

Universidad de Lima
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Carrera de Ingeniería Industrial



MEJORA EN EL GASODUCTO DEL PERÚ LNG UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Trabajo de suficiencia profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero
Industrial

Saez Loo, Luis Victoriano

Código 19971529

Asesor

Ana Valdez Ampuero

Lima – Perú

Noviembre de 2019





**IMPROVEMENT ON THE PIPELINE OF
PERU LNG USING INDUSTRIAL
ENGINEERING TOOLS**

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3
1. CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	4
1.1. Descripción de la empresa	4
1.1.1. Datos generales	4
1.1.2. Zonas de operación	4
1.1.3. Giro de la empresa	5
1.1.4. Tamaño de la empresa	5
1.1.5. Reseña histórica de la empresa	6
1.1.6. Misión y visión de la empresa	7
1.1.7. Productos y clientes	8
1.1.8. Premios y certificaciones	9
1.1.8.1. Premios	9
1.1.8.2. Certificaciones	10
1.1.9. Relación de la empresa con la sociedad.....	10
1.2. Descripción del sector.....	11
1.2.1. Poder de negociación de los clientes	11
1.2.2. Poder de negociación de los proveedores	12
1.2.3. Amenaza de nuevos competidores.....	13
1.2.4. Amenaza de productos sustitutos.....	13
1.2.5. Rivalidad entre competidores	14
1.3. Descripción del problema	14
1.3.1. Antecedentes	14
1.3.2. Definición del problema	15
CAPÍTULO II: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	16
2.1. Objetivo general.....	16
2.2. Objetivos específicos	16

CAPÍTULO III: ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	17
3.1. Alcance	17
3.2. Limitaciones de la investigación.....	17
CAPÍTULO IV: JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
4.1. Diagnóstico de la situación actual	18
CAPÍTULO V: PROPUESTAS Y RESULTADOS	21
5.1. Evaluación de alterativas	21
5.2. Ejecución del proyecto.....	22
5.3. Resultados	23
CONCLUSIONES	24
RECOMENDACIONES	25
GLOSARIO DE TÉRMINOS	26
REFERENCIAS.....	27
BIBLIOGRAFÍA	29
ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 Condiciones de operación filtro separador PECO PGCH-37-394-48-2045	20
--	----



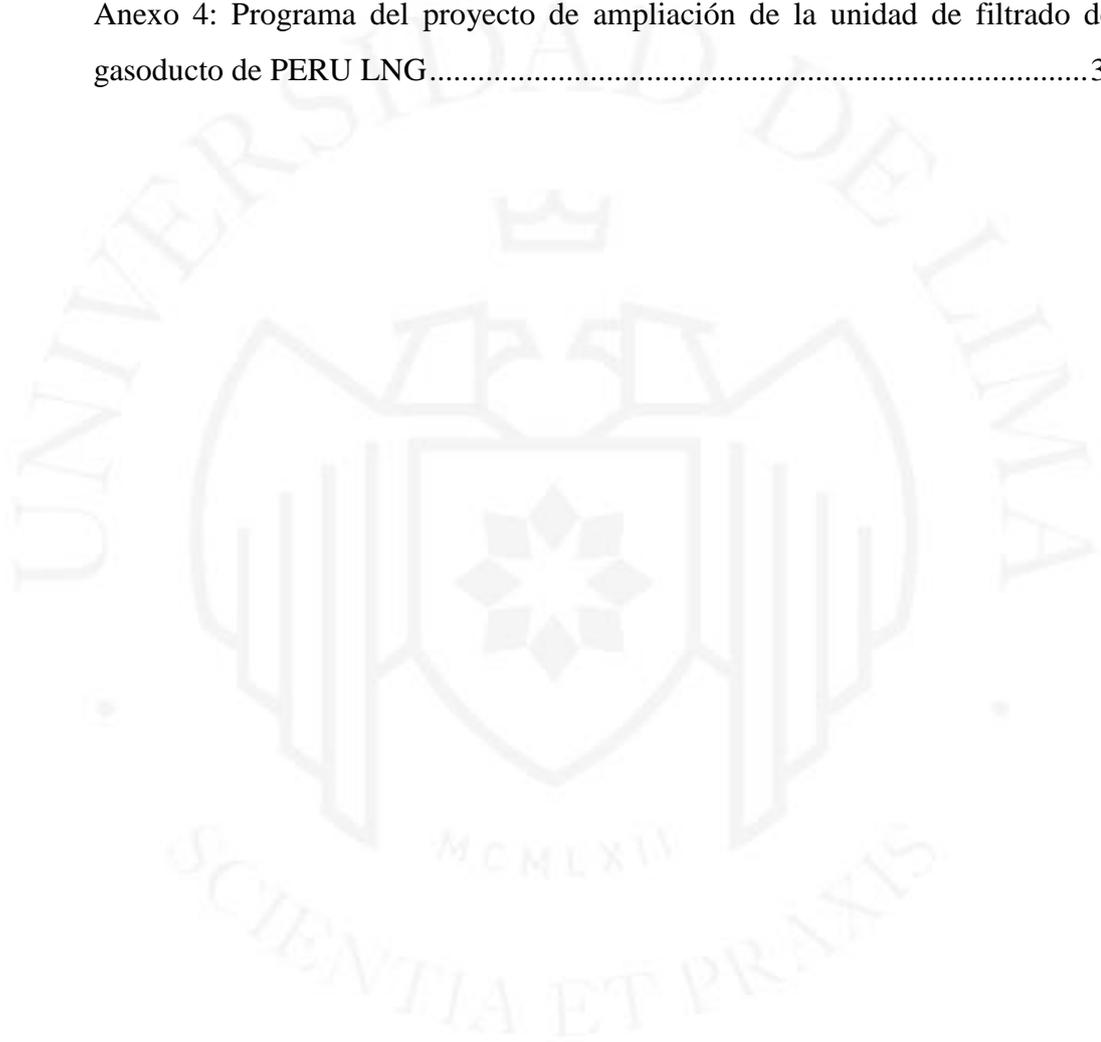
ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa de ubicación de la planta y gasoducto de PERU LNG	5
Figura 1.2 Buques cargados y cantidad de LNG (TBtu) por país de destino	6
Figura 1.3 Ventas mensuales en 2018	9
Figura 1.4 Promedio mensual de precios de gas por regiones, 2010-enero 2018	12
Figura 1.5 Capacidad nominal de licuefacción por país en 2017 y 2023	13
Figura 1.6 Volúmenes de gas natural transportados de Camisea a la costa	15
Figura 4.1 Diagrama Causa-Efecto – “Incremento de demanda de energía”	19
Figura 4.2 Análisis de capacidades en el gasoducto de PERU LNG	20



ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Ubicación global de plantas de licuefacción, marzo 2018.....	31
Anexo 2: Cadena de suministro del gas de Camisea	32
Anexo 3: Diseño de filtro separador PGCPH-37-394-48-2045.....	33
Anexo 4: Programa del proyecto de ampliación de la unidad de filtrado del gasoducto de PERU LNG.....	34



RESUMEN

El presente trabajo cubre el proceso de evaluación del proyecto de ampliación de la unidad de filtración de la estación de medición del gasoducto de PERU LNG S.R.L. utilizando herramientas de Ingeniería Industrial.

El proyecto se origina ante el requerimiento de proveer capacidad de transporte adicional de gas natural en el gasoducto de PERU LNG S.R.L. para el mercado local, el cual fue dispuesto por la alta dirección de la empresa. Mediante la utilización de un diagrama causa-efecto se identificó que la capacidad de las unidades instaladas a lo largo del ducto debía ser analizada para identificar posibles cuellos de botella que impacten la capacidad de transporte del ducto.

Luego de identificado el cuello de botella se evaluaron las alternativas de solución al problema identificado. Entre ellas se evaluó la posibilidad de modificar la filosofía de operación de la unidad de filtración de la estación de medición con el fin de permitir que los filtros separadores operen al 84.5% de su capacidad con la configuración 3+0 en conjunto con la modificación del procedimiento de mantenimiento de los filtros separadores para que este se realice solo en días de baja demanda; la segunda alternativa de solución principal fue la instalación de un filtro separador adicional, lo que permitiría contar con una unidad de relevo (3+1) para no afectar los volúmenes de transporte en los días que se realice el mantenimiento de los filtros separadores y mantener la filosofía de operación de la unidad de filtración.

Luego de evaluar estas alternativas se tomó la decisión de proceder con la implementación de un filtro separador adicional y conexiones para un futuro quinto filtro, elevando la capacidad de transporte disponible en el gasoducto a 1290 MMSCFD.

Palabras clave: causa-efecto, Ishikawa, gasoducto, gas natural, aumento de capacidad.

ABSTRACT

This document details the assessment process of the Project to upgrade the capacity of the filtering unit at the metering station of PERU LNG S.R.L.'s natural gas pipeline using Industrial Engineering tools.

The project initiates after a request to provide additional transportation capacity through PERU LNG S.R.L.'s natural gas pipeline was received to supply the local market and it was approved by upper management. Through the utilization of a cause-effect diagram it was identified that the capacity of the existing facilities along the pipeline shall be assessed to identify possible bottle necks that could impact the transportation capacity of the pipeline.

