

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN ENERGÍA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA EL
TRANSPORTE DE 1500 BPH DE CRUDO DE
GRAVEDAD 18.5 API EN LAS INSTALACIONES DE
LA REFINERÍA IQUITOS”**

**INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL PARA
OBTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO EN ENERGÍA**

JOSÉ FERNANDO RIMARACHIN MIRES

Callao, Mayo, 2017

PERÚ

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA

I CURSO TALLER DE TITULACIÓN PROFESIONAL POR INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL

ACTA DE EXPOSICIÓN DE INFORME FINAL DE EXPERIENCIA LABORAL

Siendo, las 19:00 horas del día 08 de junio del 2017 en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, se reunieron los miembros del Jurado Revisor y Evaluador de la Exposición de los Informes Finales de Experiencia Laboral del I Curso Taller de Titulación Profesional por Informe de Experiencia Laboral Designados por Resolución de Consejo de Facultad N° 084-2017-CF-FIME de fecha 23.05.17, conformado por los siguientes docentes:

Presidente : Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO
Secretario : Ing. VICTORIANO SÁNCHEZ VALVERDE
Vocal : Ing. EMILIANO LOAYZA HUAMÁN

Asimismo, contamos con la presencia de la Dra. Ana Mercedes León Zárate – Vicerrectora de Investigación de la Universidad Nacional del Callao (Supervisora General), Dr. José Hugo Tezén Campos – Decano de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Supervisor de la Facultad), y el Lic. Rogelio Efrén Cerna Reyes - Miembro de la Comisión de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía (Representante de la Comisión de Grados y Títulos);

De acuerdo a lo señalado en el Capítulo X, numeral 10.1 de la "Directiva para la Titulación Profesional Modalidad por Informe de Experiencia Laboral con Curso Taller de la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao", aprobada por Resolución de Consejo de Facultad N° 025-2017-CF-FIME de fecha 19.01.17;

Se procede con el acto de exposición de Informe Final de Experiencia Laboral del I Curso Taller de Titulación Profesional por Informe de Experiencia Laboral, título: "**DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA EL TRANSPORTE DE 1500 BPH DE CRUDO DE GRAVEDAD 18.5 API EN LAS INSTALACIONES DE LA REFINERÍA IQUITOS**", presentado por el Bachiller **RIMARACHIN MIRES JOSE FERNANDO**, contando el asesoramiento del Ing. **JORGE LUIS ALEJOS ZELAYA**.

Luego de la exposición correspondiente y de absolver las preguntas formuladas por los miembros del Jurado de Exposición, se procede a la deliberación en privado respecto a la evaluación;

Este jurado acordó calificar al Sr. Bachiller **RIMARACHIN MIRES JOSE FERNANDO**, para optar el **Título Profesional de Ingeniero en Energía** por la modalidad de Curso Taller de Titulación Profesional por Informe de Experiencia Laboral, según la puntuación cuantitativa y cualitativa que a continuación se detalla:

CALIFICACIÓN CUANTITATIVA	CALIFICACIÓN CUALITATIVA
14 (CATORCE)	BUENO

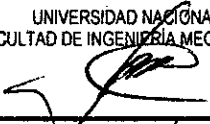
Con lo que se da por concluido el acto, siendo las 19:20 horas del día jueves 08 de junio del 2017

En señal de conformidad con lo actuado, firman la presente acta.

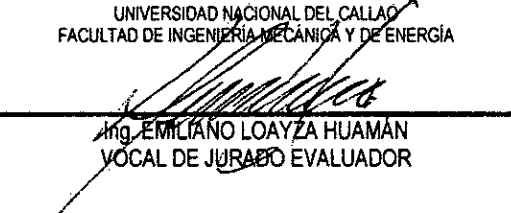
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA


Dr. OSCAR TEODORO TACZA CASALLO
PRESIDENTE DE JURADO EVALUADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA


Ing. VICTORIANO SÁNCHEZ VALVERDE
SECRETARIO DE JURADO EVALUADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA


Ing. EMILIANO LOAYZA HUAMÁN
VOCAL DE JURADO EVALUADOR

Dedicatoria

El presente informe se lo dedico al apoyo incondicional que siempre tuve, al pilar que me inspira a lograr mis metas, a las personas que dieron lo mejor de sí para que pueda mejorar y ser el mejor en lo que hago. Se lo dedico con mucho aprecio a ustedes:

