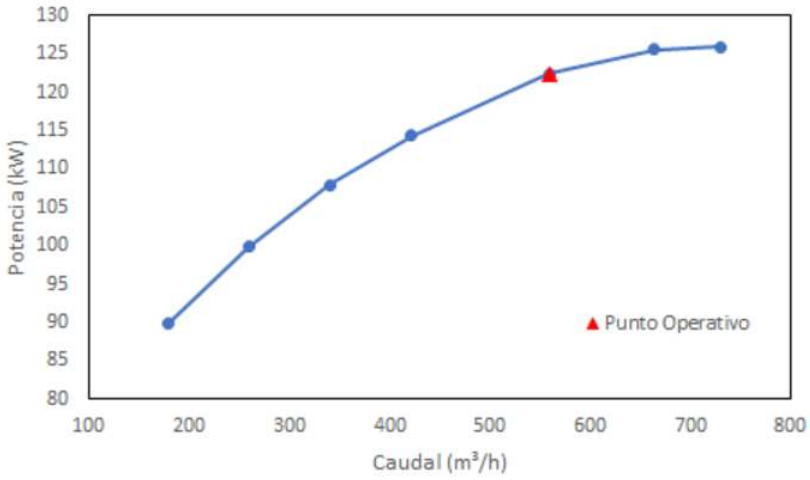
Gland Plate Taps Required:

☐ Quench ☐ Flush

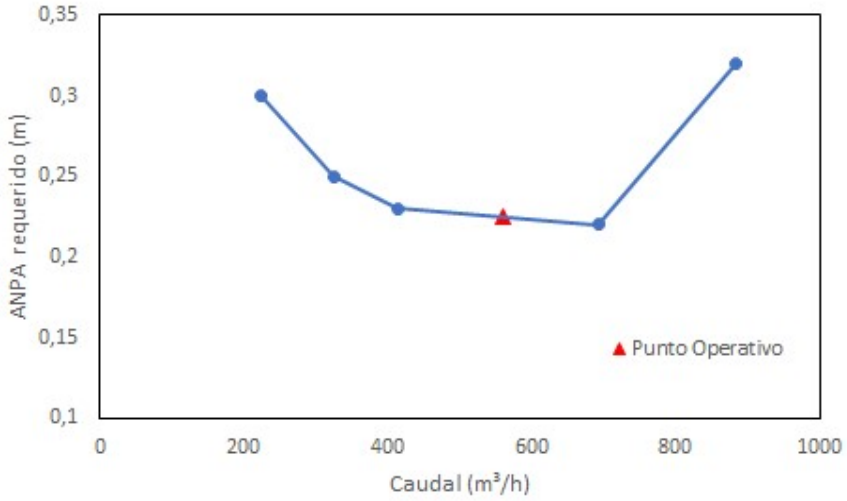
☐ Drain ☐ Vent

CURVAS DE LAS BOMBAS DE ALTA PRESIÓN





CURVAS DE LAS BOMBAS DE ALTA PRESIÓN



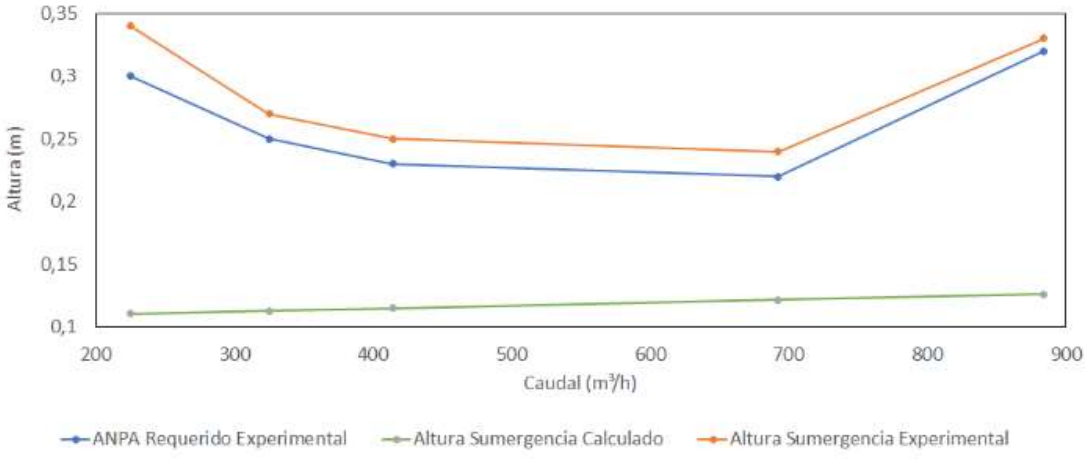
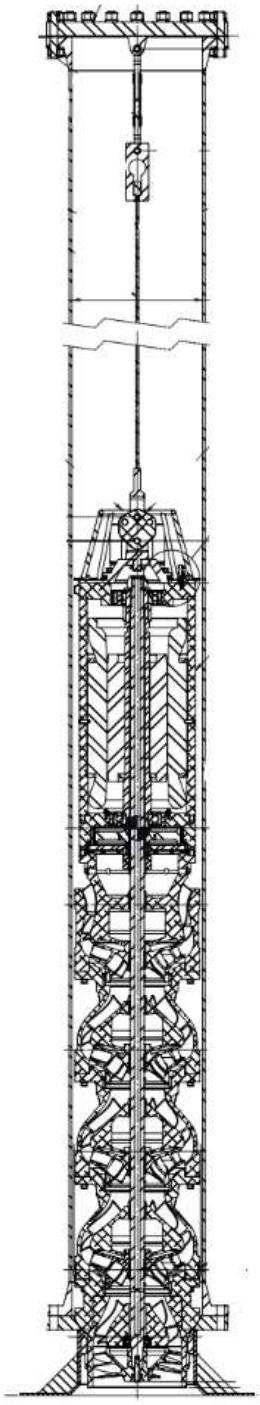


DIAGRAMA DE LAS BOMBAS DE BAJA PRESIÓN



0	EMISIÓN FINAL	31/7/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/7/2020	HJL	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

HOJA DE DATOS

Recondensador RC-017

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-HD-003**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 5

CLIENTE:			
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**		
TÍTULO: **HOJA DE DATOS** **RECONDENSADOR RC-017**		DOCUMENTO N° **G1-PR-HD-003**	
		REVISIÓN	A 0
		Página:	2 de 5

DATOS GENERALES

CANTIDAD DE RECONDENSADORES TOTALES	1
CANTIDAD DE RECONDENSADORES EN OPERACIÓN	1
CANTIDAD DE RECONDENSADORES EN RESERVA	0
SERVICIO	RECONDENSAR BOG

DATOS DE PROCESO

FLUIDO	BOG	LNG TOPE	LNG FONDO
CAUDAL MÁSICO MÁXIMO	13055 kg/h	96626 kg/h	486251 kg/h
CAUDAL MÁXIMO DE SALIDA	-	-	500492 kg/h
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	-46,8 ºC	-159,3 ºC	-159,3 ºC
PRESIÓN DE OPERACIÓN	6 barg	6 barg	6 barg
DENSIDAD	6,4 kg/m3	440,0 kg/m3	440,0 kg/m3
TENSION SUPERFICIAL	-	12,83 mN/m	12,83 mN/m
PESO MOLECULAR	16,48	17	17
VISCOSIDAD	0,009 cP	0,123 cP	0,123 cP

DATOS DE DISEÑO

	PARTE SUPERIOR	PARTE INFERIOR
PRESIÓN DE DISEÑO	14,0 barg	14,5 barg
TEMPERATURA DE DISEÑO MÍN./MÁX.	-169,3 °C/ 32°C	-169,3 °C/ 32 °C
DIÁMETRO INTERNO	1592 mm	2387 mm
DIÁMETRO EXTERNO	1610 mm	2415 mm
ALTURA DE RELLENO	3000 mm	-
TIPO DE RELLENO	PALL RING 2	-
ALTURA TOTAL	6000 mm	6150 mm

MATERIALES

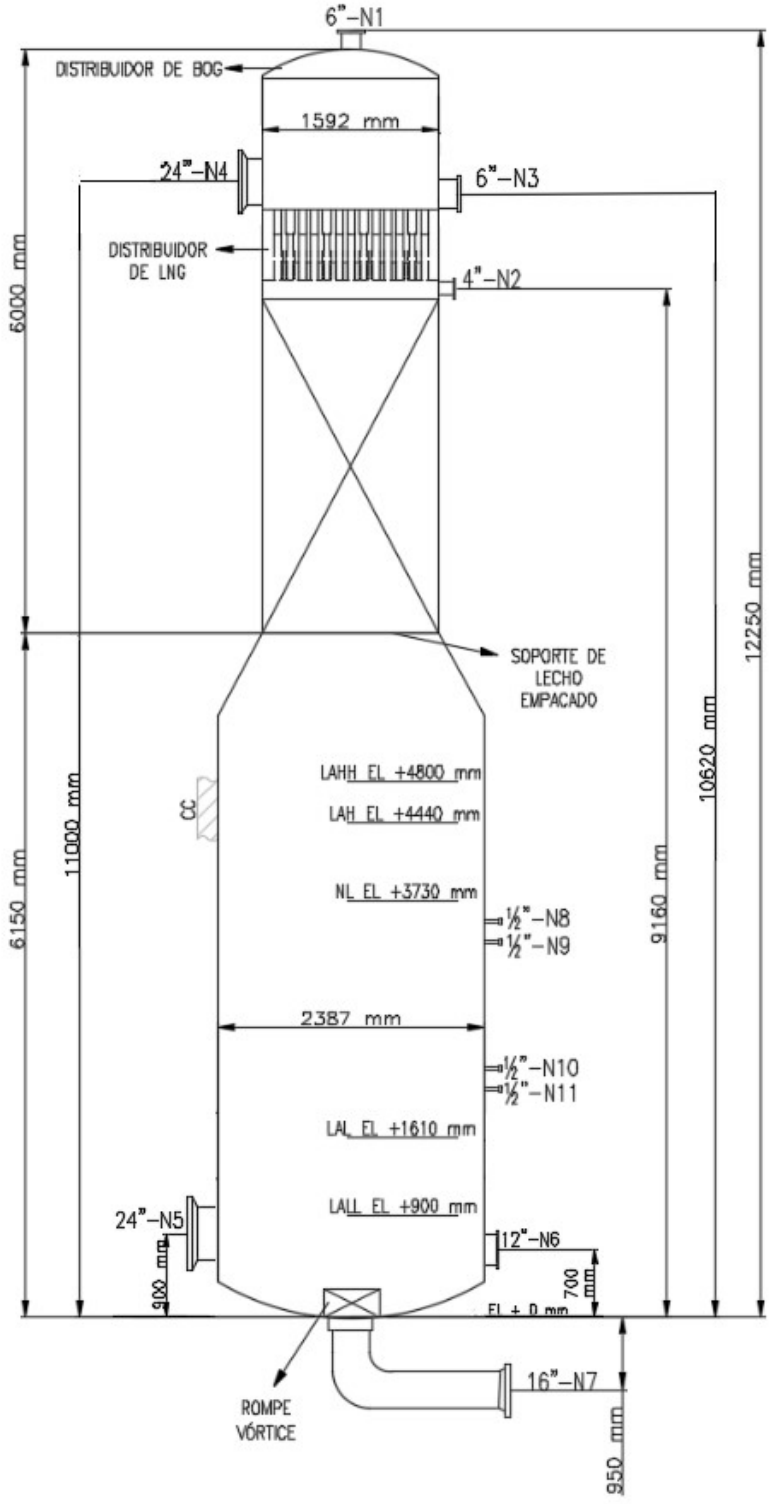
RECONDENSADOR	ACERO INOXIDABLE 304L
CORROSIÓN PERMISIBLE	0 mm
TIPO DE AISLACIÓN	ESPUMA RÍGIDA DE POLIISOCIANURATO (PIR)
ESPESOR DE AISLACIÓN	200 mm

CONEXIONES

REFERENCIAS	DN	RATING	SERVICIO
N1	6"	#150	ENTRADA DE BOG DE COMPRESOR
N2	4"	#150	ENTRADA DE BURBUJAS DE BOMBAS DE ALTA PRESIÓN
N3	6"	#150	ENTRADA SUPERIOR LNG (LNG TOPE)
N4	24"	#150	PASO DE HOMBRE
N5	24"	#150	PASO DE HOMBRE
N6	12"	#150	ENTRADA INFERIOR LNG (LNG FONDO)
N7	16"	#150	SALIDA LNG A BOMBAS HP
N8	1/2"	#150	TRANSMISOR DE NIVEL DE LIT-1716
N9	1/2"	#150	TRANSMISOR DE NIVEL DE LIT-1716
N10	1/2"	#150	TRANSMISOR DE NIVEL DE LIT-1715
N11	1/2"	#150	TRANSMISOR DE NIVEL DE LIT-1715

CLIENTE:				
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**			
TÍTULO:	**HOJA DE DATOS**	DOCUMENTO N°	**G1-PR-HD-003**	
	RECONDENSADOR RC-017	REVISIÓN	A	0
		Página:	3 de	5

DIAGRAMA DE RECONDENSADOR RC-017



REPORTE SIMULADOR SULCOL

SULCOL 3.0

SULZER
Sulzer Chemtech

Reference:
Company:
Service:
Item:
Date Run: 11-jul.-2020

PACKING DESIGN Section 1

Section 1

Geometry Data

Geometry:	Packing2
Packing Type:	PR2
Material:	304 L
Column Diameter [mm]:	1592
Packing height [m]:	3.000
NTS:	0.0
HETP [mm]:	0

Fluid Data

	Top	Btm
Gas:		
Mult. Vapor Rate [kg/h]:	13055.0	13055.0
Density [kg/m³]:	6.359	6.359
Viscosity [cP]:	0.0090	0.0090
QV [m³/s]:	0.57	0.57
Liquid:		
Mult. Liquid Rate [kg/h]:	96626.0	96626.0
Density [kg/m³]:	440.00	440.00
Surface Tension [mN/m]:	12.83	12.83
Viscosity [cP]:	0.123	0.123
QL [m³/h]:	219.60	219.60
System Factor:	1.00	1.00

Hydraulic Data

Capacity [%]:	77.8	77.8
F-Factor [Pa0.5]:	0.72	0.72
Spec. liquid load [m³/m²h]:	110.32	110.32
Pressure drop [mbar/m]:	1.80	1.80
Flow Parameter:	0.890	0.890

Liquid Holdup [%]:	6.9
Bed pressure drop [mbar]:	5.40

DATOS DEL TIPO DE RELLENO

P-Rings™

- Direct replacement of the widely used Pall Ring
- Design by BASF AG around 1940 based on the Raschig Ring
- Punched „shovels" leave „windows" on the outside facilitating vapor flow and enhance capacity versus the R-Ring
- World's largest collection of performance data is available for the Pall Ring