Two main improvement alternatives were evaluated after the bottle neck had been identified. One of them was the modification the operating philosophy of the filtering unit at the metering station to allow the filter separators to operate at 84.5% of their capacity with a 3+1 configuration as well as a revision of the maintenance procedure for the filter separators so maintenance should only be performed during low demand days; a second improvement alternative was the installation of an additional filter separator to be able to have a standby unit (3+1) that avoid impacting the transported volumes during the days when maintenance of the filter separators is performed and retain the operating philosophy of the filtering unit.

Following the assessment of both alternatives a decision was made to proceed with the implementation of the additional filter separator and spare flanges to allow for the installation of a future fifth filter separator, increasing the available transportation capacity of the natural gas pipeline to 1290 MMSCFD.

Keywords: cause-effect, Ishikawa, pipeline, natural gas, capacity upgrade.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de suficiencia profesional titulado Implementación de mejora en la unidad de filtración del gasoducto de PERU LNG utilizando herramientas de ingeniería industrial, se desarrolla para explicar el análisis llevado a cabo para identificar alternativas de solución para permitir brindar capacidad de transporte de gas natural adicional en el gasoducto de PERU LNG para abastecer al mercado local luego que la solicitud presentada por el concesionario Transportadora de Gas del Perú (TGP) fuera aceptada por la alta dirección de la empresa en el año 2011.

Ante este escenario se debió evaluar la capacidad de las unidades que conforman el gasoducto de PERU LNG identificándose que su capacidad total estaba limitada por la unidad de filtrado ubicada al inicio del gasoducto en la estación de medición. A partir de esto se identificaron dos alternativas de solución, la primera involucraba la modificación de la filosofía de operación de la unidad de filtrado y el procedimiento de mantenimiento causando una reducción temporal en los volúmenes de gas natural entregados a la Planta de Licuefacción y la segunda que requería la ampliación de la capacidad instalada en la unidad de filtrado cuya implementación requería de un periodo de transición para la realización de la ingeniería de detalle y ejecución del proyecto durante el cual se aplicó la primera alternativa de manera exitosa.

Actualmente, el gasoducto de PERU LNG cuenta con cuatro filtros separadores instalados en su unidad de filtrado, de los cuales se encuentran tres en operación y uno en espera (3+1), aumentando su capacidad disponible a 1290 millones de pies cúbicos estándar por día (MMSCFD), lo que le permite abastecer la demanda de la planta de licuefacción y el mercado local utilizando el 84.5% de su capacidad disponible.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

1.1. Descripción de la empresa

1.1.1. Datos generales

PERU LNG S.R.L. es la empresa que opera la primera planta de licuefacción de gas natural de Sudamérica, la que en el mes de junio de 2019 cumplió 09 años de operación (<https://perulng.com/nuestra-empresa/que-hacemos/>, 2019).

Su operación está compuesta por un gasoducto de 408 kilómetros, una planta de licuefacción de gas natural, un terminal marítimo y un terminal de carga de camiones, cuya operación está a cargo de Hunt LNG Operating Company S.A.C (<https://perulng.com/nuestra-empresa/nuestra-operacion/>, 2019).

1.1.2. Zonas de operación

El gasoducto de PERU LNG se inicia en Ayacucho (en la comunidad de Chiquintirca en la provincia de la Mar, distrito de Anco) y recorre los departamentos de Huancavelica, Ica y Lima, donde se ubica la Planta de Licuefacción de gas natural, a la altura del kilómetro 163 de la Carretera Panamericana Sur (<https://perulng.com/nuestra-empresa/nuestra-operacion/>, 2019).

Figura 1.1

Mapa de ubicación de la planta y gasoducto de PERU LNG



Fuente: https://perulng.com/wp-content/uploads/2016/04/PLANTA_DE_LICUEFACCION_PERU-LNG-1.pdf (s.f.)

1.1.3. Giro de la empresa

El giro principal de la empresa es el procesamiento de gas natural para la producción de gas natural licuado. Además, percibe ingresos asociados al transporte de gas natural para el mercado local a través de su gasoducto.

1.1.4. Tamaño de la empresa

De acuerdo a su memoria anual de 2018, en el año 2011, PERU LNG contaba con un capital social de USD 320,099,952 y desde el año 2016 hasta el cierre del año 2018, su capital social se mantuvo en USD 1,461,435,077 (PERU LNG Memoria Anual 2018, 2019, p. 12).

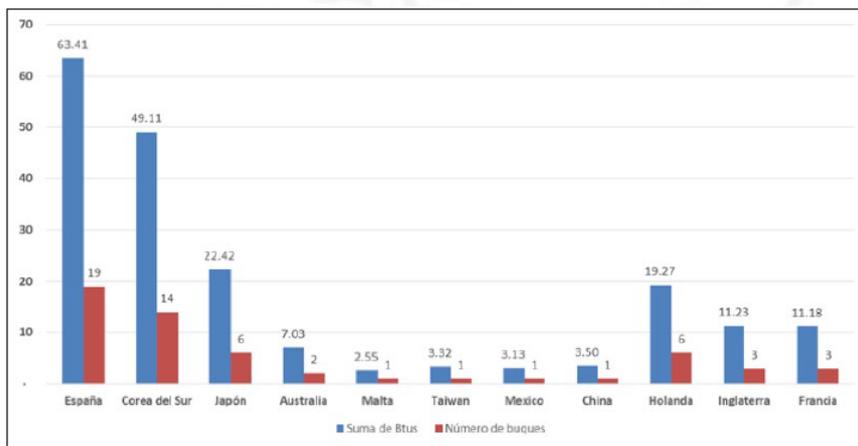
La planta de licuefacción de gas natural cuenta con una capacidad instalada de 4.45 MMTPA (millones de toneladas métricas por año) y procesa un promedio de 626 MMSCFD (millones de pies cúbicos estándar por día) con picos de hasta 720 MMSCFD.

El gasoducto antes de la implementación del proyecto de ampliación de la unidad de filtrado en su estación de medición en el año 2015, contaba con una capacidad disponible para transportar 860 MMSCFD.

En el año 2018, la Planta de licuefacción de gas natural de PERU LNG operó al 92% de su capacidad, produciendo 198 TBtu de gas natural licuado, de los cuales 196.1 TBtu fueron despachados en 57 buques metaneros, lo que representó una participación estimada del 1.26% del mercado global de LNG (<https://giignl.org/lng-markets-trade-0,2019>; PERU LNG Memoria Anual 2018, 2019).

Figura 1.2

Buques cargados y cantidad de LNG (TBtu) por país de destino



Fuente: PERU LNG (2019)

Actualmente la empresa cuenta con 14 empleados y su dirección está compuesta por:

- María Julia Aybar – Gerente General y VP
- Solange Cuadros – Gerente Legal
- Jaime Risco – Gerente Comercial y Planeamiento
- Wei Wong – Gerente de Planeamiento

1.1.5. Reseña histórica de la empresa

La empresa “se creó el 24 de marzo de 2003 para desarrollar, construir y operar una planta de procesamiento de gas natural para la obtención de gas natural licuado (LNG, por sus siglas en inglés)” (<https://perulng.com/nuestra-empresa/historia/>, 2019, párr.1) con la participación (sponsorship) de Hunt Oil Company (EEUU), Repsol (España), Marubeni

Corporation (Japón) y SK Innovation (Corea del Sur) (<https://perulng.com/nuestra-empresa/que-hacemos/>, 2019). La exportación y venta de NGL estuvo a cargo de Repsol (offtaker) considerando que la mayoría de la producción de NGL sería dirigida a la Planta de Regasificación de Manzanillo en México.

PERU LNG cuenta con un convenio de inversión firmado con el estado peruano por un periodo de 40 años y cuenta también con contratos de suministro de gas natural que estipulan que la planta de licuefacción recibirá gas natural de los yacimientos de Camisea por un plazo de 18 años. En dichos contratos de suministro se acuerda que el gas natural proveniente del lote 88 será utilizado únicamente para el consumo local o para ser utilizado como parte del proceso de producción de la planta y que 4.2 trillones de pies cúbicos de gas proveniente del lote 56 serán utilizados para la exportación. (PERU LNG Memoria Anual 2018, 2019, pp. 16-17)

Las actividades de construcción de la planta de licuefacción, terminal marítimo y gasoducto iniciaron el año 2006 y culminaron el 10 de junio de 2010 con una inversión total aproximada de USD 3,800 millones. El 22 de junio de 2010 se produce el primer embarque de gas natural licuado. (<https://perulng.com/nuestra-empresa/historia/>, 2019)

En diciembre de 2013 la compañía Shell Gas (Holanda) compro la participación de Repsol y en el año 2014, Shell International Trading Middle East (SITME) reemplazo a Repsol y tomó el control de la exportación y venta del LNG producido por PERU LNG (PERU LNG Memoria Anual 2018, 2019, p. 17).