Mamá y Papá

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	7
I. OBJETIVOS	9
1.1 Objetivo General.....	9
1.2 Objetivos Específicos	9
II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN	10
2.1 Reseña Histórica	10
2.2 Declaraciones Estratégicas	10
2.2.1. Misión.....	10
2.2.2. Visión	10
2.2.3. Valores	11
2.2.4. Fortaleza	11
2.2.5. Políticas de Calidad.....	12
2.2.6. Políticas de HSSE	12
2.3 Organigrama.....	14
2.4 Descripción de Puestos	15
III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	18
3.1 Gerenciamiento, Auditoría y Supervisión de Proyectos, Programas y Portafolios.....	18
3.2 Disciplinas de Ingeniería.....	18
3.3 Supervisión e Inspección.....	19
3.4 Proyectos Representativos.....	19

3.5	Principales Clientes	21
IV.	DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA	22
4.1	Descripción del Tema	22
4.2	Antecedentes.....	23
4.3	Planteamiento del problema	23
4.4	Justificación.....	24
4.4.1.	Justificación Económica	24
4.4.2.	Justificación Tecnológica.....	25
4.5	Marco Teórico.....	25
4.5.1.	Antecedentes de Estudio.....	25
4.5.2.	Bases Teóricas.....	27
4.5.2.1.	Principio de Bernoulli.....	28
4.5.2.2.	Flujos internos incompresibles	29
4.5.2.3.	Pérdidas de energía en tuberías	31
4.5.2.4.	NPSH	34
4.5.2.5.	Potencia hidráulica	36
4.5.2.6.	Espesor de diseño de Tuberías por presión interna	37
4.5.2.7.	Selección de Válvula de Alivio.....	37
4.5.2.8.	Criterios de cálculo.....	40
4.5.3.	Marco Normativo.....	43
4.6	Fases del Proyecto.....	45

4.6.1.	Fase 1: Diseño y selección de tuberías y accesorios	47
4.6.2.	Fase 2: Selección de la bomba	60
4.6.3.	Fase 3: Determinación del punto de operación	77
4.6.4.	Fase 4: Análisis hidráulico comparativo respecto a un crudo más liviano	82
V.	EVALUACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICO.....	87
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	89
6.1	Conclusiones	89
6.2	Recomendaciones.....	90
6.2.1.	Recomendaciones de Implementación del Sistema de Bombeo.....	90
6.2.2.	Recomendaciones de Operación y Mantenimiento del Sistema de Bombeo.....	91
VII.	REFERENCIALES	92
VIII.	ANEXOS.....	95
8.1	Tablas de Selección de Válvula de Alivio de Presión – API 526 .	95
8.2	Curvas de Corrección de Viscosidad	95
8.3	Data Sheet Bomba Centrifuga	95
8.4	Data Sheet Bomba de Desplazamiento Positivo.....	95
8.5	Plano Layout del Sistema de Bombeo	95
8.6	Plano As Built de la Barcaza.....	95
8.7	Plano de Cotas Generales.....	95
8.8	Plano de Detalles Constructivos del Sistema de Bombeo.....	95
8.9	Plano de Detalle de la Barcaza de Crudo	95

8.10 Piping Class.....	95
8.11 Evaluación Económica Detallada del Proyecto.....	95
8.12 Información Técnica de filtro seleccionado	95
8.13 Reporte de Análisis de Crudo (18.5°API).....	95
8.14 Análisis Técnico del Sistema de Recepción de Crudo del Lote en RFIQ.....	95
8.15 Propuesta Económica ITT	95
8.16 Reporte de Análisis de Crudo Liviano.....	95

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: CAÍDA DE PRESIÓN POR UNIDAD DE LONGITUD RECOMENDADA.....	41
TABLA N° 2: FASES DEL PROYECTO	46
TABLA N° 3: DIÁMETROS A SER EVALUADOS	49
TABLA N° 4: NÚMERO DE REYNOLDS.....	50
TABLA N° 5: FACTOR DE FRICCIÓN	50
TABLA N° 6: CAÍDA DE PRESIÓN POR LONGITUD	51
TABLA N° 7: CUADRO DE RESUMEN.....	52
TABLA N° 8: RESUMEN DE CAÍDA DE PRESIÓN RECOMENDADA....	52
TABLA N° 9: DIÁMETROS DEL SISTEMA DE BOMBEO	52
TABLA N° 10: LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS (METROS)	53
TABLA N° 11: COEFICIENTE DE RESISTENCIA "K" EN VÁLVULA	60
TABLA N° 12: COSTO ESTIMADO BOMBA CENTRIFUGA CON MOTOBOMBA	73
TABLA N° 13: COSTO ESTIMADO BOMBA CENTRIFUGA CON MOTOR ELÉCTRICO - GENERADOR.....	74
TABLA N° 14: COSTO ESTIMADO BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO CON MOTOBOMBA.....	75
TABLA N° 15: COSTO ESTIMADO BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO CON MOTOR ELÉCTRICO - GENERADOR..	76
TABLA N° 16: COMPARATIVO ECONÓMICO	76
TABLA N° 17: COMPARACIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN ..	86
TABLA N° 18: EVALUACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICO	88