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/7/2020	HJL	ARC	MAC
REV.	**DESCRIPCIÓN**	**FECHA**	**POR**	**REV.**	**APROB.**

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

HOJA DE DATOS

BOMBAS DE ALTA PRESIÓN HP P-007/008/009/010

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-HD-004**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 5

CLIENTE:			
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**		
TÍTULO:	**HOJA DE DATOS**	DOCUMENTO N°	**G1-PR-HD-004**
	BOMBAS DE ALTA PRESIÓN HP P-007/008/009/010	REVISIÓN	A 0
		Página:	2 de 5

NOTE: Information to be completed by ● Purchaser ☐ Manufacturer

Construction Standard: ○ NFPA 20 Std. ○ UL-Listed Other:

Service: ***Bomba de LNG de Recondensador a ORVs***

Pump Manufacturer: ***HITACHI*** Model: Serial No.:

Size and Type: ***Centrifuga vertical*** No. Of Stages: ***23***

Applicable to: ○ Proposals ● Purchase ○ As Built

No. of Pumps Required ***4***

No. Motor Driven: ***3***
Pump Item No.: ***HP P-007/008/009/010***
Motor Item No.:
Motor Provided by: ***Proveedor***
Pump Provided by: ***Proveedor***

No. Turbine Driven:
Pump Item No.:
Turbine Item No.:
Turbine Provided by:
Pump Provided by:

LIQUID

Name: ***LNG***

Pumping Temp.: Min.: -161 °C
Max.: -134,3 °C

Spec. Grav.: Min.: 390,8
Max.: 469,8

Vapor Pres.: Min.: 5,013 bara
Max.: 5,013 bara

Viscosity: Min.: 0,0729 cP
Max.: 0,1563 cP

Corrosion / Erosion Caused by:

OPERATING CONDITIONS

Capacity
Rated: ***375*** m3/Hr

Pressure
Suction: ***6,6*** barg
Discharge: ***92,0*** barg
Differential: ***85,4*** bar
Differential Head: ***2021*** m
NPSH Available: ***1,7*** m
Hydraulic Power: kW
Remarks

SITE CONDITIONS

Ambient Temperature
Max ***32*** °C Min.: ***-1*** °C
Relative Humidity
Max ***74*** % Min.: ***52*** %
Altitude: m (over sea level)
Location
○ Indoor ○ Heated ○ Roof
● Outdoor ○ Unheated ○ Sun
Area Classification:
Other: Enterrada

PERFORMANCE

Proposal Curve Nº:
Rotational Speed: RPM
NPSH Req'd @ Qn: ***0,59*** m
NPSH Req'd @ 150% Qn: m
Min. Continuous Flow: ***132*** m3/hr
Remarks:

150% Qn Capacity: m3/Hr
Diff. Head @ 150% Qn: m >65% Hnom m
Shut Off Head: ***2567,0*** m <140% Hnom m
Rated Power: ***1615,0*** HP
Max. Power, Rated Imp: ***1755,0*** kW
Power@ 150% Qn: HP
Suction Specific Speed:

CONSTRUCTION

Nozzles	Size	Rating	Facing	Location
Suction	***12"***	***300#***		***Lateral***
Discharge	***8"***	***1500#***		***Tope***

Misc Conn.	Size	Location
Drain / Vent	***1/2"***	
Pres. Gauge		
Warm Up		

0 EMISION FINAL ☐ Foot
☐ Centerline ☐ Foot
☐ Near Centerline ☐ Bracket
DESCRIPCION ☐ Inline

Impeller Diameter **Ratio**
Rated: mm H◊Rated
Max.: mm H◊Max
Min.: mm

○ **Packing:**
Manufacturer:
Type: Size:
○ **Mechanical Seal:**

Casing Mount
☐ Centerline
☐ Near Centerline
☐ Vertical
● Vertical Barrel

Casing Split
● Axial
☐ Radial

☐ Between Bearings ☐ Overhung
Rotation (viewed from CPLG)
☐ Clockwise ☐ Counterclockwise
Bearings (Type / No.): Ball Hybrid/2
Radial: Thrust:

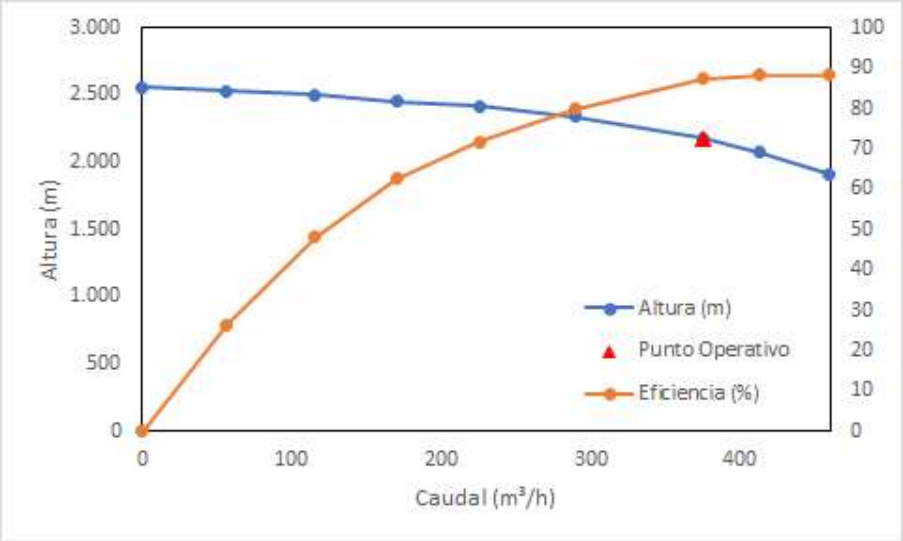
Manufacturer:
Model/Mnf. Code:
Lubrication Type: ☐ API 614
☐ Grease ☐ Ring Oil ☐ Oil Mist
☐ Flood ☐ Flinger ● Product

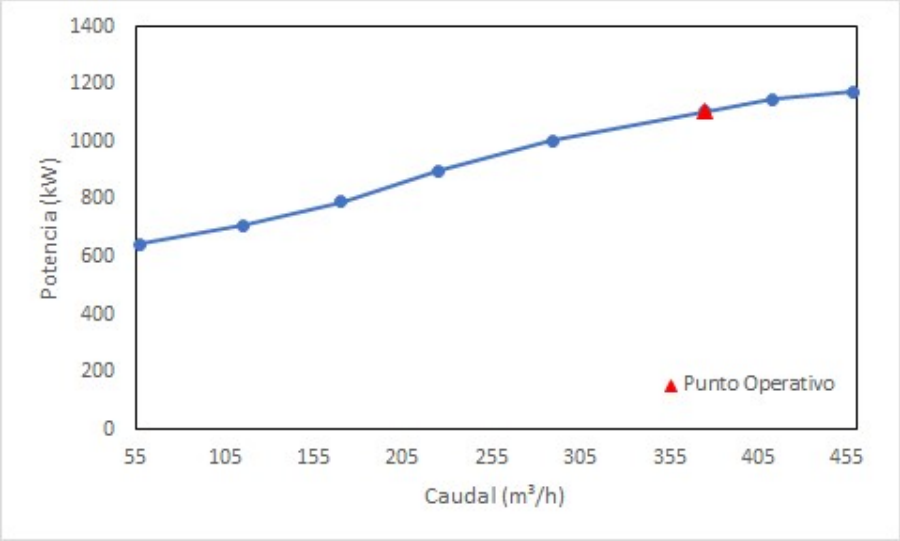
Maximum Allowable Pressure
At 15°: kg/cm2 g
At Pump. Temp: kg/cm2 g
Hyd. Test Press.: kg/cm2 g

Coupling
Manfacturer:
Type: Model:
Driver Half-Coupling mounted by:
☐ Pump Mfr. ☐ Purchaser
☐ Driver Mfr.

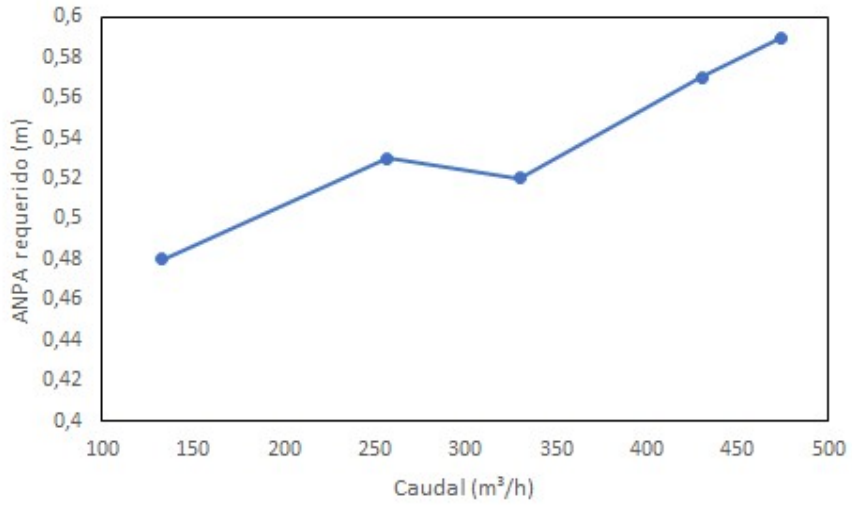
Gland Type / Material:
Gland Plate Taps Required:
☐ Quench ☐ Flush
☐ Drain ☐ Vent

CURVAS DE LAS BOMBAS DE ALTA PRESIÓN





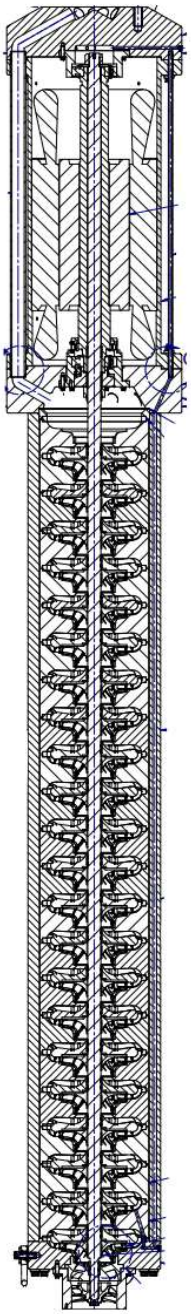
CURVAS DE LAS BOMBAS DE ALTA PRESIÓN

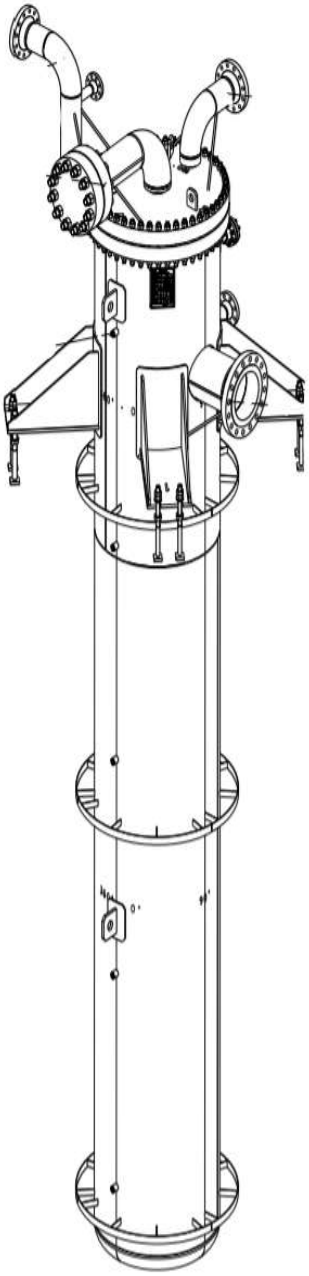


CLIENTE:				
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**			
TÍTULO: **HOJA DE DATOS** **BOMBAS DE ALTA PRESIÓN HP P-007/008/009/010**		DOCUMENTO N° **G1-PR-HD-004**		
		REVISIÓN	A 0	
		Página:	5 de 5	

DIAGRAMA DE LAS BOMBAS DE ALTA PRESIÓN

VISTA LATERAL DE BOMBA	VISTA LATERAL DE BARRIL DE BOMBA





0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/7/2020	HJL	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.

ITBA

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

Evaporadores ORV-011/012/013/014

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-HD-005**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 10

CLIENTE:			
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**		
TÍTULO: **HOJA DE DATOS** **EVAPORADORES ORV-011/012/013/014**	DOCUMENTO N° **G1-PR-HD-005**		
	REVISIÓN	A	0
	Página:	2 de	10

OPEN RACK VAPORIZER

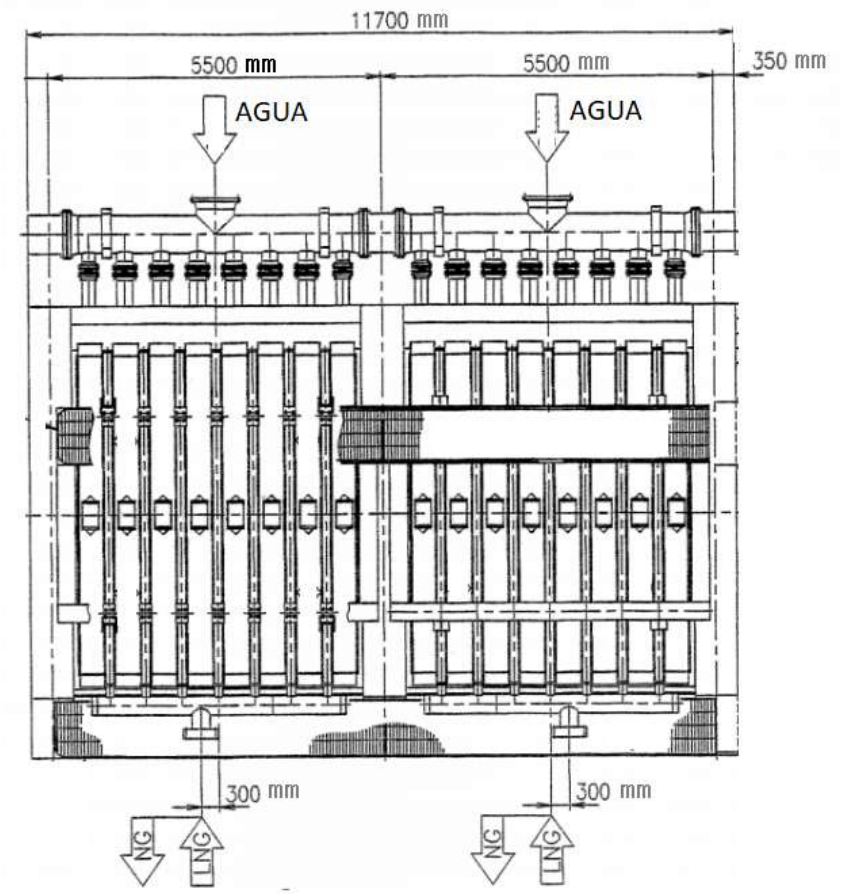
ÍTEM NÚMERO	ORV-011/012/013/014	
NÚMERO DE UNIDADES TOTALES	4	
NÚMERO DE UNIDADES EN OPERACIÓN	3	
NÚMERO DE UNIDADES EN RESERVA	1	

DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN DE UNA UNIDAD

NÚMERO DE BLOQUES POR ORV	2	
NÚMERO DE PANELES POR BLOQUE	8	
ESPACIADO ENTRE PANELES	600 mm	
NÚMERO DE TUBOS POR PANEL	100	
LARGO TUBOS	6706 mm	
DIÁMETRO EXTERIOR TUBOS	38,1 mm	
ESPESOR TUBOS	8,5 mm	
PITCH	59,5 mm	
TIPO DE TUBO	ALETADO LONGITUDINAL	
CANTIDAD DE ALETAS	12	
ALTURA DE ALETAS	10 mm	
ESPESOR DE ALETAS	3 mm	
MATERIAL DE ALETAS	304 ACERO INOXIDABLE (18Cr, 8Ni)	
INTERNOS DE TUBOS	TWISTED TAPE	
ESPESOR TWISTED TAPE	3 mm	
L/D PARA GIRO DE 360°	2,5	
ANCHO TWISTED TAPE	19,2 mm	
FLUÍDO	**LNG**	**AGUA**
CAUDAL	45,420 kg/s	374,69 kg/s
PRESIÓN DE ENTRADA	82,35 bar	1,50 bar
CAÍDA DE PRESIÓN	0,50 bar	0,50 bar
TEMPERATURA DE ENTRADA	-151,3 °C	40°C
TEMPERATURA DE SALIDA	10 °C	20 °C
CALOR TRANSFERIDO	32,348 MW	
FACTOR DE ENSUCIAMIENTO	0	0,000180
PRESIÓN DE DISEÑO	111,38 bar	1,65 bar
TEMPERATURA DE DISEÑO	(-161,3-32) °C	50 °C
CORROSIÓN PERMISIBLE	0	0
MATERIAL	ACERO INOXIDABLE 304L	

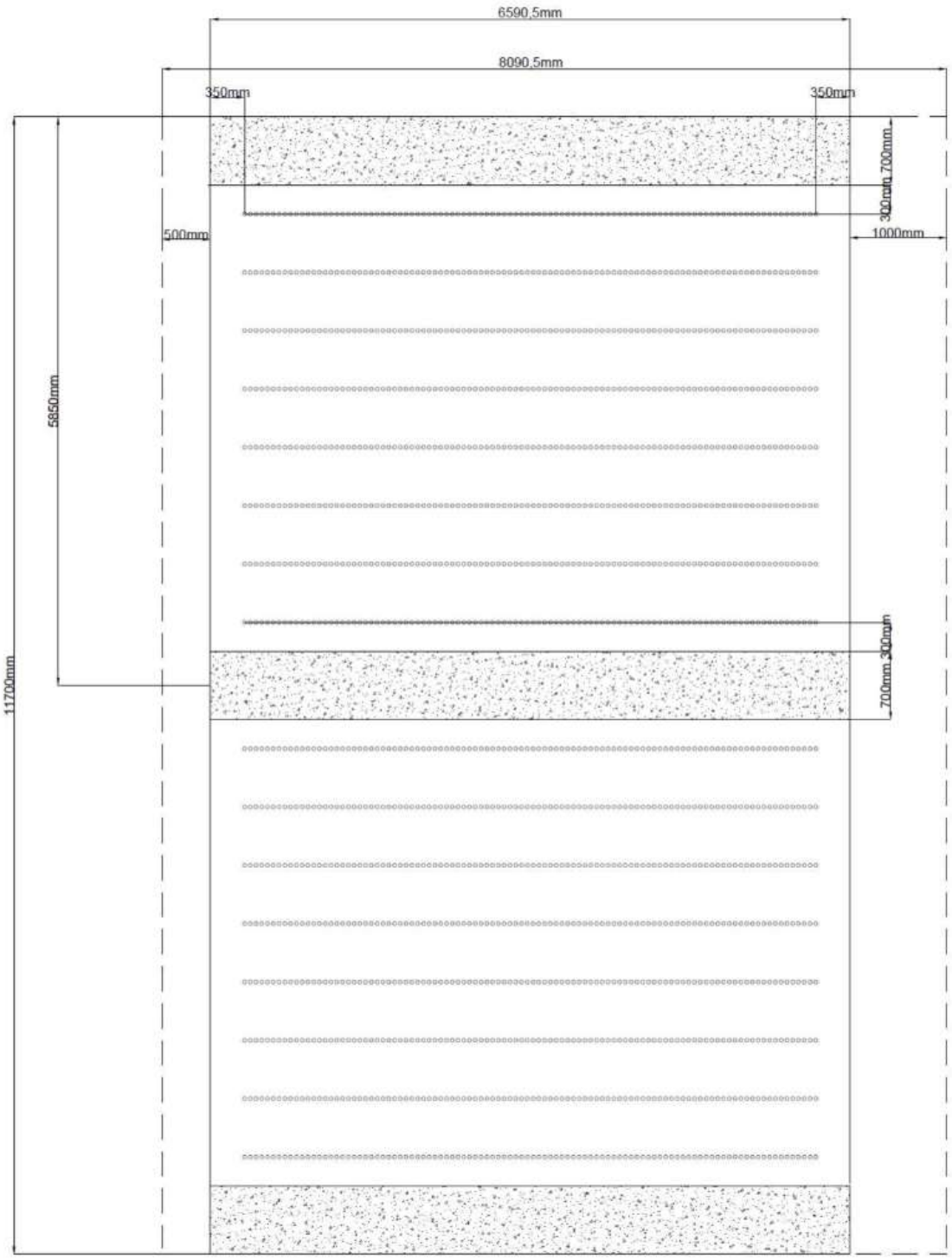
CLIENTE:				
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**			
TÍTULO:	**HOJA DE DATOS**	DOCUMENTO N°	**G1-PR-HD-005**	
	EVAPORADORES ORV-011/012/013/014	REVISIÓN	A	0
		Página:	3 de	10

VISTA FRONTAL DEL EVAPORADOR

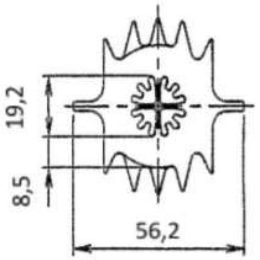


CLIENTE:			
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**		
TÍTULO:		DOCUMENTO N°	
HOJA DE DATOS		**G1-PR-HD-005**	
EVAPORADORES ORV-011/012/013/014		REVISIÓN	A 0
		Página:	4 de 10

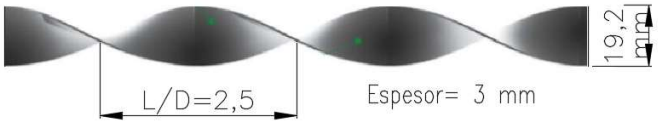
VISTA TRANSVERSAL DEL EVAPORADOR



CORTE TRANSVERSAL DE LOS TUBOS



INTERNO DENTRO DE TUBOS: TWISTED TAPE



HTRI

Output Summary

Page 1

Released to the following HTRI Member Company:
ITBA
ITBA

Xist Ver. 7.00 14/7/2020 10:57 SN: 01014-1088744617289190185 **SI Units**

Rating - Vertical Falling Film Evaporator - Tubeside TEMA AES Shell

See Data Check Messages Report for Warning Messages.
See Runtime Message Report for Warning Messages.

Process Conditions		Hot Shellside		Cold Tubeside	
Fluid name			AGUA		LNG
Flow rate	(kg/s)		374,77		45,420
Inlet/Outlet Y	(Wt. frac vap.)	0,0000	0,0000	0,0000	1,0000
Inlet/Outlet T	(Deg C)	40,00	20,00	-151,3	10,02
Inlet P/Avg	(kPa)	150,00	148,58	8235,0	8235,0
dP/Allow.	(kPa)	2,832	50,000	0,000	50,000
Fouling	(m2-K/W)		0,000180		0,000000

Exchanger Performance

Shell h	(W/m2-K)	732,43	Actual U	(W/m2-K)	122,69
Tube h	(W/m2-K)	1520,6	Required U	(W/m2-K)	109,68
Hot regime	(--)	Sens. Liquid	Duty	(MegaWatts)	32,348
Cold regime	(--)	Sens Gas	Eff. area	(m2)	3514,0
EMTD	(Deg C)	83,9	Overdesign	(%)	11,86

Shell Geometry			Baffle Geometry		
TEMA type	(--)	AES	Baffle type	(--)	None
Shell ID	(mm)	2590,8	Baffle cut	(Pct Dia.)	
Series	(--)	1	Baffle orientation	(--)	
Parallel	(--)	1	Central spacing	(mm)	6105,9
Orientation	(deg)	90,00	Crosspasses	(--)	1

Tube Geometry			Nozzles		
Tube type	(--)	Longitudinal Fin	Shell inlet	(mm)	590,55
Tube OD	(mm)	38,100	Shell outlet	(mm)	590,55
Length	(m)	6,706	Inlet height	(mm)	142,72
Pitch ratio	(--)	1,5617	Outlet height	(mm)	142,72
Layout	(deg)	30	Tube inlet	(mm)	205,00
Tubecount	(--)	1600	Tube outlet	(mm)	205,00
Tube Pass	(--)	1			

Thermal Resistance; %		Velocities; m/s		Flow Fractions	
Shell	16,75	Shellside	0,11	A	
Tube	43,78	Tubeside	0,57	B	0,580
Fouling	2,21	Crossflow	0,00	C	0,420
Metal	37,26	Window	0,11	E	
				F	

PROPIEDADES DE AGUA DEL SIMULADOR HTRI

HTRI Property Generator Results Using UniSim® Design

	Pressure: 150,000 kPa			**Liquid Properties**							
	Temperature (C)	**Enthalpy (kJ/kg)**	**Weight Fraction Vapor**	**Density (kg/m3)**	**Viscosity (mN-s/m2)**	**Heat Capacity (kJ/kg-C)**	**Thermal Cond. (W/m-C)**	**Surface Tension (mN/m)**	**Pseudo Critical P (kPa)**	**Pseudo Critical T (C)**	**Mole. Weight (--)**
1	40,000	-15823	0,00000	996,005	0,6514	4,3157	0,6315	69,4926	22120,0	374,15	18,02
2	37,143	-15835	0,00000	998,189	0,6885	4,3147	0,6279	69,9916	22120,0	374,15	18,02
3	34,286	-15848	0,00000	1000,37	0,7290	4,3140	0,6241	70,4893	22120,0	374,15	18,02
4	31,429	-15860	0,00000	1002,53	0,7734	4,3135	0,6202	70,9859	22120,0	374,15	18,02
5	28,571	-15872	0,00000	1004,69	0,8222	4,3133	0,6162	71,4814	22120,0	374,15	18,02
6	25,714	-15885	0,00000	1006,85	0,8761	4,3134	0,6121	71,9760	22120,0	374,15	18,02
7	22,857	-15897	0,00000	1008,99	0,9357	4,3136	0,6078	72,4696	22120,0	374,15	18,02
8	20,000	-15909	0,00000	1011,13	1,0017	4,3142	0,6034	72,9624	22120,0	374,15	18,02

* - Denotes dew/bubble point.

	Pressure: 100,000 kPa			**Liquid Properties**							
	Temperature (C)	**Enthalpy (kJ/kg)**	**Weight Fraction Vapor**	**Density (kg/m3)**	**Viscosity (mN-s/m2)**	**Heat Capacity (kJ/kg-C)**	**Thermal Cond. (W/m-C)**	**Surface Tension (mN/m)**	**Pseudo Critical P (kPa)**	**Pseudo Critical T (C)**	**Mole. Weight (--)**
1	40,000	-15823	0,00000	995,988	0,6514	4,3158	0,6315	69,4926	22120,0	374,15	18,02
2	37,143	-15835	0,00000	998,172	0,6885	4,3148	0,6279	69,9916	22120,0	374,15	18,02
3	34,286	-15848	0,00000	1000,35	0,7290	4,3141	0,6241	70,4893	22120,0	374,15	18,02
4	31,429	-15860	0,00000	1002,52	0,7734	4,3136	0,6202	70,9859	22120,0	374,15	18,02
5	28,571	-15872	0,00000	1004,68	0,8222	4,3134	0,6162	71,4814	22120,0	374,15	18,02
6	25,714	-15885	0,00000	1006,83	0,8761	4,3134	0,6121	71,9760	22120,0	374,15	18,02
7	22,857	-15897	0,00000	1008,98	0,9357	4,3137	0,6078	72,4696	22120,0	374,15	18,02
8	20,000	-15909	0,00000	1011,11	1,0017	4,3143	0,6034	72,9624	22120,0	374,15	18,02

* - Denotes dew/bubble point.