El 09 de julio de 2018 se dio inicio a la operación comercial del terminal de carga de camiones de LNG para abastecer el norte y sur del país (PERU LNG Memoria Anual 2018, 2019, p. 22).

1.1.6. Misión y visión de la empresa

De acuerdo a la Memoria Anual 2018 de PERU LNG (2019), la misión y visión de la compañía son:

Misión: ser el productor de GNL de clase mundial más eficiente que provee un lugar de trabajo libre de incidentes para las personas y el medio ambiente, que actúa como un inversionista responsable y contribuyente

con la comunidad local, apoyado por el equipo humano más talentoso y las mejores prácticas para alcanzar la mejora operacional continua mientras maximiza el valor para los accionistas.

Visión: ser productores de GNL de clase mundial en términos de eficiencia operacional y en el desempeño ambiental, social y de seguridad industrial. (PERU LNG Memoria Anual, 2019, p. 9).

1.1.7. Productos y clientes

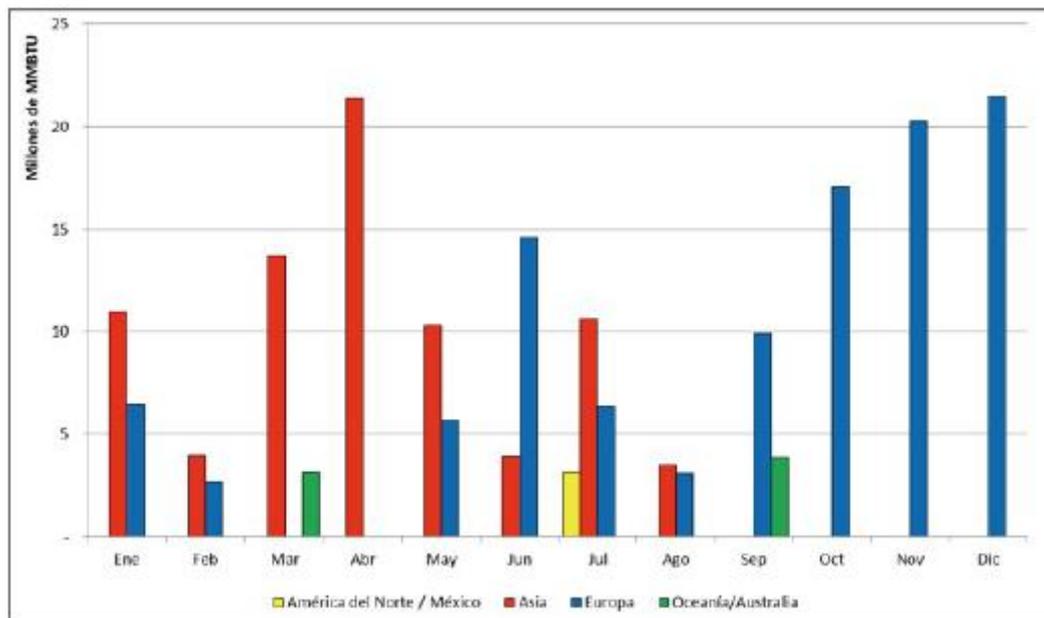
PERU LNG se dedica a la licuefacción de gas natural, el cual es comercializado mediante el uso de un offtaker (SITME), con el que la compañía tiene un acuerdo de compra y venta (Sales and Purchase Agreement – SPA) por la totalidad de su producción por un plazo de 18 años contados desde el inicio de operaciones de la planta de licuefacción. (Durand y Contreras, 2014, p. 6)

Durante el año 2018, el LNG producido por PERU LNG fue comercializado principalmente en España (32%), Corea del Sur (25%), Japón (11%), Holanda (10%) y en otros destinos de Europa y Asia (22%) (PERU LNG Memoria Anual 2018, 2019, p. 17).

Adicionalmente, PERU LNG brinda el servicio de transporte de gas natural para el abastecimiento del mercado local a Transportadora de Gas del Perú, por el cual percibe un pago fijo de USD 208,450 mensuales (Decreto Supremo No. 037-2010-EM, 2010, p. 32).

Figura 1.3

Ventas mensuales en 2018



Fuente: PERU LNG (2019)

1.1.8. Premios y certificaciones

1.1.8.1. Premios

PERU LNG ha recibido diversos premios por sus actividades de inversión social y sostenibilidad, entre los que destacan los recibidos por:

- El terminal marítimo de PERU LNG obtuvo el Premio Marítimo de las Américas 2016 por la Secretaría de la Comisión Interamericana de Puertos (S/CIP) de la Organización de Estados Americanos (OEA), en la categoría “Manejo ambiental sostenible de residuos en puertos”. (<https://perulng.com/comunicaciones/noticias/>, 2019)
- El proyecto de inversión social Haku Wiñay (Mi Chacra Emprendedora) obtuvo el premio Desarrollo Sostenible 2017 por parte de la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE), en la categoría “Gestión del Desarrollo Local”, el premio a las Buenas Prácticas en Gestión Pública 2017 por parte de Ciudadanos al Día (CAD), el Premio IX Ingepet 2018 en

la categoría “Sostenibilidad e innovación para el desarrollo energético”. (<https://perulng.com/comunicaciones/noticias/>, 2019)

- El plan de refinanciamiento de la deuda de PERU LNG, Proyecto ICA, obtuvo el premio Deals of the Year 2019 de la revista Latin Finance, en la categoría “Corporate High Grade Bond of the Year” (bono corporativo de alto grado del año). (<https://perulng.com/comunicaciones/noticias/>, 2019)

1.1.8.2. Certificaciones

El terminal marítimo cuenta con la certificación ISO 9001:2008 por sus sistemas de gestión de calidad en el embarque de LNG y la provisión de servicios portuarios básicos (PERU LNG Memoria Anual 2018, 2019, p. 22).

El sistema integrado de gestión de PERU LNG cuenta con certificaciones ISO 14001 y OHSAS 18001 (PERU LNG Memoria Anual 2018, 2019, p. 37).

1.1.9. Relación de la empresa con la sociedad

PERU LNG desarrolla proyectos de inversión social mediante alianzas estratégicas con instituciones públicas y privadas con el fin de asegurar su éxito, entre los que se destacan:

- Programa de capacidades para la gestión de la inversión privada, en convenio con el Centro de Estudios sobre Minería y Sostenibilidad de la Universidad del Pacífico, está orientado a mejorar la formulación y gestión de proyectos de inversión pública mediante el fortalecimiento de las capacidades de los equipos técnicos de los municipios. En el 2018 este programa permitió apalancar S/ 61.8 millones de soles en fondos del estado para la ejecución de proyectos sociales. (PERU LNG Memoria Anual 2018, 2019, p. 31)
- Programa Allin Ruray (Buen Trabajo), en alianza estratégica con PROSYNERGY, busca capacitar a las familias de las comunidades criadoras de alpacas ubicadas en las partes más elevadas del área de influencia del gasoducto, en técnicas de procesamiento y transformación de la fibra para darle valor agregado y aumentar sus ingresos. (PERU LNG Memoria Anual 2018, 2019, p. 32)

- Programa “Juntos por la reducción de la anemia”, en alianza con Cáritas del Perú, con el fin de mejorar la salud de los niños mediante la mejora de las capacidades de control y prevención de la anemia en las provincias de Huamanga y Cangallo. En el año 2018 se logró reducir la anemia de 38% a 23% en estudiantes de nivel inicial y de 17% a 14% en estudiantes de primaria. (PERU LNG Memoria Anual 2018, 2019, p. 34)

1.2. Descripción del sector

Considerando que el negocio principal de PERU LNG es la licuefacción de gas natural y de acuerdo a la revisión 4 de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU, 2010) las actividades de PERU LNG se encuentran clasificadas de la siguiente manera:

- Sección: B – Explotación de minas y canteras
 - División: 09 – Actividades de servicios de apoyo para la explotación de minas y canteras
 - Grupo: 091 – Actividades de apoyo para la extracción de petróleo y gas natural
 - Clase: 0910 - Actividades de apoyo para la extracción de petróleo y gas natural

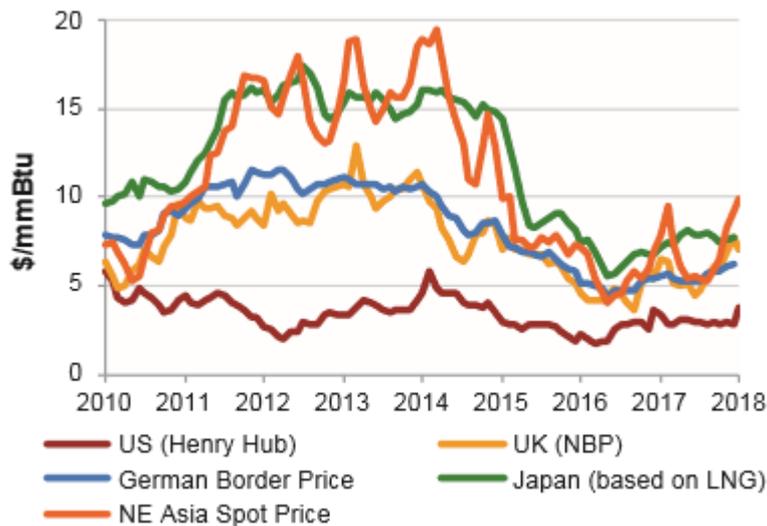
De acuerdo al análisis de las cinco fuerzas de Porter el entorno de la empresa es el siguiente:

1.2.1. Poder de negociación de los clientes

Como se menciona en la sección 1.1.7., PERU LNG cuenta con un acuerdo de compra y venta con Shell International Trading Middle East (SITME) mediante el cual dicha compañía es la encargada de la venta del total de la producción de la planta de licuefacción. Considerando que el precio del gas natural licuado es un commodity que se define de acuerdo al mercado de destino y los ingresos de PERU LNG dependen del destino final fijado por su offtaker, el nivel de esta amenaza es alto.