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1: ORGANIGRAMA DE INGENIERÍA – HT INGENIERÍA Y CONSULTORÍA	14
FIGURA N° 2: FACTOR DE CORRECCIÓN DEBIDO A LA PRESIÓN DE RETORNO	39
FIGURA N° 3: ESQUEMA DEL SISTEMA DE BOMBEO	47
FIGURA N° 4: DETERMINACIÓN DE PRESIÓN DE INGRESO A LA TUBERÍA DE DESCARGA.....	53
FIGURA N° 5: DESIGNACIÓN DE LETRA PARA SELECCIÓN DE VÁLVULA DE ALIVIO.....	58
FIGURA N° 6: DETERMINACIÓN DE DIMENSIONES DE VÁLVULA DE ALIVIO	58
FIGURA N° 7: SELECCIÓN DE RATING PARA ACCESORIOS.....	59
FIGURA N° 8: ESQUEMA DEL SISTEMA DE BOMBEO	62
FIGURA N° 9: ESQUEMA DE SISTEMA DE BOMBEO - DETERMINACIÓN DE LA CURVA DEL SISTEMA	77
FIGURA N° 10: CURVA DEL SISTEMA.....	79
FIGURA N° 11: CURVAS CARACTERÍSTICAS DE BOMBA SELECCIONADA.....	80
FIGURA N° 12: PUNTO DE OPERACIÓN	81
FIGURA N° 13: ESQUEMA DEL SISTEMA DE BOMBEO - DETERMINACIÓN DE CURVA DEL SISTEMA CON PARÁMETROS MODIFICADOS	83
FIGURA N° 14: CURVA DEL SISTEMA CON PARÁMETROS MODIFICADOS.....	85
FIGURA N° 15: PUNTO DE OPERACIÓN CON DIFERENTES PROPIEDADES DEL CRUDO	85

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria del petróleo en nuestro país y el mundo busca las mejores alternativas de solución en el transporte de crudos de producción y refinación mediante sistemas de bombeo, desde los crudos más livianos hasta los más pesados; siendo estos últimos los más complejos de manejar por su alto grado de viscosidad.

La Refinería Iquitos no es ajena a esta situación, ya que a partir del año 2015 la Refinería empezaría a recibir el crudo explotado por Gran Tierra Energy (GTE). Este crudo proveniente del pozo Bretaña Norte 95-2-1XD de GTE, de acuerdo a los análisis de laboratorio llevados a cabo, determinaron que el crudo encontrado en el pozo tiene una gravedad de 18.5 API, es decir, es un crudo de alta viscosidad o crudo del tipo pesado.

Mediante estudios internos, la Refinería Iquitos, determinó que no contaba con un sistema de bombeo adecuado para recibir 1500 BPH (Barriles por hora) del crudo de GTE; por lo cual ante esta problemática GTE y la Refinería contratan a la empresa **HT Ingeniería & Consultoría SAC** como empresa consultora y encargada de desarrollar una solución eficiente y adecuada para el transporte del crudo. De tal manera el presente Informe por Experiencia Laboral titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA EL TRANSPORTE DE 1500 BPH DE CRUDO DE GRAVEDAD 18.5 API EN LAS INSTALACIONES DE LA REFINERÍA IQUITOS”**, tiene como propósito principal el garantizar el transporte de 1500 BPH de crudo gravedad 18.5 API desde el muelle de recepción hasta los tanques de almacenamiento dentro de las Instalaciones de la Refinería Iquitos, cumpliendo con los requerimientos establecidos por el cliente y la normativa local e internacional aplicable.

El informe en mención fue desarrollado contemplando las siguientes fases:

Fase 1: Diseño y selección de tubería y accesorios: Involucra la realización del relevamiento de información y de campo, definición de las características del fluido, definición del caudal, determinación de las cotas

de nivel de las instalaciones, determinación del diámetro óptimo, diseño del espesor de la tubería, la validación de la cedula y la selección de la válvula de alivio.

Fase 2: Selección de la bomba: Tomando como referencia la fase 1, se prosiguió con la determinación de presión de succión, determinación de presión de descarga, determinación del TDH, determinación del NPSH disponible, análisis de corrección por viscosidad y finalmente la realización de selección de la bomba.

Fase 3: Determinación del punto de operación: Se procede con la realización de la curva del sistema, luego el análisis de la curva de la bomba seleccionada y se finaliza con la determinación del punto de operación.