PROPIEDADES DE LNG DEL SIMULADOR HTRI

HTRI Property Generator Results Using UniSim® Design

	Pressure: 8235,00 kPa			Vapor Properties					Liquid Properties							
	T (C)	Enthalpy (kJ/kg)	Weight Fraction Vapor	Density (kg/m3)	Visc. mN-s/m2	Heat Cap. kJ/kg-C	Thermal Cond. (W/m-C)	MW (--)	Density (kg/m3)	Viscosity (mN-s/m2)	Heat Capacity (kJ/kg-C)	Thermal Cond. (W/m-C)	Surface Tension (mN/m)	Pseudo Critical P (kPa)	Pseudo Critical T (C)	MW (--)
1	-151,30	-5298,3	0.0						435,433	0,1067	3,2453	0,1822	11,3239	4643,90	-75,65	16,99
2	-145,74	-5280,1	0.0						427,702	0,0964	3,2836	0,1745	10,3073	4643,90	-75,65	16,99
3	-140,17	-5261,7	0.0						419,767	0,0875	3,3292	0,1667	9,3121	4643,90	-75,65	16,99
4	-134,61	-5243,1	0.0						411,595	0,0797	3,3832	0,1588	8,3374	4643,90	-75,65	16,99
5	-129,05	-5224,1	0.0						403,160	0,0727	3,4468	0,1506	7,3847	4643,90	-75,65	16,99
6	-123,49	-5204,7	0.0						394,434	0,0665	3,5216	0,1423	6,4561	4643,90	-75,65	16,99
7	-117,92	-5184,9	0.0						385,392	0,0608	3,6098	0,1337	5,5539	4643,90	-75,65	16,99
8	-112,36	-5164,5	0.0						376,003	0,0557	3,7145	0,1250	4,6815	4643,90	-75,65	16,99
9	-106,80	-5143,5	0.0						366,239	0,0509	3,8395	0,1160	3,8429	4643,90	-75,65	16,99
10	-101,24	-5121,8	0.0						355,976	0,0465	3,9905	0,1069	3,0442	4643,90	-75,65	16,99
11	-95,672	-5099,1	0.0						344,932	0,0423	4,1755	0,0975	2,2943	4643,90	-75,65	16,99
12	-90,110	-5075,2	0.0						332,365	0,0383	4,4063	0,0879	1,6091	4643,90	-75,65	16,99
13	-84,547	-5049,9	0.0						317,069	0,0342	4,7002	0,0781	1,0281	4643,90	-75,65	16,99
14	-78,984	-5022,8	0.0						302,890	0,0300	5,0836	0,0743	0,8436	4643,90	-75,65	16,99
15	-73,421	-4993,1	0.0						288,879	0,0247	5,5937	0,0741	0,7975	4643,90	-75,65	16,99
16	-67,859	-4960,2	0.0						262,443	0,0220	6,2686	0,0740	0,7519	4643,90	-75,65	16,99
17	-62,296	-4923,1	1.0	232,690	0,0236	7,0647	0,0709	16,99								
18	-56,733	-4882,1	1.0	200,839	0,0199	7,5833	0,0612	16,99								
19	-51,170	-4840,6	1.0	171,241	0,0172	7,1746	0,0534	16,99								
20	-45,608	-4803,4	1.0	148,069	0,0156	6,1691	0,0482	16,99								
21	-40,045	-4771,7	1.0	131,208	0,0146	5,2657	0,0449	16,99								
22	-34,482	-4744,3	1.0	118,758	0,0141	4,6179	0,0428	16,99								
23	-28,919	-4720,0	1.0	109,200	0,0137	4,1658	0,0415	16,99								
24	-23,357	-4697,8	1.0	101,583	0,0135	3,8431	0,0407	16,99								
25	-17,794	-4677,1	1.0	95,3269	0,0134	3,6056	0,0402	16,99								
26	-12,231	-4657,5	1.0	90,0625	0,0133	3,4257	0,0399	16,99								
27	-6,668	-4638,9	1.0	85,5468	0,0133	3,2862	0,0398	16,99								
28	-1,106	-4620,9	1.0	81,6129	0,0133	3,1760	0,0399	16,99								
29	4,457	-4603,5	1.0	78,1418	0,0133	3,0877	0,0401	16,99								
30	10,020	-4586,5	1.0	75,0466	0,0134	3,0160	0,0405	16,99								

* - Denotes dew/bubble point.

Runtime Messages

DewP: At P=8235 kPa DewP flash calculation failed. Fluid may be supercritical.

BubbleP: At P=8235 kPa BubbleP flash calculation failed. Fluid may be supercritical.

PROPIEDADES DE LNG DEL SIMULADOR HTRI

	Pressure: 8210,00 kPa			Vapor Properties					Liquid Properties							
	T (C)	Enthalpy (kJ/kg)	Weight Fraction Vapor	Density (kg/m3)	Visc. (mN-s/m2)	Heat Cap. (kJ/kg-C)	Thermal Cond. (W/m-C)	MW (--)	Density (kg/m3)	Viscosity (mN-s/m2)	Heat Capacity (kJ/kg-C)	Thermal Cond. (W/m-C)	Surface Tension (mN/m)	Pseudo Critical P (kPa)	Pseudo Critical T (C)	MW (--)
1	51,30	-5298,3	0,00000						435,410	0,1067	3,2457	0,1822	11,3239	4643,90	-75,65	16,99
2	45,74	-5280,2	0,00000						427,677	0,0964	3,2840	0,1745	10,3073	4643,90	-75,65	16,99
3	40,17	-5261,8	0,00000						419,738	0,0875	3,3297	0,1667	9,3121	4643,90	-75,65	16,99
4	34,61	-5243,1	0,00000						411,563	0,0797	3,3838	0,1588	8,3374	4643,90	-75,65	16,99
5	29,05	-5224,1	0,00000						403,124	0,0727	3,4474	0,1506	7,3847	4643,90	-75,65	16,99
6	23,49	-5204,7	0,00000						394,393	0,0665	3,5224	0,1423	6,4561	4643,90	-75,65	16,99
7	17,92	-5184,9	0,00000						385,345	0,0608	3,6109	0,1337	5,5539	4643,90	-75,65	16,99
8	12,36	-5164,5	0,00000						375,948	0,0556	3,7158	0,1250	4,6815	4643,90	-75,65	16,99
9	06,80	-5143,5	0,00000						366,175	0,0509	3,8412	0,1160	3,8429	4643,90	-75,65	16,99
10	01,24	-5121,7	0,00000						355,899	0,0465	3,9927	0,1069	3,0442	4643,90	-75,65	16,99
11	5,672	-5099,0	0,00000						344,837	0,0423	4,1785	0,0975	2,2943	4643,90	-75,65	16,99
12	0,110	-5075,2	0,00000						332,247	0,0383	4,4104	0,0879	1,6091	4643,90	-75,65	16,99
13	4,547	-5049,8	0,00000						316,918	0,0342	4,7062	0,0781	1,0281	4643,90	-75,65	16,99
14	8,984	-5022,6	0,00000						302,672	0,0300	5,0926	0,0743	0,8436	4643,90	-75,65	16,99
15	3,421	-4993,0	0,00000						288,565	0,0247	5,6079	0,0741	0,7975	4643,90	-75,65	16,99
16	7,859	-4959,9	0,00000						262,019	0,0220	6,2915	0,0740	0,7519	4643,90	-75,65	16,99
17	2,296	-4922,7	1,00000	232,109	0,0235	7,0990	0,0707	16,99								
18	6,733	-4881,5	1,00000	200,093	0,0198	7,6171	0,0610	16,99								
19	1,170	-4839,8	1,00000	170,439	0,0172	7,1829	0,0532	16,99								
20	5,608	-4802,7	1,00000	147,339	0,0155	6,1591	0,0480	16,99								
21	0,045	-4771,0	1,00000	130,578	0,0146	5,2522	0,0447	16,99								
22	4,482	-4743,7	1,00000	118,214	0,0140	4,6058	0,0427	16,99								
23	8,919	-4719,4	1,00000	108,721	0,0137	4,1559	0,0414	16,99								
24	3,357	-4697,3	1,00000	101,156	0,0135	3,8350	0,0406	16,99								
25	7,794	-4676,6	1,00000	94,9393	0,0134	3,5988	0,0401	16,99								
26	2,231	-4657,1	1,00000	89,7071	0,0133	3,4200	0,0398	16,99								
27	6,668	-4638,5	1,00000	85,2179	0,0133	3,2814	0,0398	16,99								
28	1,106	-4620,5	1,00000	81,3060	0,0133	3,1718	0,0398	16,99								
29	4,457	-4603,2	1,00000	77,8537	0,0133	3,0840	0,0401	16,99								
30	0,020	-4586,2	1,00000	74,7747	0,0134	3,0128	0,0404	16,99								

* - Denotes dew/bubble point.

Runtime Messages

DewP: At P=8210 kPa DewP flash calculation failed. Fluid may be supercritical.

BubbleP: At P=8210 kPa BubbleP flash calculation failed. Fluid may be supercritical.

PROPIEDADES DE LNG DEL SIMULADOR HTRI

	Pressure: 8185,00 kPa			Vapor Properties					Liquid Properties							
	T (C)	Enthalpy (kJ/kg)	Weight Fraction Vapor	Density (kg/m3)	Visc. mN-s/m2	Heat Cap. kJ/kg-C	Thermal Cond. (W/m-C)	MW (--)	Density (kg/m3)	Viscosity (mN-s/m2)	Heat Capacity (kJ/kg-C)	Thermal Cond. (W/m-C)	Surface Tension (mN/m)	Pseudo Critical P (kPa)	Pseudo Critical T (C)	MW (--)
1	51,30	-5298,4	0,00000						435,387	0,1067	3,2460	0,1822	11,3239	4643,90	-75,65	16,99
2	45,74	-5280,2	0,00000						427,651	0,0964	3,2844	0,1745	10,3073	4643,90	-75,65	16,99
3	40,17	-5261,8	0,00000						419,710	0,0875	3,3301	0,1667	9,3121	4643,90	-75,65	16,99
4	34,61	-5243,1	0,00000						411,531	0,0797	3,3843	0,1588	8,3374	4643,90	-75,65	16,99
5	29,05	-5224,1	0,00000						403,088	0,0727	3,4481	0,1506	7,3847	4643,90	-75,65	16,99
6	23,49	-5204,7	0,00000						394,352	0,0665	3,5232	0,1423	6,4561	4643,90	-75,65	16,99
7	17,92	-5184,9	0,00000						385,298	0,0608	3,6119	0,1337	5,5539	4643,90	-75,65	16,99
8	12,36	-5164,5	0,00000						375,894	0,0556	3,7171	0,1250	4,6815	4643,90	-75,65	16,99
9	06,80	-5143,5	0,00000						366,111	0,0509	3,8429	0,1160	3,8429	4643,90	-75,65	16,99
10	01,24	-5121,7	0,00000						355,822	0,0465	3,9950	0,1069	3,0442	4643,90	-75,65	16,99
11	5,672	-5099,0	0,00000						344,743	0,0423	4,1815	0,0975	2,2943	4643,90	-75,65	16,99
12	0,110	-5075,1	0,00000						332,128	0,0382	4,4146	0,0879	1,6091	4643,90	-75,65	16,99
13	4,547	-5049,8	0,00000						316,766	0,0342	4,7122	0,0781	1,0281	4643,90	-75,65	16,99
14	8,984	-5022,5	0,00000						302,453	0,0299	5,1017	0,0743	0,8436	4643,90	-75,65	16,99
15	3,421	-4992,8	0,00000						288,248	0,0246	5,6222	0,0741	0,7975	4643,90	-75,65	16,99
16	7,859	-4959,7	0,00000						261,591	0,0220	6,3148	0,0740	0,7519	4643,90	-75,65	16,99
17	2,296	-4922,3	1,00000	231,523	0,0234	7,1340	0,0705	16,99								
18	6,733	-4880,8	1,00000	199,339	0,0197	7,6511	0,0608	16,99								
19	1,170	-4839,0	1,00000	169,632	0,0171	7,1906	0,0530	16,99								
20	-5,608	-4801,9	1,00000	146,607	0,0155	6,1485	0,0478	16,99								
21	-0,045	-4770,4	1,00000	129,948	0,0145	5,2385	0,0446	16,99								
22	4,482	-4743,1	1,00000	117,669	0,0140	4,5937	0,0426	16,99								
23	8,919	-4718,9	1,00000	108,243	0,0137	4,1459	0,0413	16,99								
24	3,357	-4696,8	1,00000	100,728	0,0135	3,8268	0,0405	16,99								
25	7,794	-4676,1	1,00000	94,5521	0,0133	3,5921	0,0400	16,99								
26	2,231	-4656,7	1,00000	89,3520	0,0133	3,4143	0,0398	16,99								
27	-6,668	-4638,1	1,00000	84,8892	0,0133	3,2765	0,0397	16,99								
28	-1,106	-4620,2	1,00000	80,9994	0,0133	3,1676	0,0398	16,99								
29	4,457	-4602,8	1,00000	77,5659	0,0133	3,0803	0,0401	16,99								
30	0,020	-4585,9	1,00000	74,5030	0,0134	3,0095	0,0404	16,99								

* - Denotes dew/bubble point.

Runtime Messages

DewP: At P=8185 kPa DewP flash calculation failed. Fluid may be supercritical.

BubbleP: At P=8185 kPa BubbleP flash calculation failed. Fluid may be supercritical.

0	EMISIÓN FINAL	31/7/2020	LUC	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/7/2020	LUC	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.

ITBA

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

HOJA DE DATOS

Scrubber SSC-015

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-HD-006**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 3

CLIENTE:				
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**			
TÍTULO: **HOJA DE DATOS** **Scrubber SSC-015**		DOCUMENTO N° **G1-PR-HD-006**		
		REVISIÓN	A	0
		Página:	2 de 3	

SCRUBBER

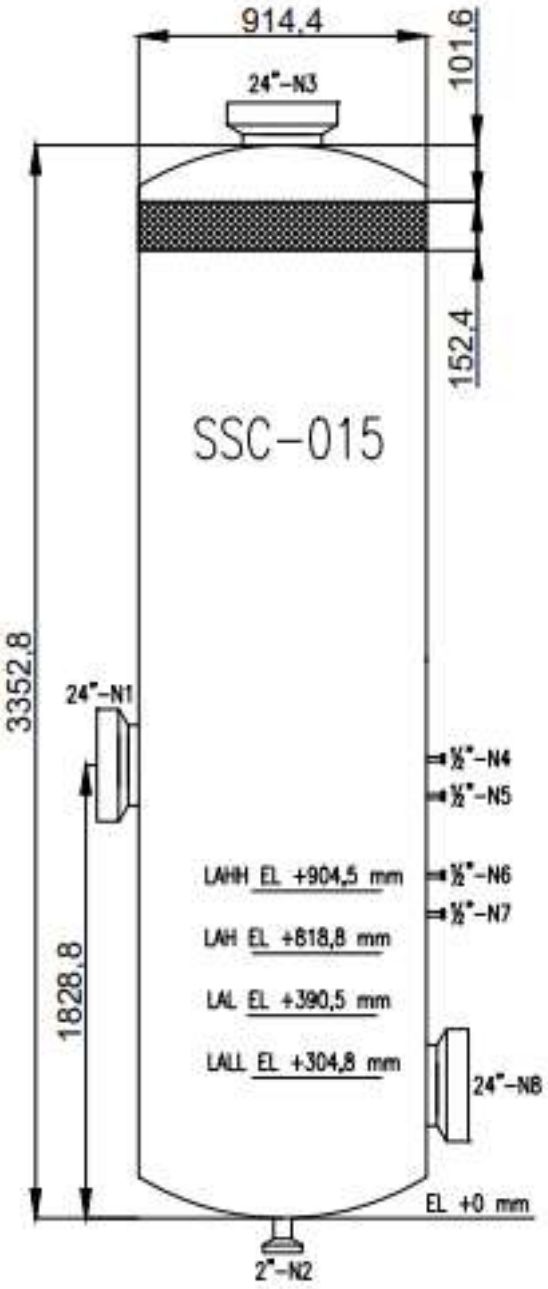
DESCRIPCIÓN	SEPARADOR SCRUBBER
TIPO	VERTICAL
ÍTEM NÚMERO	SSC-015
NÚMERO DE UNIDADES TOTALES	1
NÚMERO DE UNIDADES EN OPERACIÓN	1
NÚMERO DE UNIDADES EN RESERVA	0