Figura 1.4

Promedio mensual de precios de gas por regiones, 2010-enero 2018



Fuente: International Gas Union, IGU. (2018)

Con respecto al transporte de gas natural para TGP, este está regulado por un acuerdo para el incremento y uso de la capacidad de transporte del ducto principal, el cual se estipula que PERU LNG no permitirá a otra compañía diferente a TGP y PERU LNG el uso de capacidad en el gaseoducto de PERU LNG durante la vigencia de dicho acuerdo. En este sentido la amenaza por el poder de negociación de los clientes es bajo.

1.2.2. Poder de negociación de los proveedores

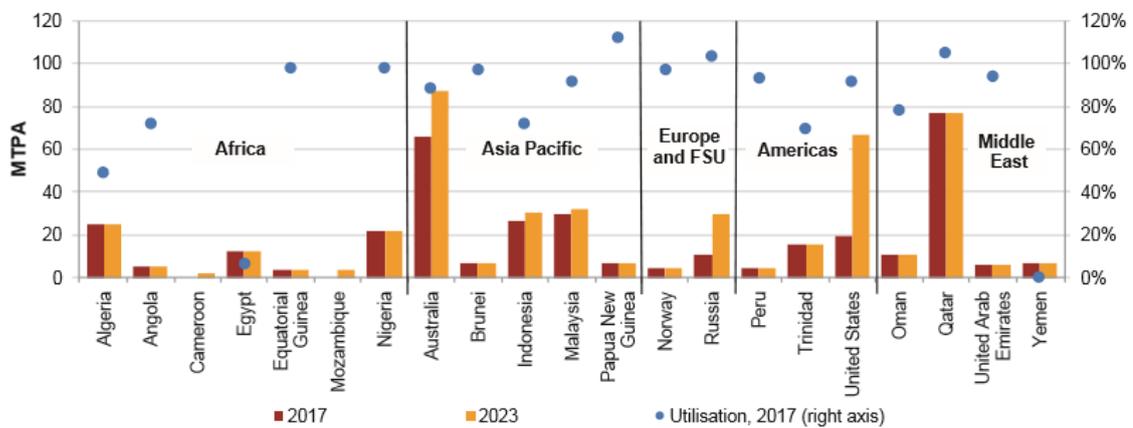
PERU LNG cuenta con un contrato de venta de gas natural celebrado con los titulares del lote 88, mediante el cual asegura la entrega de gas natural para el consumo local o para su utilización en el proceso de producción de la planta de licuefacción por un plazo de 18 años y también cuenta con un contrato con los titulares del lote 56, mediante el cual se asegura la entrega de 4.2 trillones de pies cúbicos de gas natural por un plazo de 18 años. En base a esto, el nivel de esta amenaza es bajo.

1.2.3. Amenaza de nuevos competidores

De acuerdo a International Gas Union (IGU, 2018), la capacidad de licuefacción mundial continua en crecimiento, localizándose principalmente en Australia y los Estados Unidos. A marzo del 2018, la capacidad nominal de licuefacción fue de 369.4 MTPA en comparación con 359.5 MTPA registrados a finales de 2017 y con una estimación de 875.5 MTA de capacidad adicional que se espera esté disponible después de 2020.

Figura 1.5

Capacidad nominal de licuefacción por país en 2017 y 2023



Nota: La capacidad de licuefacción solo incluye proyectos existentes y en construcción que se esperan en línea en 2023.

Fuente: International Gas Union, IGU. (2018)

Este aumento en la capacidad de licuefacción mundial puede ser interpretado como un crecimiento en la cantidad de competidores lo que ubica esta amenaza en un nivel alto debido a la cercanía de estos competidores a los mercados de Europa y Asia, lo que reduce los costos de distribución.

1.2.4. Amenaza de productos sustitutos

El gas natural es considerado un combustible limpio para la generación de energía eléctrica por lo que su demanda se ve influenciada positivamente por la sustitución del uso de carbón por gas natural principalmente en China (IGU, 2018). Otros productos sustitutos que afectan la demanda de LNG son principalmente la utilización de centrales

hidroeléctricas y centrales nucleares. Finalmente, la utilización de centrales de generación eléctrica mediante el uso de energías renovables como las energía eólica y solar podrían afectar la demanda en el futuro. De acuerdo a esto esta amenaza se considera de nivel bajo.

1.2.5. Rivalidad entre competidores

Considerando que la totalidad de la producción de la planta de licuefacción de PERU LNG se encuentra comprometida con SITME por 18 años y que los precios del LNG dependen del destino final, la rivalidad entre competidores (30 plantas de licuefacción) afecta los ingresos de PERU LNG dependiendo del mercado al que el offtaker destine cada buque metanero. Considerando las cuatro fuerzas anteriores esta amenaza se considera de nivel medio.

1.3. Descripción del problema

1.3.1. Antecedentes

Existe una creciente demanda del uso de gas natural y el sistema de transporte de gas natural de la empresa TGP no contaba con la suficiente capacidad de transporte de acuerdo al incremento del consumo del mercado interno.

En el año 2009 se genera un acuerdo de aumento y uso de capacidad de transporte (CUA – Capacity Use Agreement) entre las empresas PERU LNG y TGP. En este acuerdo se definen los volúmenes de transporte fijos y variables destinados para el mercado local y la planta de licuefacción a través de los ductos de cada empresa, así como la inversión que debe hacer cada compañía para cubrir dichos requerimientos de capacidad en el futuro.

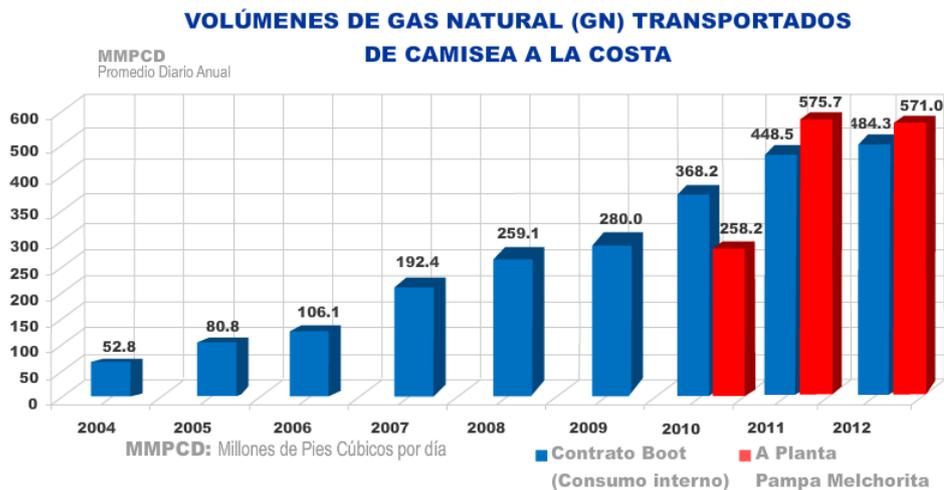
Inicialmente, se acordó que PERU LNG transportaría 160 MMSCFD a través de su gasoducto para abastecer al mercado local adicionales a los volúmenes fijos y variables destinados al abastecimiento de su planta de licuefacción.

1.3.2. Definición del problema

En el año 2011, TGP solicitó un aumento de uso de capacidad en el gasoducto de PERU LNG de 160 MMSCFD a 390 MMSCFD para cubrir la creciente demanda del mercado local (ver Figura 1.6). Esta solicitud fue aceptada por la dirección de la empresa y en el equipo de Operaciones de Ducto debimos realizar el análisis de lo que se requería implementar para abastecer este incremento de uso de capacidad que excedía en 230 MMSCFD la capacidad de transporte aprobada del gasoducto de PERU LNG.

Figura 1.6

Volúmenes de gas natural transportados de Camisea a la costa



Fuente: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, OSINERGMIN. (2013)

CAPÍTULO II: OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

2.1. Objetivo general

El objetivo general del proyecto es transportar los volúmenes de gas adicionales solicitados por TGP.

2.2. Objetivos específicos

El proyecto debía alcanzar los siguientes logros para cumplir con el objetivo general:

- Definir si la capacidad instalada en el gasoducto es suficiente para transportar los volúmenes adicionales.
- No reducir los volúmenes de gas natural entregados a la planta de licuefacción de PERU LNG.

CAPÍTULO III: ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Alcance

Considerando que el problema identificado se refiere al uso de capacidad del gasoducto de PERU LNG, la presente investigación solo cubre al gasoducto y sus unidades de medición, filtrado y de control de presión para analizar si estas cuentan con la capacidad necesaria para transportar volúmenes adicionales de gas natural de forma segura.

3.2. Limitaciones de la investigación

Para los cálculos de uso de capacidad del gasoducto, utilizamos 700 MMSCFD como el volumen requerido para el abastecimiento de la planta de licuefacción considerando que en condiciones de bajas temperaturas ambientales esta puede procesar hasta 720 MMSCFD y durante el verano puede procesar hasta 680 MMSCFD.

El proyecto enfrentó las dificultades logísticas asociadas a la movilización de equipos y personal a una zona remota, los tiempos de entrega de los suministros que debían ser importados y otros que debían ser fabricados en la zona de trabajo (con condiciones climáticas adversas). Así como la construcción de obras civiles, mecánicas y eléctricas para posteriormente completar el comisionado y la puesta en marcha. Durante la etapa de desarrollo del proyecto debimos realizar cambios en la filosofía de operación del gasoducto y en los procedimientos de mantenimiento durante un periodo de transición con el fin de cumplir con el transporte de los nuevos volúmenes requeridos con el menor impacto posible a los volúmenes que debían ser entregados a la planta de licuefacción.

CAPÍTULO IV: JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Las actividades de transporte de gas natural que realiza PERU LNG se encuentran reguladas por el Decreto Supremo 081-2007-EM, Reglamento de Transporte de Hidrocarburos por Ductos.

El abastecimiento de la demanda del mercado local tiene prioridad sobre la demanda de gas natural que es destinada para la exportación por lo que se estima que, de no incrementarse la capacidad de transporte del sistema, se reduciría la cantidad de gas natural destinado a la planta de licuefacción.

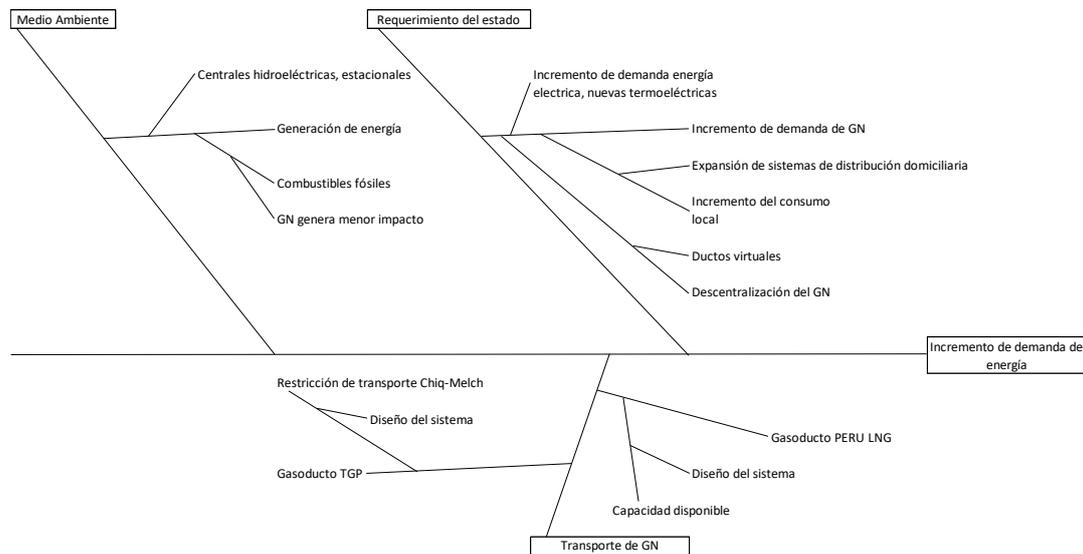
En base a esta última premisa fue necesario definir si la capacidad instalada en el gasoducto de PERU LNG sería suficiente para cubrir el requerimiento de uso de capacidad adicional formulado por TGP y los futuros requerimientos que esta compañía haga hasta un límite de 550 MMSCFD y de ser necesario, definir cuáles serían las modificaciones requeridas en la filosofía de operación y procedimientos de mantenimiento.

4.1. Diagnóstico de la situación actual

Antes de la aprobación formal del requerimiento de uso de capacidad adicional en el gasoducto de PERU LNG utilizamos un diagrama causa-efecto para identificar posibles causas que puedan impactar en la viabilidad de la entrega de la capacidad adicional requerida.

Figura 4.1

Diagrama Causa-Efecto – “Incremento de demanda de energía”



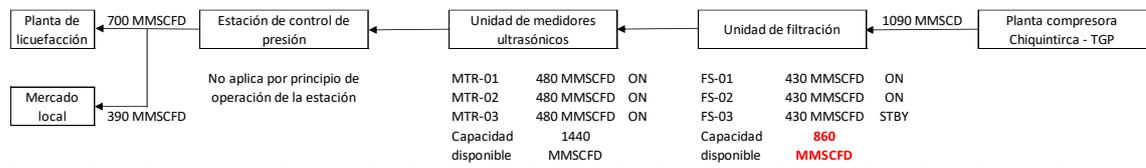
Elaboración propia

Considerando que el proceso de transporte del gasoducto depende de la capacidad de las unidades que lo componen y de las actividades de mantenimiento que se realizan vimos que era necesario analizar las capacidades de las unidades que componen el gasoducto con el fin de identificar posibles cuellos de botella.

Luego de consultar las especificaciones técnicas de los equipos, identificamos que el cuello de botella se encontraba en la unidad de filtrado (ver Figura 4.2) debido a que cada uno de los tres filtros separadores que componen dicha unidad cuentan con un flujo máximo de 430 MMSCFD (ver Tabla 4.1), lo que unido al requerimiento de diseño de operar con dos filtros en línea y uno en espera (2+1) limitaban la capacidad disponible del sistema a 860 MMSCFD, 230 MMSCFD por debajo de la nueva capacidad de transporte total requerida.

Figura 4.2

Análisis de capacidades en el gasoducto de PERU LNG



Elaboración Propia

Tabla 4.1 Condiciones de operación filtro separador PECO PGCH-37-394-48-2045

OPERATING CONDITIONS		
Pressure	1950	psig
Temperature	78	psig
Type Gas	Natural Gas	
Gas Flow Rate	430	MMSCFD
Gas Spec. Gravity	0.612	
Gas Viscosity	N/I	cP
Type Liquid	N/I	
Liquid Flow Rate	N/I	m3/h
Liquid Specific Gravity	N/I	kg/m3

Fuente: Perry Equipment Corporation, PECO. (2011)

CAPÍTULO V: PROPUESTAS Y RESULTADOS

Luego de identificado el cuello de botella analizamos posibles alternativas para cumplir con el abastecimiento de la capacidad adicional requerida por TGP. Las alternativas identificadas fueron:

- Modificación de la filosofía de operación a tres filtros separadores en línea sin ningún equipo en espera (3+0).
- Aumento de la capacidad de la unidad de filtrado (3+1).

5.1. Evaluación de alterativas

La modificación de la filosofía de operación de la unidad de filtrado a tres filtros en línea sin ningún equipo en espera involucra la reducción de los volúmenes transportados a través del gasoducto de PERU LNG durante las actividades de mantenimiento de los filtros separadores por un total de 15 horas y requiere además la modificación del manual de operaciones y mantenimiento del gasoducto de PERU LNG con el fin de establecer que dichos mantenimientos se realicen durante las fechas en que los volúmenes transportados se reduzcan debido a la baja demanda del mercado local o a paradas de la planta de licuefacción. Esta opción también involucra una mayor utilización de consumibles debido a la operación de tres filtros en línea en lugar de dos.

Para el aumento de la capacidad de la unidad de filtrado se consideró inicialmente la posibilidad de instalar un filtro separador de mayor capacidad a los que ya se encuentran instalados, pero esta opción fue descartada debido al desbalance que esto causaría en los flujos de pasen por las otras unidades de menor capacidad existentes. Finalmente se consideró instalar una unidad de las mismas características que las otras tres instaladas de modelo PGCPH-37-394-48-2045 de la marca PECO además se incluyeron en el diseño conexiones bridadas para la futura instalación de un quinto filtro separador de ser requerido. La implementación de esta alternativa involucra la ejecución de la instalación en campo del proyecto durante una parada de mantenimiento mayor de la planta de licuefacción para no afectar la producción de LNG, la actualización del

manual de bases de diseño, la solicitud de un informe técnico favorable emitido por el Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN), la modificación del manual de operaciones y mantenimiento del gasoducto de PERU LNG y la modificación de los niveles de inventario de elementos filtrantes y repuestos requeridos para la operación del nuevo filtro separador.

5.2. Ejecución del proyecto

La compañía tomo la decisión de implementar la alternativa de instalación de un filtro separador adicional para aumentar la capacidad de la unidad de filtrado ubicada en el KP 0 del gasoducto de PERU LNG considerando que en el acuerdo para el incremento y uso de la capacidad de transporte del ducto principal se señala que TGP podría utilizar hasta un máximo de 550 MMSCFD de la capacidad de transporte del gasoducto de PERU LNG.