DATOS DE PROCESO

DIAMETRO EXTERNO	0,9144 m	
ESPESOR	1,3626 mm	
ESPESOR POR CORROSION	-	
ESPESOR POR AISLACIÓN	200 mm	
MATERIAL DE AISLACIÓN	CELLULAR GLASS	
ALTURA	3,35 m	
VOLUMEN	2,307 m3	
AISLACION	180 mm Celullar Glass	
INTERNO DE ENTRADA	HALF PIPE	
INTERNO COALESCEDOR	WIRE MESH DEMISTER	
ORIENTACION INTERNO COALESCEDOR	HORIZONTAL	
ALTURA INTERNO CIALESCEDOR	0,1524 m	
AREA TRANVERSAL INTERNO COALESCEDOR	0,659612 m2	
PRESION OPERATIVA	1,138 bar	
PRESION DISEÑO	4,5 bar	
TEMPERATURA OPERATIVA	-145 ºC	
TEMPERATURA DE DISENO MINIMA	-155 ºC	
TEMPERATURA DE DISENO MAXIMA	32 ºC	
FLUÍDO	**NG**	**LNG**
CAUDAL	6275,9 m3/h	0,07067 m3/h
DENSIDAD	2,081 kg/m3	439,54 kg/m3
VISCOCIDAD	0,004664 cP	0,1234 cP
PRESIÓN DE ENTRADA	1,158 bar	
CAÍDA DE PRESIÓN	0,02 bar	
	TIEMPO DE RESIDENCIA	
LAHH-LAH	1 min	
LAH-LAL	5 min	
LAL-LALL	1 min	
	ALTURA	
LALL	304,8 mm	
LAL	390,5 mm	
LAH	818,8 mm	
LAHH	904,5 mm	
ALIMENTACIÓN	1828,8 mm	
MATERIAL	ACERO INOXIDABLE 304L	

CONEXIONES

NÚMERO	DN	RATING	DESCRIPCIÓN
N1	24"	#150	ENTRADA BIFÁSICA
N2	2"	#150	SALIDA DE LÍQUIDO
N3	24"	#150	SALIDA DE GAS
N4	1/2"	#150	CONEXIÓN DE LIT-1502
N5	1/2"	#150	CONEXIÓN DE LIT-1502
N6	1/2"	#150	CONEXIÓN DE LIT-1503
N7	1/2"	#150	CONEXIÓN DE LIT-1503
N8	24"	#150	PASO DE HOMBRE



NOTAS:

1- TODAS LAS DIMENSIONES SE ENCUENTRAN EN MILIMETROS.

0	EMISIÓN FINAL	31/7/2020	LUC	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/7/2020	LUC	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.

ITBA

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

HOJA DE DATOS

Compresor KG-016A/B

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-HD-007**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 2

CLIENTE:				
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**			
TÍTULO: **HOJA DE DATOS** **Compresor KG-016A/B**	DOCUMENTO N° **G1-PR-HD-007**			
	REVISIÓN	A	0	
	Página:	2	de	2

SCRUBBER	
DESCRIPCIÓN	COMPRESOR
TIPO	CENTRIFUGO
ÍTEM NÚMERO	KG-016A/B
NÚMERO DE UNIDADES TOTALES	4
NÚMERO DE UNIDADES EN OPERACIÓN	2
NÚMERO DE UNIDADES EN RESERVA	2

DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN	
FLUIDO	NG
ETAPAS	2
PRESION DE DISEÑO	14 barg
PRESION DE SUCCIÓN	1,137 bar
PRESION DE DESCARGA	7,28 bar
PRESION DE DESCARGA MÁXIMA	A CONFIRMAR POR EL VENDEDOR
FACTOR DE COMPRESIBILIDAD SUCCIÓN	0.9746
RELACIÓN DE COMPRESIÓN	2.55
RELACION DE COMPRESION POR ETAPA	1.60
FACTOR DE COMPRESIBILIDAD DESCARGA	0.9633
CAUDAL VOLUMETRICO	6335 m3/h
CAUDAL MÁSICO	13054,95 kg/h
TEMPERATURA DE ENTRADA	-159,7 ºC
TEMPERATURA DE DISEÑO MINIMA	-169,7ºC
TEMPERATURA DE DISEÑO MAXIMA	32 ºC
POTENCIA	407,13 hp
POTENCIA ESTIMADA	A CONFIRMAR POR EL VENDEDOR
EFICIENCIA	A CONFIRMAR POR EL VENDEDOR
MATERIAL	ACERO INOXIDABLE 304L

0	EMISIÓN FINAL	31/7/2020	ADU	ARC	MAC
A	PARA REVISIÓN	15/7/2020	LUC	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

HOJA DE DATOS

Vàlvula de Control LV-1715

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-HD-008**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 2

CLIENTE:					
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**				
TÍTULO: **HOJA DE DATOS** **Vàlvula de Control LV-1715**		DOCUMENTO N° **G1-PR-HD-008**			
		REVISIÓN	A	0	
		Página:	2	de	2

VÁLVULA		
DESCRIPCIÓN	VALVULA DE CONTROL	
TAG	LV1715	
P&ID NUMBER	G1-PR-PI-006	
LINE NUMBER	12"-LNG-17008-AIB-CC-150mm	
DESCRIPCIÓN DE SERVICIO	REGULACION DE NIVEL DE RC017	
DIAMETRO	10 "	
TIPO	GLOBE	
DIRECCION DEL FLUJO	FORWARD	
MODELO	A31A CL300	
NÚMERO DE UNIDADES TOTALES	1	
NÚMERO DE UNIDADES EN OPERACIÓN	1	
NÚMERO DE UNIDADES EN RESERVA	0	

DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN		
FLUIDO	LNG	
TIPO DE OPERACION	NORMAL	MAXIMO
CAUDAL	486251 kg/h	729376 kg/h
% APERTURA	60	80
Cv	2250	2631
PRESION ENTRADA	7,3 bar	
PRESION SALIDA	7,0 bar	
TEMPERATURA DE ENTRADA	-159,3 C	
TEMPERATURA DE SALIDA	-159,3 C	
DENSIDAD	440 kg/m3	
VISCOCIDAD	0,1234 cP	
PRESION ATMOSFERICA	1,14 bar	
DIAMETRO NOMINAL CANERIA	304,8mm	
DIAMETRO INTERNO CANERIA	295,7mm	
AISLACION CAÑERÍA	CC - 150mm	
MODELO	FISCHER	
PRODUCER	EMERSON	

0	EMISION FINAL	31/7/2020	LUC	ARC	MAC
A	PARA REVISIÓN	15/7/2020	LUC	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

HOJA DE DATOS

Vàlvula de Alivio PSV-1750/1751

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-HD-009**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 2

CLIENTE:				
PROYECTO: **PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**				
TÍTULO: **HOJA DE DATOS** **Vàlvula de Alivio PSV-1750/1751**	DOCUMENTO N° **G1-PR-HD-009**			
	REVISIÓN	A	0	
	Página:	2	de	2

VALVULA DE ALIVIO RECONDENSADOR		
DESCRIPCIÓN	VALVULA DE ALIVIO	
TAG		
	PSV1750A/B	
	PSV1571A/B	
LINE NUMBER	X"-BOG-01805-AIB-PP-XXmm	
DESCRIPCION DE SERVICIO	SISTEMA DE ALIVIO DE PRESION RC017	
NÚMERO DE UNIDADES TOTALES	4	
NÚMERO DE UNIDADES EN OPERACIÓN	2	
NÚMERO DE UNIDADES EN RESERVA	2	

DATOS DE DISEÑO Y OPERACIÓN		
FLUIDO	BOG	
TIPO DE OPERACION	BLOQUEO ENTRADA LNG	FUEGO EXTERNO
CAUDAL	12729 kg/h	325,2 kg/h
TIPO DE VALVULA	C	C
PRESION DE SET	15 bar	14,9 bar
MAXIMO BACPRESSURE	0,3 bar	0,3 bar
SOBREPRESION	10 %	21 %
MATERIAL	SS	SS
DESIGNACION ORIFICIO ESTANDAR	K	D
AREA EFECTIVA ORIFICIO ESTANDAR	1186 mm2	70,97 mm2
DIAMETRO DE ENTRADA	3 in	1 in
DIAMETRO SALIDA	4 in	2 in
TEMPERATURA ENTRADA	-159,3 C	
TEMPERATURA SALIDA	33 C	
VISCOCIDAD	0,1234 cP	
CIEFICIENTE ISOENTROPICO (Cp/Cv)	1,378	
PRESION ABSOLUTA ATMOSFERICA	1,14 bar	
PESO MOLECULAR	16,58 kg/kmol	
FACTOR DE COMPRESIBILIDAD Z	0,8019	

0	EMISIÓN FINAL	31/7/2020	LGR	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA REVISIÓN	15/7/2020	LGR	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.

ITBA

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

MATRIZ CAUSA EFECTO

PROCESOS

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-MCE-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 2

CLIENTE:

PROYECTO: **PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**

TÍTULO:

MATRIZ CAUSA Y EFECTO

PROCESOS

DOCUMENTO Nº: **G1-PR-MCE-001**

REVISIÓN: A 0

Página 2 de 2

REFERENCIAS
P: PARAR
C: CERRAR
A: ABRIR

TAG	TAG	P&ID	SERVICIO	UNIDAD	ALARMAS					ENCLAVAMIENTOS							TAG DEL ENCLAVAMIENTO
					High High High	High High	High	Low	Low Low	ON	OFF	High High High	High High	High	Low	Low Low	
			Shutdown de Planta														YC 1000
PAHH	003B	G1-PR-PI-001	Muy alta presion brazo de descarga LNG	barg		X							X				YC 003B
TAHH	004B	G1-PR-PI-001	Muy alta temperatura Línea de Descarga de Barco de LNG	°C		X							X				YC 004B
PDAHH	005	G1-PR-PI-001	Diferencial de Presión Filtro F-001	barg		X							X				YC 005B
LALL	0103	G1-PR-PI-002	Muy bajo nivel TKA-001	m					X							X	YC 0103B
LALL	0203	G1-PR-PI-003	Muy bajo nivel TKA-002	m					X							X	YC 0203B
LALL	0303	G1-PR-PI-004	Muy bajo nivel TKA-003	m					X							X	YC 0303B
LAHH	0103	G1-PR-PI-002	Muy alto nivel TKA-001	m		X							X				YC 0103A
LAHH	0203	G1-PR-PI-003	Muy alto nivel TKA-002	m		X							X				YC 0203A
LAHH	0303	G1-PR-PI-004	Muy alto nivel TKA-003	m		X							X				YC 0303A
PALL	0160	G1-PR-PI-002	Muy baja presión TKA-001	mbarg					X							X	YC 0160B
PALL	0260	G1-PR-PI-003	Muy baja presión TKA-002	mbarg					X							X	YC 0260B
PALL	0360	G1-PR-PI-004	Muy baja presión TKA-003	mbarg					X							X	YC 0360B
PAHH	0160	G1-PR-PI-002	Muy alta presión TKA-001	mbarg		X							X				YC 0160A
PAHH	0260	G1-PR-PI-003	Muy alta presión TKA-002	mbarg		X							X				YC 0260A
PAHH	0360	G1-PR-PI-004	Muy alta presión TKA-003	mbarg		X							X				YC 0360A
PAHHH	0162	G1-PR-PI-002	Muy muy alta presión TKA-001	mbarg	X							X					YC 0162
PAHHH	0262	G1-PR-PI-003	Muy muy alta presión TKA-002	mbarg	X							X					YC 0262
PAHHH	0362	G1-PR-PI-004	Muy muy alta presión TKA-003	mbarg	X							X					YC 0362
PAHH	003A	G1-PR-PI-001	Muy alta presión Línea de Retorno al Barco de LNG	barg		X							X				YC 003A
TAHH	004A	G1-PR-PI-001	Muy alta temperatura Línea de Retorno al Barco de LNG	°C		X							X				YC 004A
PAHH	1504	G1-PR-PI-005	Muy alta presión SSC-015	barg		X							X				YC 1504
LAHH	1502	G1-PR-PI-005	Muy alto nivel SSC-015	m		X	X						X				YC 1502A
LALL	1502	G1-PR-PI-005	Muy bajo nivel SSC-015	m				X	X							X	YC 1502B
PDAHH	1602A	G1-PR-PI-005	Muy alta diferencial de Presión Filtro F-002	barg		X							X				YC 1602A
PAHH	1604A	G1-PR-PI-005	Muy alta Presión Entrada KG-016A	barg		X							X				YC 1604AB
PALL	1604A	G1-PR-PI-005	Muy baja Presión Entrada KG-016A	barg					X							X	YC 1604AA
TAHH	1605A	G1-PR-PI-005	Muy alta Temperatura Entrada KG-016A	°C		X							X				YC 1605A
PAHH	1606A	G1-PR-PI-005	Muy alta Presión Salida KG-016A	barg		X							X				YC 1606A
TAHH	1607A	G1-PR-PI-005	Muy alta Temperatura Salida KG-016A	°C		X							X				YC 1607A
PDAHH	1602B	G1-PR-PI-005	Muy alta presión diferencial de Presión Filtro F-003	barg		X							X				YC 1602B
PAHH	1604B	G1-PR-PI-005	Muy alta Presión Entrada KG-016B	barg		X							X				YC 1604BB
PALL	1604B	G1-PR-PI-005	Muy baja Presión Entrada KG-016B	barg					X							X	YC 1604BA
TAHH	1605B	G1-PR-PI-005	Muy alta Temperatura Entrada KG-016B	°C		X							X				YC 1605B
PAHH	1606B	G1-PR-PI-005	Muy alta Presión Salida KG-016B	barg		X							X				YC 1606B
TAHH	1607B	G1-PR-PI-005	Muy alta Temperatura Salida KG-016B	°C		X							X				YC 1607B
PAHH	1708	G1-PR-PI-006	Muy alta presión Línea Entrada Recondensador	barg		X							X				YC 1708
LAHH	1716A	G1-PR-PI-006	Muy alto nivel RC-017	m		X	X						X				YC 1716A
LALL	1716B	G1-PR-PI-006	Muy bajo nivel RC-017	m				X	X							X	YC 1716B
PDAHH	2342	G1-PR-PI-009	Muy alta presón diferencial de Presión Filtro FMF-023	barg		X							X				YC 2342
LAL	2250	G1-PR-PI-011	Bajo nivel TK-022	m				X							X		YC 2250B
LAH	2250	G1-PR-PI-011	Alto nivel TK-022	m			X							X			YC 2250A