La ejecución del proyecto se planeó para la parada de mantenimiento mayor de la planta de licuefacción a realizarse en agosto y setiembre de 2015, lo que determino un periodo de transición desde la autorización de uso adicional de capacidad solicitado por TGP en el 2011 hasta la implementación del proyecto de ampliación de la unidad de filtrado en diciembre de 2015, durante el cual se implementó la alternativa de modificación de la filosofía de operación de la unidad de filtrado para operarla con tres filtros en línea sin relevo para las actividades de mantenimiento y se modificó el plan de mantenimiento de los filtros separadores de la unidad de filtrado para que este sea realizado solo a un filtro separador por actividad planeada y durante los fines de semana, en los que la demanda de transporte de gas natural para el mercado local se reduce.

Durante el periodo de transición se desarrolló la ingeniería conceptual del proyecto en la que se definió un costo presupuestario de USD 2,541,000. Luego obtuvimos la aprobación de los socios e iniciamos el proceso de compra de los equipos principales, desarrollo de la ingeniería de detalle e iniciamos las labores de construcción. Los principales hitos del proyecto fueron los siguientes:

- Obtención de aprobación escrita de socios – febrero 2014
- Inicio de licitación para ingeniería de detalle – febrero 2014
- Otorgamiento del contrato de ingeniería – abril 2014
- Emisión de órdenes de compra para filtro separador y materiales – mayo 2014

- Inicio de licitación para contrato de construcción – julio 2014
- Recepción de filtro separador en Perú – enero 2015
- Movilización de filtro separador, materiales y elementos fabricados al sitio – marzo 2015
- Inicio de actividades de construcción – marzo 2015
- Instalación de puntos de conexión para filtro separador – setiembre 2015
- Comisionado y puesta en marcha – octubre 2015
- Desarrollo de documentos conforme a obra y cierre de proceso de gestión del cambio (MOC) – diciembre 2015

5.3. Resultados

El proyecto implementado cumplió con el objetivo de permitir el uso de capacidad adicional para el transporte de volúmenes de gas natural destinados al mercado local sin impactar los volúmenes de gas natural entregados a la Planta de Licuefacción de PERU LNG además de dar flexibilidad a la operación de la unidad de filtración de la estación de medición del gasoducto permitiendo que esta opere al 63.4% de su capacidad instalada y al 84.5% de su capacidad disponible.

Debido a esta implementación la compañía debió elevar su inventario de elementos filtrantes con 37 unidades adicionales y sellos de puerta de filtro separador de 48” en 01 unidad, lo que se traduce en un costo adicional de USD 16,422.19 al año.

Con respecto a sus procedimientos operativos, debimos actualizar el procedimiento de mantenimiento de filtros separadores considerando cambios en el mecanismo de apertura y cierre de la puerta del nuevo filtro separador en comparación con los otros tres instalados, se capacitó al personal técnico, de supervisión y operadores de panel al respecto de la nueva configuración de la unidad de filtrado.

CONCLUSIONES

- Mediante la aplicación de herramientas de ingeniería industrial fuimos capaces de identificar que el sistema del gasoducto de PERU LNG contaba con un cuello de botella en su unidad de filtrado.
- Ante esta limitación, identificamos dos alternativas de solución, las cuales debieron ser implementadas de forma complementaria considerando que para la implementación de la alternativa principal existía un periodo de transición que debía ser cubierto mediante la aplicación de la alternativa 1.
- La implementación del proyecto logró que la unidad de filtrado del gasoducto de PERU LNG opere al 84.5% de su capacidad disponible dentro de los parámetros de operación segura definidos por el fabricante de los filtros separadores.
- Finalmente, la implementación del proyecto dio flexibilidad a la operación del gasoducto para realizar actividades de mantenimiento en la unidad de filtrado sin impactar los volúmenes transportados para la planta de licuefacción de PERU LNG y para el mercado local, además de permitir la futura ampliación de la unidad de filtrado, de ser requerido, sin la necesidad de detener la operación del gasoducto.

RECOMENDACIONES

- Mantener una comunicación fluida con todos los participantes en la cadena de suministro para no impactar sus operaciones en caso de imprevistos.
- Es necesario que los contratistas de construcción realicen una evaluación previa de riesgos en la movilización del personal y transporte de los equipos debido a las condiciones de las vías de acceso a los lugares donde se desarrolla el proyecto.
- Los contratistas de construcción deben considerar también los costos asociados a contar con equipos de reemplazo para evitar retrasos en la ejecución de los trabajos de campo considerando las dificultades logísticas de trabajar en lugares remotos.
- Las licitaciones para proyectos de construcción deben iniciarse con no menos de un año de anticipación con el fin de evitar sobre costos asociados a logística y disponibilidad de equipos y personal especializados.
- Finalmente, el planeamiento de futuros proyectos debe considerar la realización de un análisis de holguras para determinar la flexibilidad que tenemos para completar el proyecto exitosamente dentro de los plazos fijados por la compañía y acordados con las partes interesadas.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. Operación 2+1: Filosofía de operación de la unidad de filtrado con dos filtros separadores en línea y uno en espera.
2. Operación 3+0: Filosofía de operación de la unidad de filtrado con tres filtros separadores en línea y ninguno en espera.
3. Operación 3+1: Filosofía de operación de la unidad de filtrado con tres filtros separadores en línea y uno en espera.
4. MMSCFD: Millones de pies cúbicos estándar por día, por sus siglas en inglés (Million Standard Cubic Feet Per Day).
5. TGP: Transportadora de Gas del Perú, compañía concesionaria que transporta gas natural desde Malvinas a Lurín y se encuentra interconectada con el gasoducto de PERU LNG.
6. MMTPA: Millones de toneladas métricas por año, por sus siglas en inglés (Million Tons per Annum).
7. LNG: Gas natural licuado (GNL), por sus siglas en inglés (Liquefied Natural Gas).
8. NGL: Líquidos de gas natural (LGN), por sus siglas en inglés (Natural Gas Liquids).
9. SITME: Shell International Trading Middle East.
10. IGU: International Gas Union.
11. CUA: Acuerdo de aumento y uso de capacidad, por sus siglas en inglés (Capacity Use Agreement).
12. OSINERGMIN: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería.

REFERENCIAS

- Decreto Supremo N.º 037-2010-EM, Modificación del “Convenio de Inversión para la Instalación, Operación y Mantenimiento de una Planta de Procesamiento de Gas Natural”. (24 de junio de 2010). Recuperado del sitio de internet del Ministerio de Energía y Minas:
[www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/Legislacion/Contratos%20y%20Convenios%20DGH%20\(Actualizado%20oct.%202010\)/CONVENIO%20DE%20INVERSION%20PLNG/5.%20DS%20N%200037-2010-EM.pdf](http://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/Hidrocarburos/Legislacion/Contratos%20y%20Convenios%20DGH%20(Actualizado%20oct.%202010)/CONVENIO%20DE%20INVERSION%20PLNG/5.%20DS%20N%200037-2010-EM.pdf)
- Durand, M. y Contreras, E. (2014). LNG Sale and Purchase Agreement (SPA) [Acuerdo de compra y venta de LNG]. *Clasificación de Primer Programa Bonos Corporativos PERU LNG S.R.L. Segunda, tercera y cuarta emisión* (p. 6). Recuperado de
<https://www.bvl.com.pe/hhii/OE4139/20140530173201/EQUILIBRIUM95PERU32LNG3220143203324532FINAL.PDF>
- International Gas Union (IGU). (2018). 2018 World LNG Report – International Gas Union (IGU) [version PDF]. Recuperado de
https://www.igu.org/sites/default/files/node-document-field_file/IGU_LNG_2018_0.pdf
- International Group of Liquefied Natural Gas Importers (GIIGNL). (2019). LNG trade. Recuperado de <https://giignl.org/lng-markets-trade-0>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2010). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (Revisión 4), 22. Lima: Autor.
- Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). (2013). Estadísticas Relevantes. Recuperado de
http://gasnatural.osinerg.gob.pe/Aplicativos/desarrollo_gas_natural/index.html
- PERU LNG. (2019). Carga de GNL. *PERU LNG Memoria Anual 2018* [versión PDF], 1, 25-26. Recuperado de <https://perulng.com/comunicaciones/publicaciones/>
- PERU LNG. (2019). Capital Social. *PERU LNG Memoria Anual 2018* [versión PDF], 1, 12. Recuperado de <https://perulng.com/comunicaciones/publicaciones/>
- PERU LNG. (2019). Infraestructura que asombra al mundo. *PERU LNG Memoria Anual 2018* [versión PDF], 1, 22. Recuperado de
<https://perulng.com/comunicaciones/publicaciones/>
- PERU LNG. (2019). Mapa de ubicación de la planta y gasoducto de PERU LNG. Recuperado de https://perulng.com/wp-content/uploads/2016/04/PLANTA_DE_LICUEFACCION_PERU-LNG-1.pdf

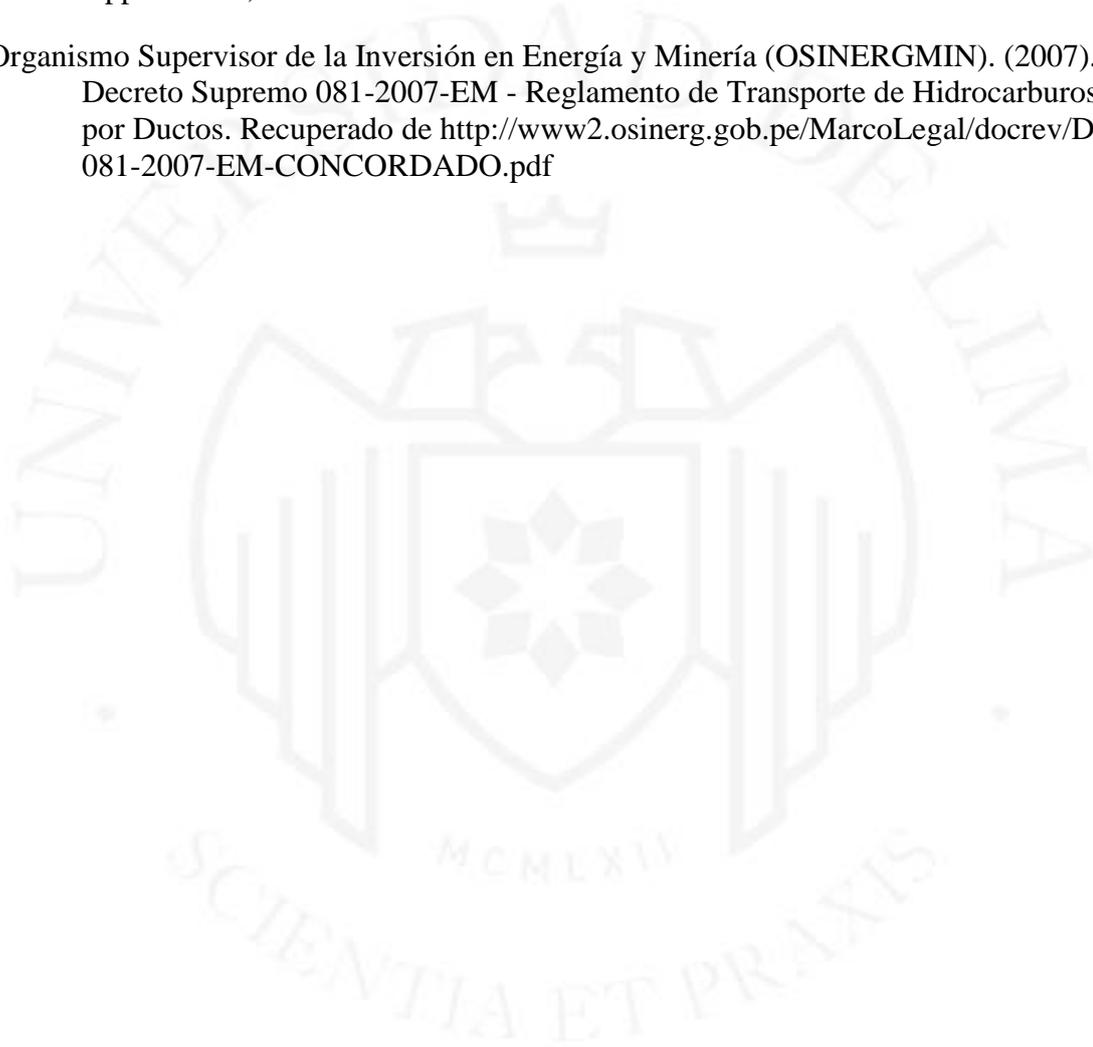
- PERU LNG. (2019). Nuestra historia. Recuperado de <https://perulng.com/nuestra-empresa/nuestra-operacion/>
- PERU LNG. (2019). Nuestra operación. Recuperado de <https://perulng.com/nuestra-empresa/nuestra-operacion/>
- PERU LNG. (2019). Nuestra organización. *PERU LNG Memoria Anual 2018* [versión PDF], 1, 16-17. Recuperado de <https://perulng.com/comunicaciones/publicaciones/>
- PERU LNG. (2019). Premios. Recuperado de <https://perulng.com/comunicaciones/noticias/>
- PERU LNG. (2019). Principios Fundamentales. *PERU LNG Memoria Anual 2018* [versión PDF], 1, 9. Recuperado de <https://perulng.com/comunicaciones/publicaciones/>
- PERU LNG. (2019). ¿Qué hacemos?. Recuperado de <https://perulng.com/nuestra-empresa/que-hacemos/>
- PERU LNG. (2019). Trabajamos con responsabilidad y compromiso. *PERU LNG Memoria Anual 2018* [versión PDF], 1, 31-37. Recuperado de <https://perulng.com/comunicaciones/publicaciones/>

BIBLIOGRAFÍA

American Society of Mechanical Engineers (ASME). (2016). ASME B31.8 – Gas Transmission and Distribution Piping Systems.

Jardine, A. y Tsang, A. (2013). Maintenance, Replacement, and Reliability Theory and Applications, Second Edition.

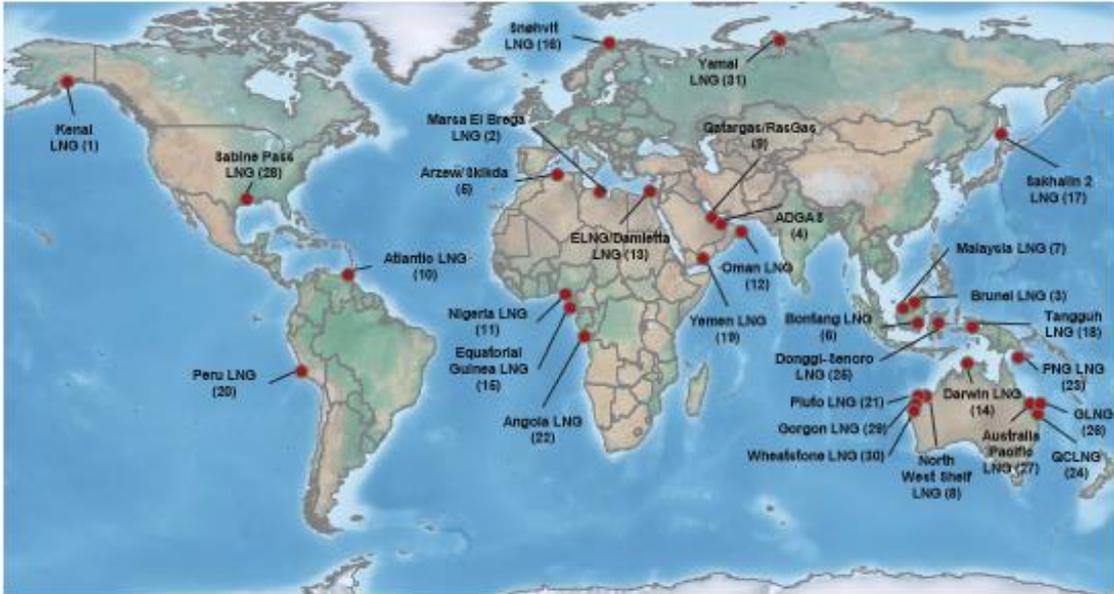
Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería (OSINERGMIN). (2007). Decreto Supremo 081-2007-EM - Reglamento de Transporte de Hidrocarburos por Ductos. Recuperado de <http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/DS-081-2007-EM-CONCORDADO.pdf>