TAG	SERVICIO
TAG	Brazo de Descarga LNG
SDV-007B	Salida TKA-001
SDV-0111	Motor de bomba de baja presión
LP P-004A	Motor de bomba de baja presión
LP P-004B	Motor de bomba de baja presión
LP P-004C	Salida TKA-002
SDV-0211	Motor de bomba de baja presión
LP P 005A	Motor de bomba de baja presión
LP P 005B	Motor de bomba de baja presión
LP P 005C	Salida TKA-003
SDV-0311	Motor de bomba de baja presión
LP P 006A	Motor de bomba de baja presión
LP P 006B	Motor de bomba de baja presión
LP P 006C	Entrada TKA-001
SDV-0101	Entrada TKA-002
SDV-0201	Entrada TKA-003
SDV-0301	Línea de NG para protección de vacio
XV-0060A	Línea de NG para protección de vacio
XV-0060B	Salida de BOG de TKA-001 a zona segura
XV-0164	Salida de BOG de TKA-002 a zona segura
XV-0264	Salida de BOG de TKA-003 a zona segura
XV-0364	Retorno Barco LNG
SDV-007A	Entrada SSC-015
SDV-1501	Entrada desobrecalentador, TV-1506
SDV-1507	Entrada KG-0161A
SDV-1601A	Salida KG-0161A
SDV-1608A	Entrada KG-0161B
SDV-1601B	Salida KG-0161B
SDV-1608B	Salida SSC-015
SDV-1505	Motores de compresores
KG-016A	Motores de compresores
KG-016B	PERC- Brazo de descarga de LNG
SDV-001A	PERC- Brazo de descarga de LNG
SDV-001B	PERC- Brazo de descarga de BOG
SDV-002A	PERC- Brazo de descarga de BOG
SDV-002B	Entrada Gas Recondensador
SDV-1701	Salida RC-017
SDV-1722	Motor
HP P-007	Motor
HP P-008	Motor
HP P-009	Motor
HP P-010	A ORVs
SDV-1100	A Medidor Fiscal
SDV-1234	Línea de NG para protección de vacio
SDV-1061	Línea de salida de BOG de TK-022
XV-2210	Línea de NG para barrido del TK-022
XV-2220	Colectora entrada de drenajes a TKA-022
XV-2230	

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LGR	ARC	MAC
C	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	15/07/2020	LGR	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	23/04/2020	LGR	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	25/10/2019	LGR	ARC	MAC

PROYECTO:

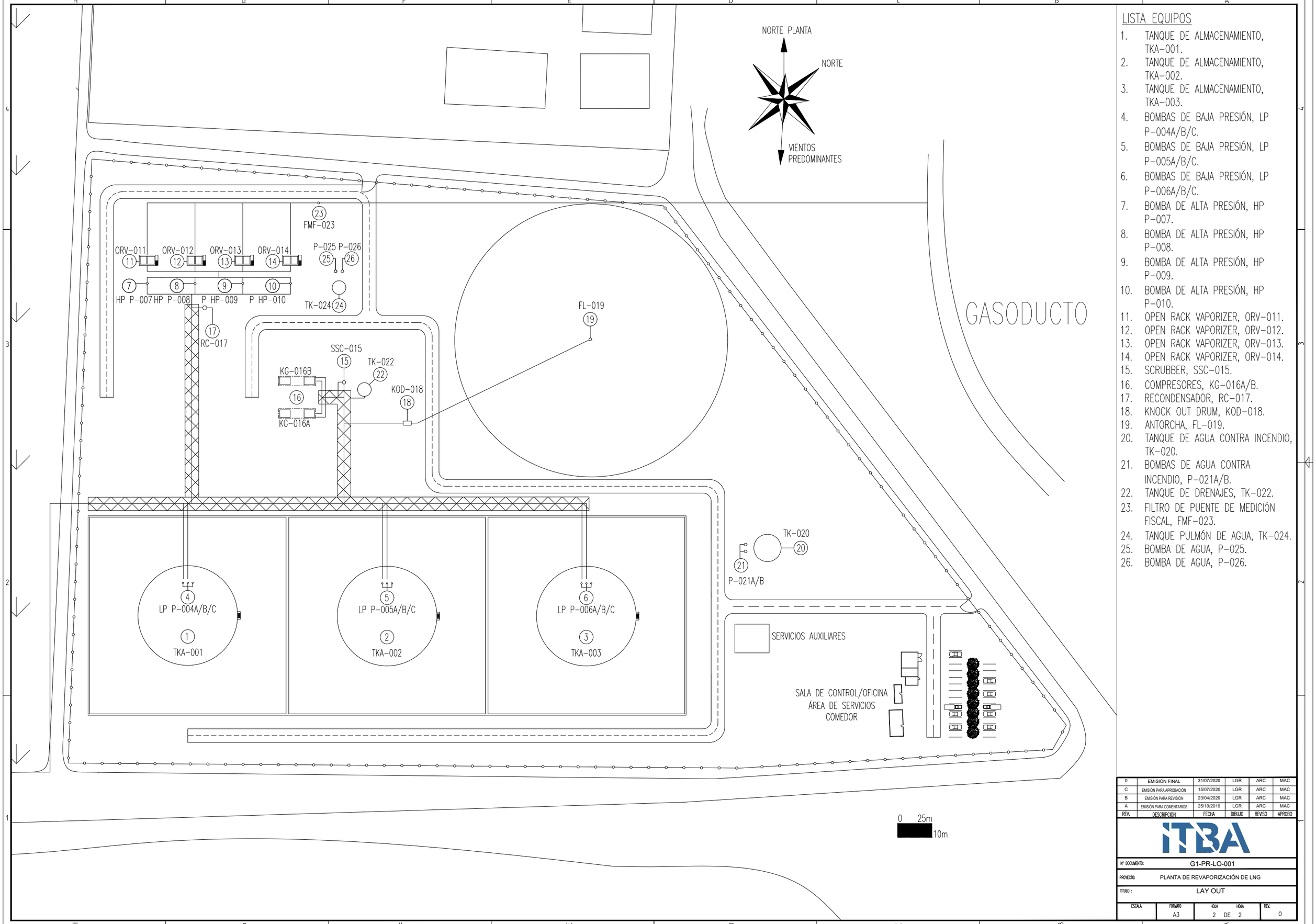
PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

LAY OUT

PROCESOS

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-LO-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 2



LISTA EQUIPOS

1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO, TKA-001.
2. TANQUE DE ALMACENAMIENTO, TKA-002.
3. TANQUE DE ALMACENAMIENTO, TKA-003.
4. BOMBAS DE BAJA PRESIÓN, LP P-004A/B/C.
5. BOMBAS DE BAJA PRESIÓN, LP P-005A/B/C.
6. BOMBAS DE BAJA PRESIÓN, LP P-006A/B/C.
7. BOMBA DE ALTA PRESIÓN, HP P-007.
8. BOMBA DE ALTA PRESIÓN, HP P-008.
9. BOMBA DE ALTA PRESIÓN, HP P-009.
10. BOMBA DE ALTA PRESIÓN, HP P-010.
11. OPEN RACK VAPORIZER, ORV-011.
12. OPEN RACK VAPORIZER, ORV-012.
13. OPEN RACK VAPORIZER, ORV-013.
14. OPEN RACK VAPORIZER, ORV-014.
15. SCRUBBER, SSC-015.
16. COMPRESORES, KG-016A/B.
17. RECONDENSADOR, RC-017.
18. KNOCK OUT DRUM, KOD-018.
19. ANTORCHA, FL-019.
20. TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO, TK-020.
21. BOMBAS DE AGUA CONTRA INCENDIO, P-021A/B.
22. TANQUE DE DRENAJES, TK-022.
23. FILTRO DE PUENTE DE MEDICIÓN FISCAL, FMF-023.
24. TANQUE PULMÓN DE AGUA, TK-024.
25. BOMBA DE AGUA, P-025.
26. BOMBA DE AGUA, P-026.

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LGR	ARC	MAC
C	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	15/07/2020	LGR	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	23/04/2020	LGR	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	25/10/2019	LGR	ARC	MAC

ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-LO-001
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	LAY OUT

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
	A3	2 DE	2	0

IRAM 4508 TAMAÑO A3

REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.
0	EMISIÓN EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LGR	ARC	MAC
C	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	15/07/2020	LGR	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	23/04/2020	LGR	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	25/10/2019	LGR	ARC	MAC

PROYECTO:

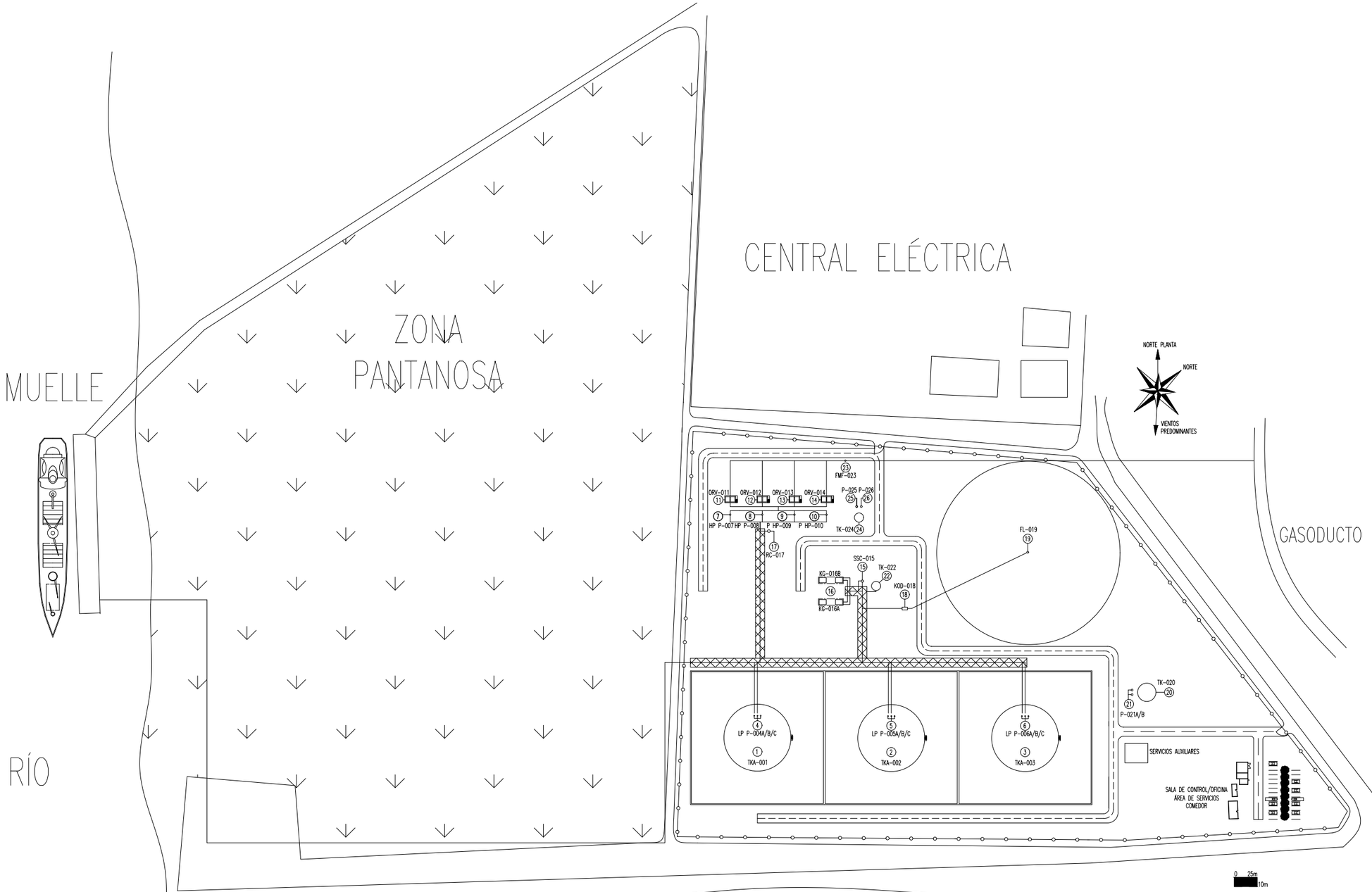
PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

PLOT PLAN

PROCESOS

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-PP-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 2



LISTA EQUIPOS

1. TANQUE DE ALMACENAMIENTO, TKA-001.
2. TANQUE DE ALMACENAMIENTO, TKA-002.
3. TANQUE DE ALMACENAMIENTO, TKA-003.
4. BOMBAS DE BAJA PRESIÓN, LP P-004A/B/C.
5. BOMBAS DE BAJA PRESIÓN, LP P-005A/B/C.
6. BOMBAS DE BAJA PRESIÓN, LP P-006A/B/C.
7. BOMBA DE ALTA PRESIÓN, HP P-007.
8. BOMBA DE ALTA PRESIÓN, HP P-008.
9. BOMBA DE ALTA PRESIÓN, HP P-009.
10. BOMBA DE ALTA PRESIÓN, HP P-010.
11. OPEN RACK VAPORIZER, ORV-011.
12. OPEN RACK VAPORIZER, ORV-012.
13. OPEN RACK VAPORIZER, ORV-013.
14. OPEN RACK VAPORIZER, ORV-014.
15. SCRUBBER, SSC-015.
16. COMPRESORES, KG-016A/B.
17. RECONDENSADOR, RC-017.
18. KNOCK OUT DRUM, KOD-018.
19. ANTORCHA, FL-019.
20. TANQUE DE AGUA CONTRA INCENDIO, TK-020.
21. BOMBAS DE AGUA CONTRA INCENDIO, P-021A/B.
22. TANQUE DE DRENAJES, TK-022.
23. FILTRO DE PUENTE DE MEDICIÓN FISCAL, FMF-023.
24. TANQUE PULMÓN DE AGUA, TK-024.
25. BOMBA DE AGUA, P-025.
26. BOMBA DE AGUA, P-026.

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LGR	ARC	MAC
C	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	15/07/2020	LGR	ARC	MAC
B	EMISIÓN PARA REVISIÓN	23/04/2020	LGR	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	25/10/2019	LGR	ARC	MAC

ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-PP-001
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	PLOT PLAN

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
	A3	2 DE	2	0

IRAM 4508

TAMAÑO A3

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA COMENTARIOS	15/07/2020	HJL	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.