ANEXOS

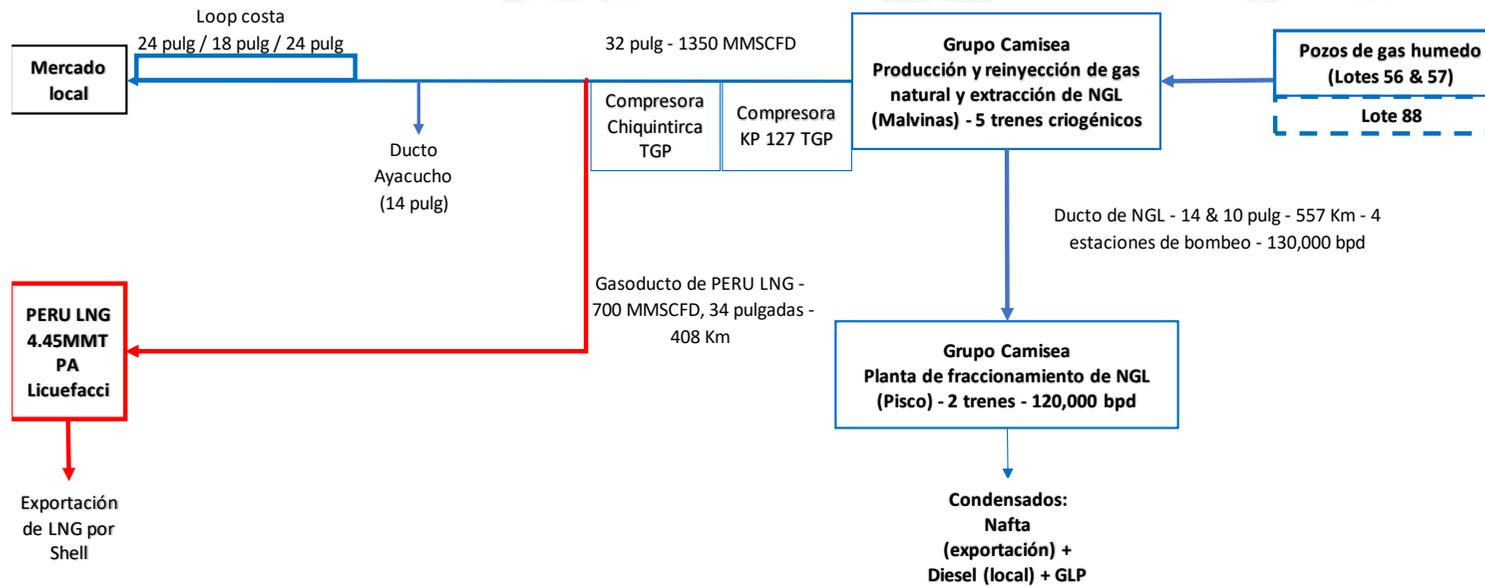
Anexo 1: Ubicación global de plantas de licuefacción, marzo 2018



Fuente: International Gas Union, IGU. (2018)

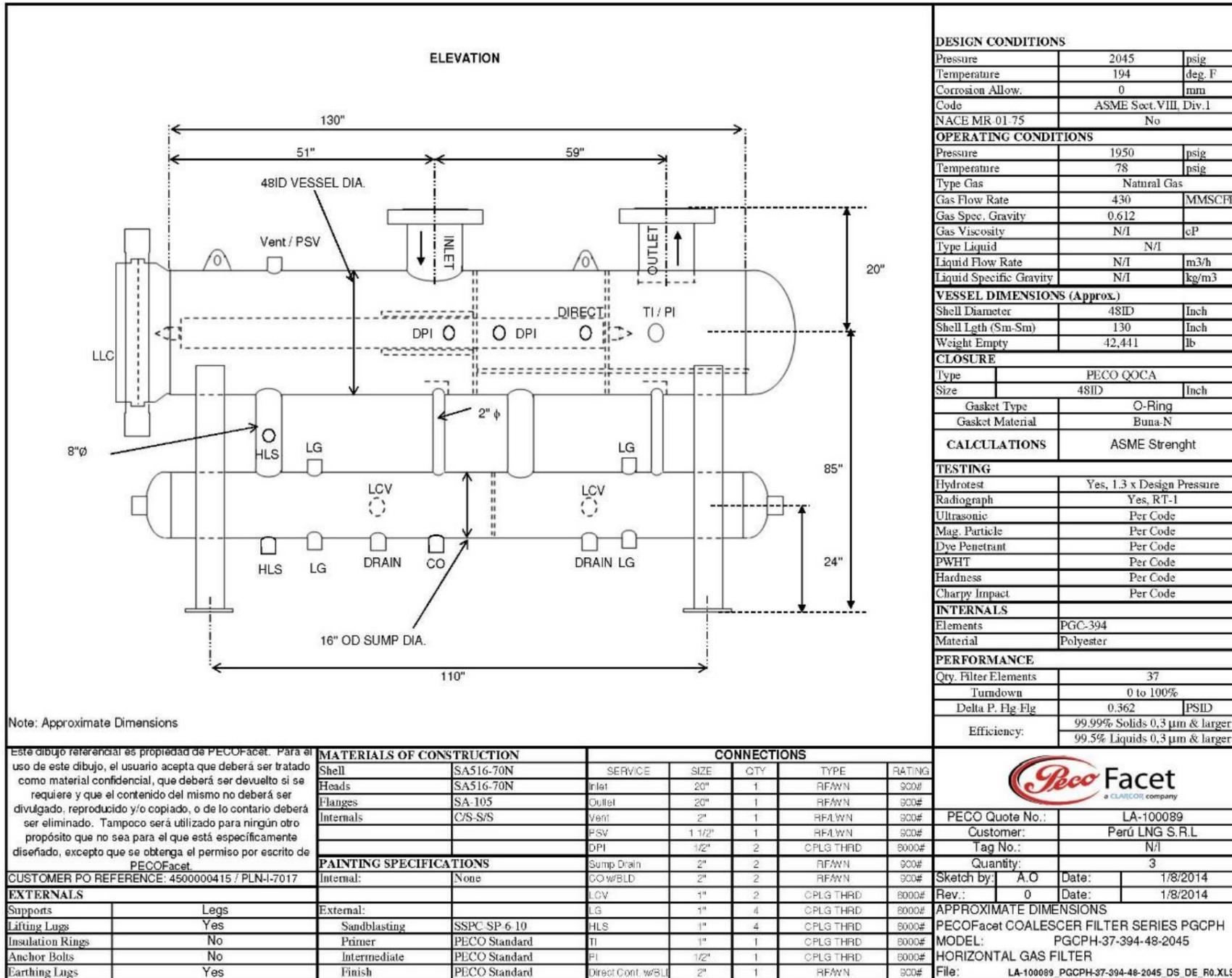


Anexo 2: Cadena de suministro del gas de Camisea



Elaboración propia

Anexo 3: Diseño de filtro separador PGCPH-37-394-48-2045



DESIGN CONDITIONS		
Pressure	2045	psig
Temperature	194	deg. F
Corrosion Allow.	0	mm
Code	ASME Sect. VIII, Div. 1	
NACE MR 01.75	No	
OPERATING CONDITIONS		
Pressure	1950	psig
Temperature	78	psig
Type Gas	Natural Gas	
Gas Flow Rate	430	MMSCFD
Gas Spec. Gravity	0.612	
Gas Viscosity	N/A	cP
Type Liquid	N/A	
Liquid Flow Rate	N/A	m3/h
Liquid Specific Gravity	N/A	kg/m3
VESSEL DIMENSIONS (Approx.)		
Shell Diameter	48ID	Inch
Shell Lgth (Sm-Sm)	130	Inch
Weight Empty	42,441	lb
CLOSURE		
Type	PECO QOCA	
Size	48ID	Inch
Gasket Type	O-Ring	
Gasket Material	Buna-N	
CALCULATIONS		
	ASME Strenght	
TESTING		
Hydrotest	Yes, 1.3 x Design Pressure	
Radiograph	Yes, RT-1	
Ultrasonic	Per Code	
Mag. Particle	Per Code	
Dye Penetrant	Per Code	
PWHT	Per Code	
Hardness	Per Code	
Charpy Impact	Per Code	
INTERNALS		
Elements	PGC-394	
Material	Polyester	
PERFORMANCE		
Qty. Filter Elements	37	
Turndown	0 to 100%	
Delta P. Flg Flg	0.362	PSID
Efficiency:	99.99% Solids 0.3 μm & larger	
	99.5% Liquids 0.3 μm & larger	

Note: Approximate Dimensions

MATERIALS OF CONSTRUCTION		CONNECTIONS				
Shell	SA516-70N	SERVICE	SIZE	QTY	TYPE	RATING
Heads	SA516-70N	Inlet	20"	1	RFAWN	900#
Flanges	SA-105	Outlet	20"	1	RFAWN	900#
Internals	C/S-S/S	Vent	2"	1	RFAWN	900#
		PSV	1 1/2"	1	RFAWN	900#
		DPI	1/2"	2	CPLG THRD	9000#
		Sump Drain	2"	2	RFAWN	900#
		CO w/BLD	2"	2	RFAWN	900#
		LCV	1"	2	CPLG THRD	9000#
		LG	1"	4	CPLG THRD	9000#
		HLS	1"	4	CPLG THRD	9000#
		TI	1"	1	CPLG THRD	9000#
		PI	1/2"	1	CPLG THRD	9000#
		Direct Cont. w/SLI	2"	1	RFAWN	900#
PAINTING SPECIFICATIONS						
Internal:	None					
External:						
	Sandblasting	SSPC SP-6.10				
	Primer	PECO Standard				
	Intermediate	PECO Standard				
	Finish	PECO Standard				

PECO Quote No.:	LA-100089
Customer:	Perú LNG S.R.L
Tag No.:	N/A
Quantity:	3
Sketch by:	A.O
Date:	1/8/2014
Rev.:	0
Date:	1/8/2014
APPROXIMATE DIMENSIONS	
PECOFacet COALESCER FILTER SERIES PGCPH	
MODEL: PGCPH-37-394-48-2045	
HORIZONTAL GAS FILTER	
File:	LA-100089 PGCPH-37-394-48-2045 DS DE R0.XLS

Fuente: Perry Equipment Company, PECO. (2014)

Anexo 4: Programa del proyecto de ampliación de la unidad de filtrado del gasoducto de PERU LNG