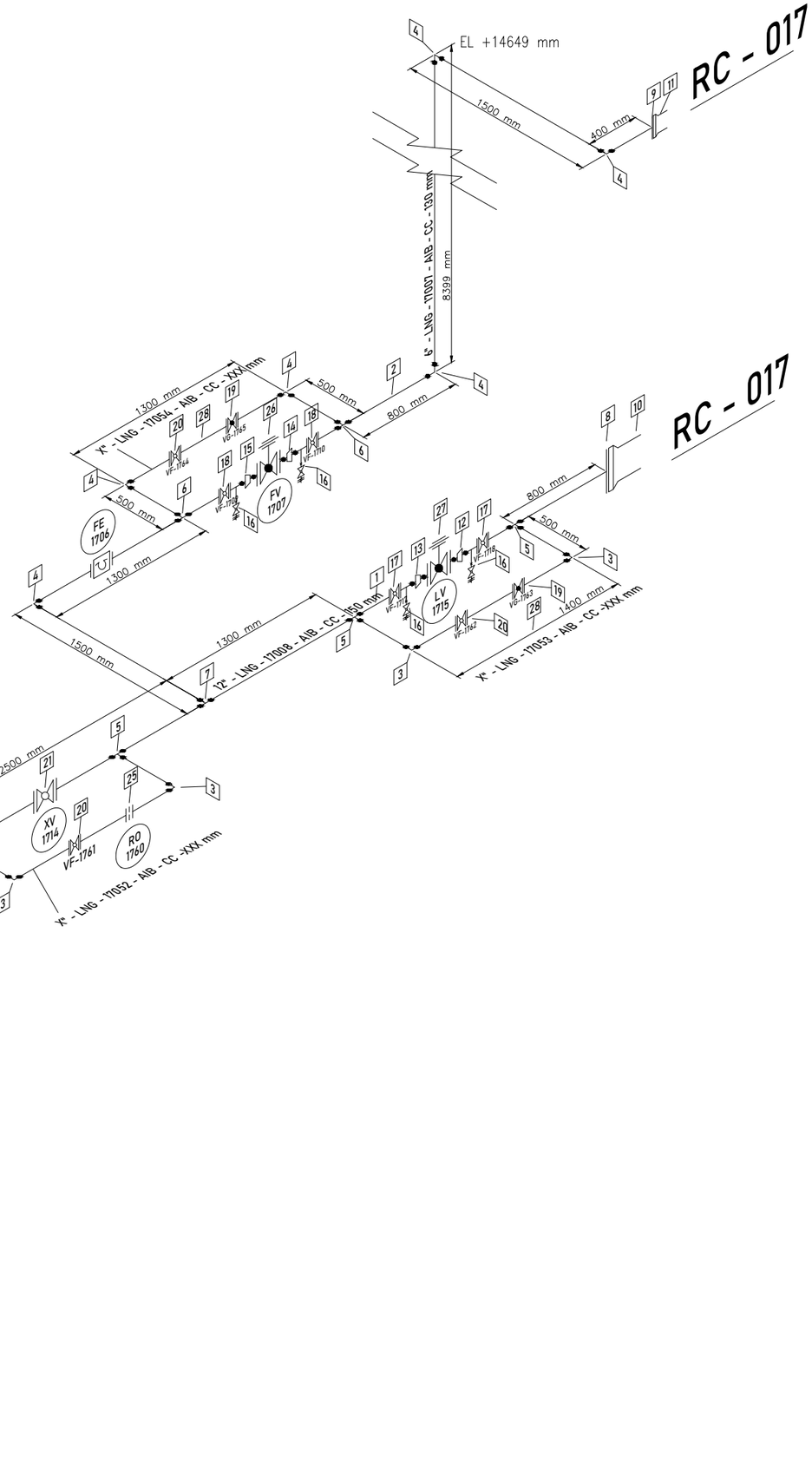
PROYECTO:

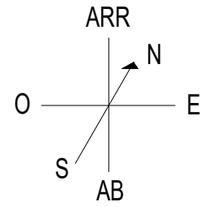
PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

ISOMETRÍA

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-IS-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 2





LISTADO DE MATERIALES

ID	Descripción	CT.	ND	Clase
1	Cañería	X	12"	AIB
2	Cañería	X	6"	AIB
3	Codo 90°	6	12"	AIB
4	Codo 90°	6	6"	AIB
5	Tee	4	12"	AIB
6	Tee	2	6"	AIB
7	Tee	1	12"x6"	AIB
8	Brida	17	12"	AIB
9	Brida	11	6"	AIB
10	Nozzle	1	12"	AIB
11	Nozzle	1	6"	AIB
12	Exp. Concéntrica	1	12"x10"	AIB
13	Red. Concéntrica	1	12"x10"	AIB
14	Exp. Concéntrica	1	6"xX"	AIB
15	Red. Concéntrica	1	6"xX"	AIB
16	Válvula Esférica	4	1/2"	AIB
17	Válvula Esférica	2	12"	AIB
18	Válvula Esférica	2	6"	AIB
19	Válvula Globo	2	X"	AIB
20	Válvula Esférica	3	X"	AIB
21	Válvula Motorizada	1	12"	AIB
22	Válvula Reg. Caudal	1	14"	AIB
23	Válvula Reg. Caudal	1	3"	AIB
24	Válvula Mariposa	1	12"	AIB
25	Orificio de restricción	1	X"	AIB
26	Válvula de Control	1	X"	AIB
27	Válvula de Control	1	10"	AIB
28	Cañería	1	X"	AIB

REV.	DESCRIPCION	FECHA	DIBUJO	REVISO	APROBO
0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	HJL	ARC	MAC
A	EMISIÓN PARA APROBACIÓN	15/07/2020	HJL	ARC	MAC

ITBA

Nº DOCUMENTO:	G1-PR-IS-001
PROYECTO:	PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG
TITULO :	ISOMETRÍA LÍNEA DE ENTRADA DE RECONDENSADOR RC-017

ESCALA	FORMATO	HOJA	HOJA	REV.
S/E	A3	2	DE 2	0

0	EMISIÓN FINAL	31/07/2020	LGR	ARC	MAC
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	REV.	APROB.

PROYECTO:

PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG

TÍTULO:

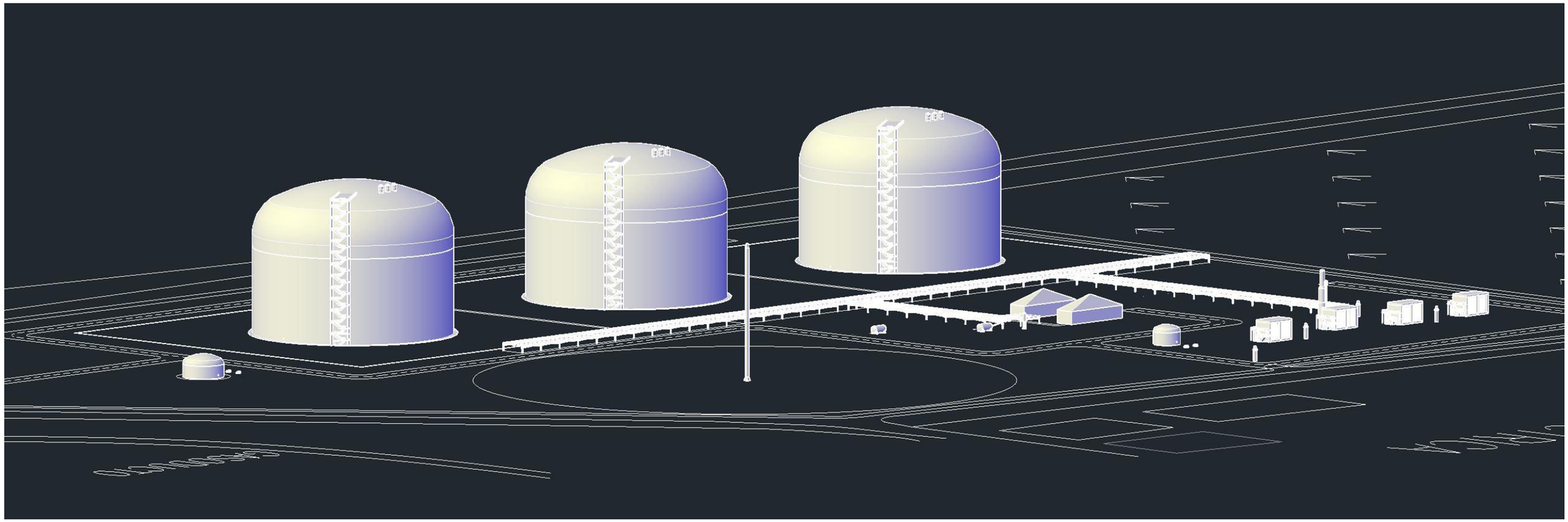
MAQUETA

PROCESOS

Escala	Documento N°	Revisión
S/E	**G1-PR-MA-001**	**0**
	REEMPLAZA:	Pág. 1 de 7

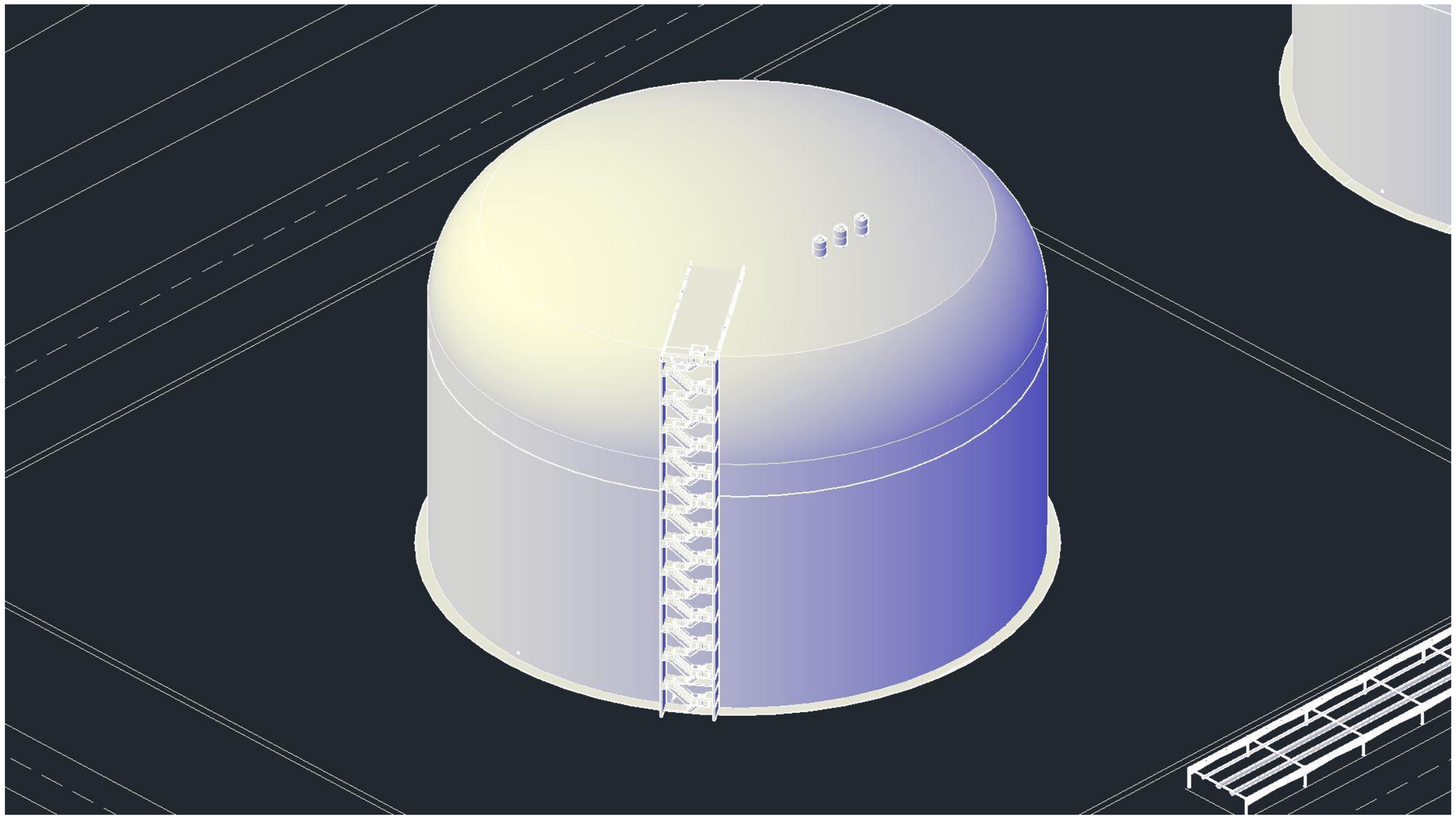
CLIENTE:					
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**				
TÍTULO: **MAQUETA** **PROCESOS**		DOCUMENTO N° **G1-PR-MA-001**			
		REVISIÓN	0		
		Página:	2	de	7

VISTA GENERAL DE PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG



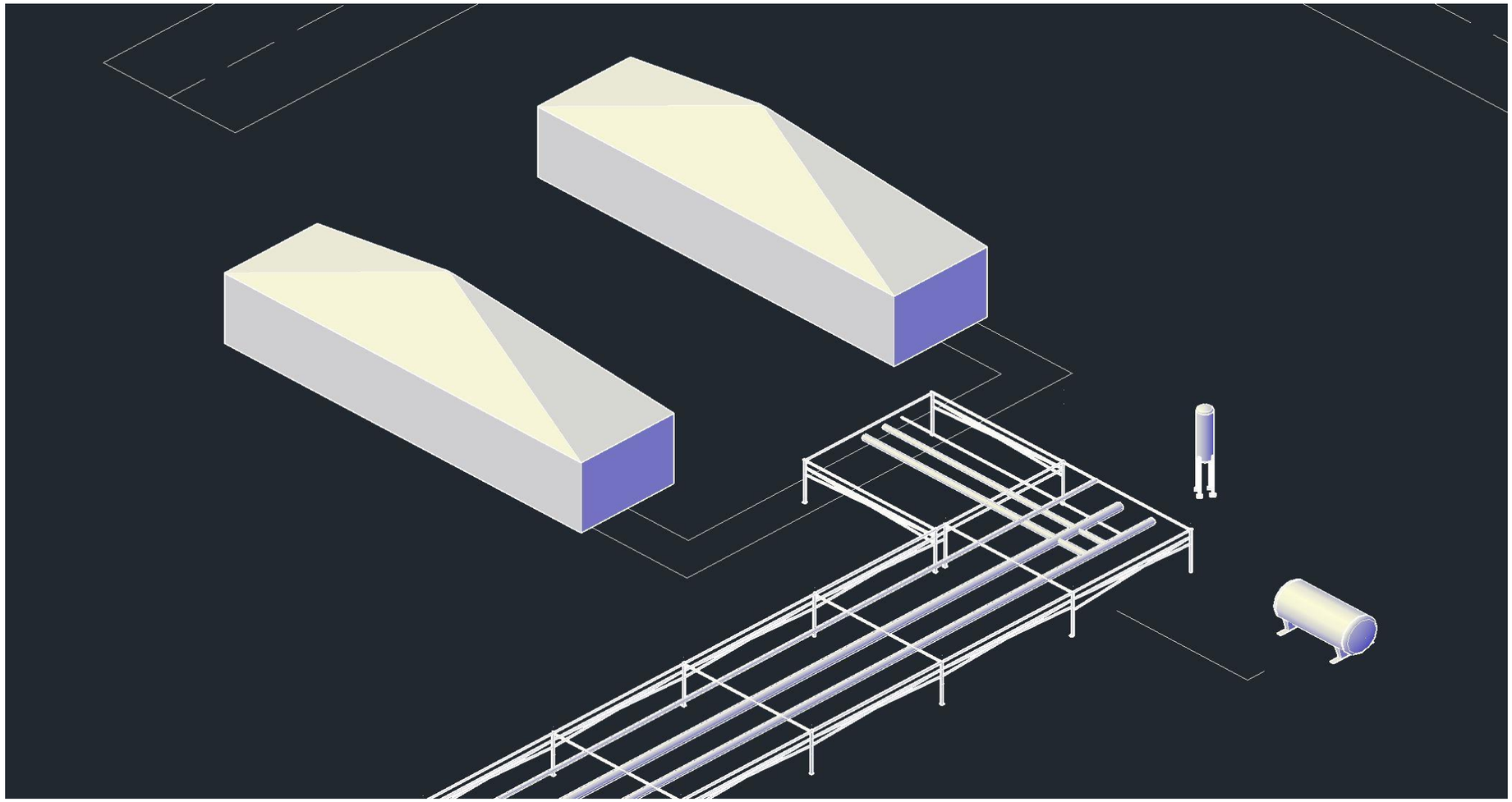
CLIENTE:					
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**				
TÍTULO: **MAQUETA** **PROCESOS**		DOCUMENTO N° **G1-PR-MA-001**			
		REVISIÓN	0		
		Página:	3	de	7

TANQUE DE ALMACENAMIENTO TKA-001/002/003 Y BOMBAS DE BAJA PRESIÓN LP P-004/005/006



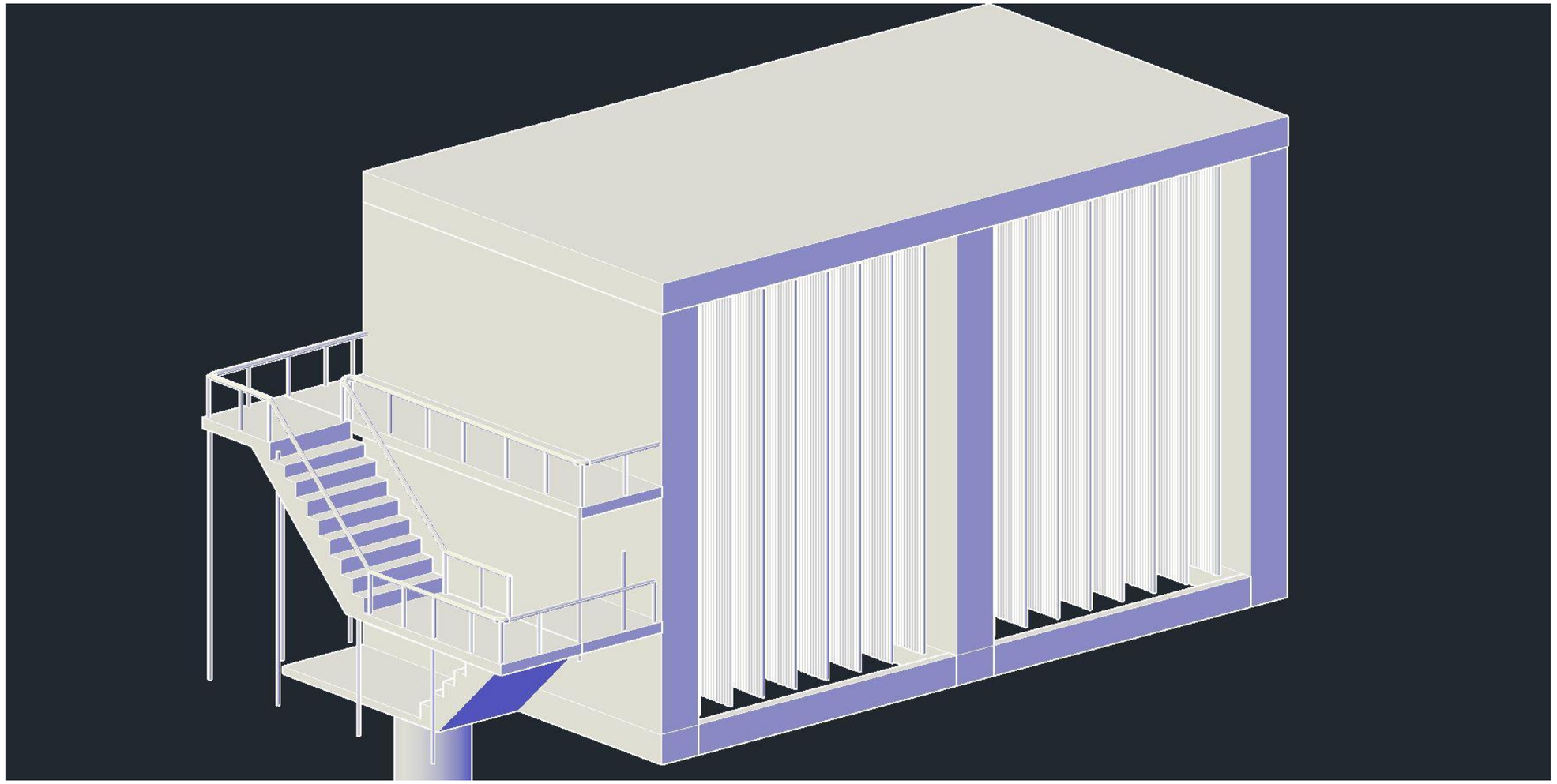
CLIENTE:					
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**				
TÍTULO: **MAQUETA** **PROCESOS**		DOCUMENTO N° **G1-PR-MA-001**			
		REVISIÓN	4		7
		Página:	2	de	5

SISTEMA DE COMPRESIÓN KG-016 A/B , SCRUBBER SSC-015 Y KOD-018



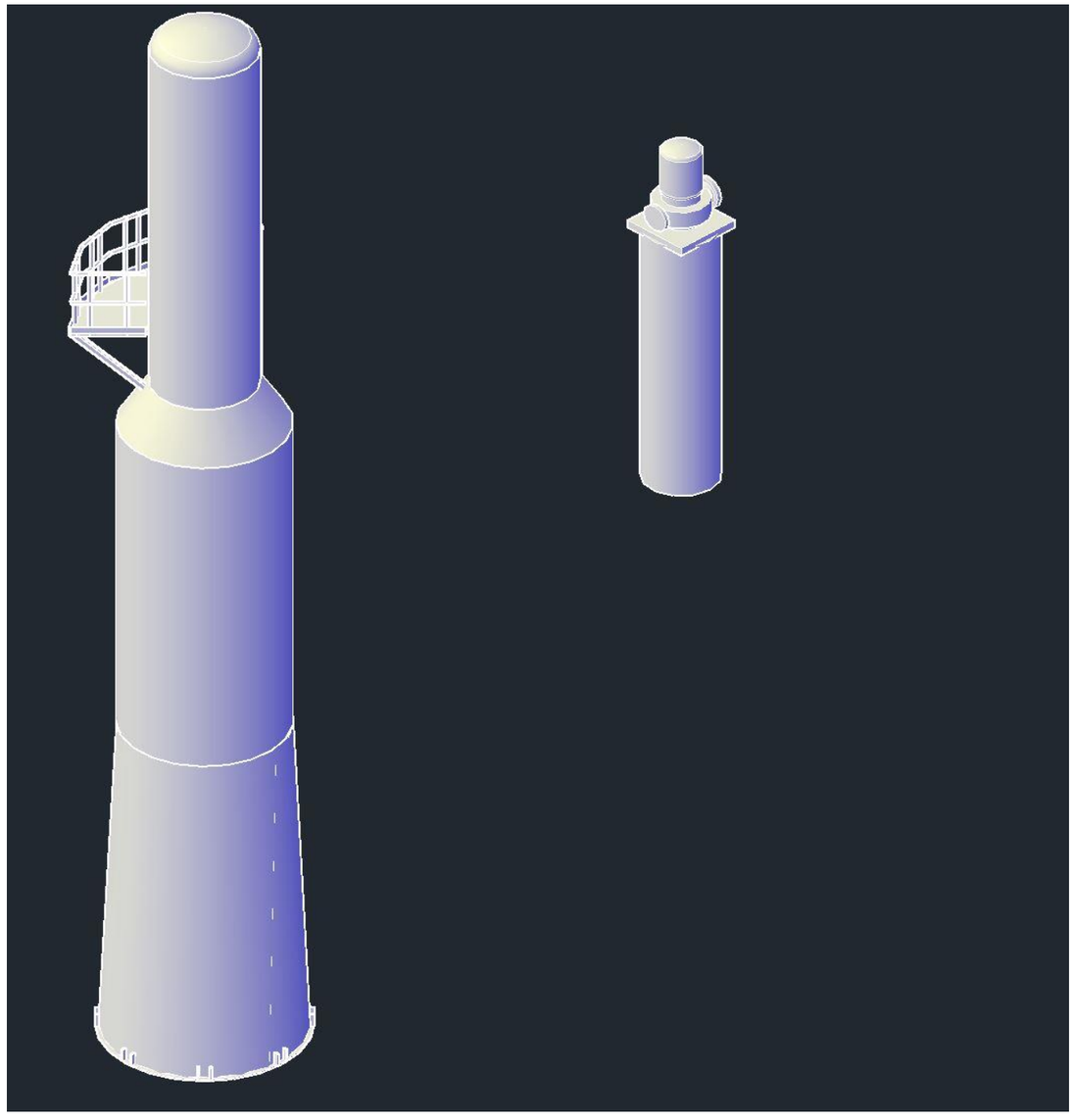
CLIENTE:					
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**				
TÍTULO: **MAQUETA** **PROCESOS**		DOCUMENTO N° **G1-PR-MA-001**			
		REVISIÓN	0		
		Página:	5	de	7

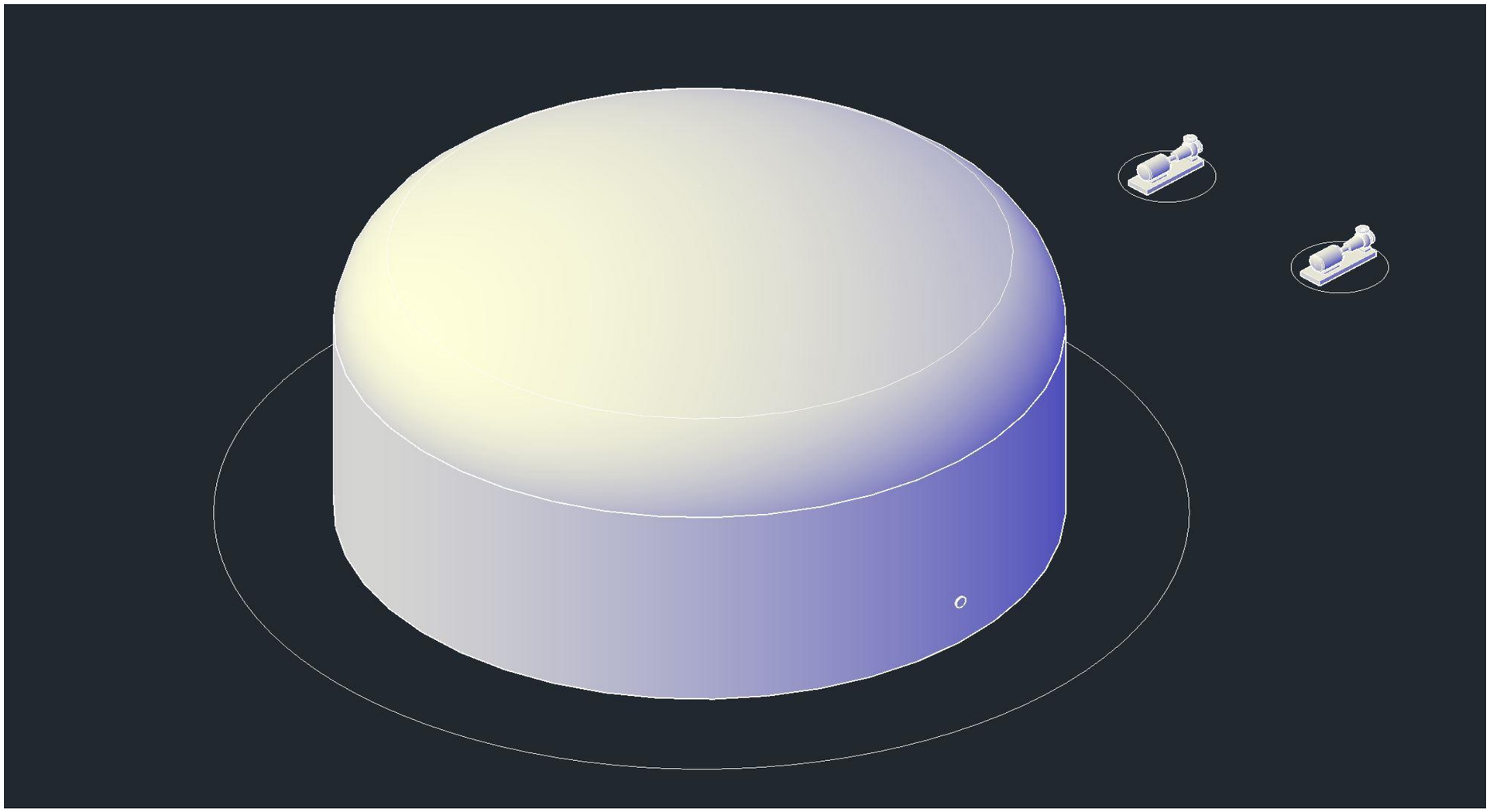
OPEN RACK VAPORIZER ORV-011/012/013/014



CLIENTE:					
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**				
TÍTULO: **MAQUETA** **PROCESOS**		DOCUMENTO N° **G1-PR-MA-001**			
		REVISIÓN	0		
		Página:	6	de	7

RECONDENSADOR RC-017 Y BOMBA DE ALTA PRESIÓN HP-007/008/009/010



CLIENTE:					
PROYECTO:	**PLANTA DE REVAPORIZACIÓN DE LNG**				
TÍTULO: **MAQUETA** **PROCESOS**		DOCUMENTO N° **G1-PR-MA-001**			
		REVISIÓN	0		
		Página:	7	de	7

TANQUE DE AGUA TK-024 Y BOMBAS CENTRIFUGAS P-025 Y P-026