Fase 4: Análisis hidráulico comparativo respecto a un crudo más liviano: Se inicia con la definición características del fluido, la definición del caudal, luego la realización de la curva del sistema, el análisis de la curva de la bomba seleccionada y determinación del punto de operación.

Siendo los resultados del informe el aseguramiento del transporte de 1500 BPH de crudo mediante el diseño adecuado y eficiente de un sistema de bombeo y los principales beneficiarios el Estado Peruano, la Refinería Iquitos, GTE y las ciudades aledañas.

I. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Asegurar el transporte de 1500 BPH de crudo gravedad 18.5 API mediante el diseño de un sistema de bombeo en las Instalaciones de la Refinería Iquitos.

1.2 Objetivos Específicos

- Determinar las especificaciones técnicas de las tuberías y accesorios mediante el diseño mecánico e hidráulico del sistema de bombeo.
- Lograr el transporte adecuado de 1500 BPH del crudo gravedad 18.5 API mediante un análisis de selección técnico, energético y económico de la maquina hidráulica generadora.
- Garantizar las características de carga y capacidad del sistema de bombeo a régimen de operación constante mediante la determinación del punto de operación.
- Verificar el comportamiento del sistema de bombeo a régimen de operación constante con un crudo más liviano mediante un análisis hidráulico comparativo.

II. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

2.1 Reseña Histórica

HT Ingeniería & Consultoría S.A.C fue fundado el 20 de Septiembre del 2010 teniendo como actual dirección fiscal Calle Fray Martín de Murúa Interior 810 San Miguel.

HT Ingeniería & Consultoría S.A.C es una empresa especializada en el desarrollo de Ingeniería, Procura y Construcción, así como también servicios de asesoría y consultoría en la industria Petrolera, Gasífera, Minera y Energética en general, tanto en empresas públicas como privadas, cumpliendo con los más altos estándares de calidad.

Las principales características de la empresa son:

- Razón Social: HT Ingeniería & Consultoría S.A.C.
- RUC: 20537452022
- Oficina Principal: Calle Fray Martín de Murúa Interior 810 San Miguel.
- Email: info@hticsac.com

2.2 Declaraciones Estratégicas

2.2.1. Misión

Prestar servicios de ingeniería, consultoría y asesoría, superando las expectativas establecidas por nuestros clientes en calidad, seguridad y tiempo.

2.2.2. Visión

Ser punto de referencia en la gestión de proyectos, empleando tecnologías de vanguardia, promoviendo el desarrollo y poder integral de nuestro recurso humano.

2.2.3. Valores

Compromiso: HT Ingeniería y Consultoría SAC se compromete con cada proyecto a realizar, demostrando la entrega y dedicación de nuestros trabajos asegurando la confianza de cada cliente.

Ecología: HT Ingeniería y Consultoría SAC se une a la red mundial del cuidado de nuestra flora y fauna siendo así una empresa que cumple con los requerimientos de reciclaje y no contaminación en cada proyecto designado.

Ética: HT Ingeniería y Consultoría SAC cumple con la normativa de naturaleza moral estableciendo valores, normas y principios en cada proyecto desarrollado.

Responsabilidad: HT Ingeniería y Consultoría SAC tiene como principal virtud el compromiso con sus clientes y colaboradores entablando una relación enfocada en la confianza en cada proyecto.

Seguridad: HT Ingeniería y Consultoría SAC está comprometido con cada norma de seguridad y reglamentos internos, con la finalidad de brindar un trabajo seguro a cada uno de sus trabajadores.

Profesionalismo: HT Ingeniería y Consultoría SAC se considera una empresa que se caracteriza por su nivel profesional y las relaciones que forman con sus clientes asegurando tiempos de entrega y total transparencia en cada acuerdo y proyecto desarrollado.

2.2.4. Fortaleza

Nuestra fortaleza, es nuestro equipo humano, personas a las cuales nos orientamos en su aprendizaje constante y un adecuado clima laboral el cual fomenta el dialogo y el trabajo en equipo. Alineamos los objetivos individuales con los empresariales para mantener la pasión por lo que hacemos.

2.2.5. Políticas de Calidad

HT INGENIERÍA & CONSULTORÍA S.A.C Es una compañía dedicada a la consultoría, ingeniería y construcción de proyectos energéticos para el sector de Petróleo, Gas y Minero; siendo capaces de realizar ingeniería conceptual, básica, detalle y construcción en los procesos de exploración, producción, transporte, almacenamiento y venta de hidrocarburos; así como la supervisión y acompañamiento en la construcción, PRECOMISIONADO, COMISIONADO, puesta en marcha y HAND OVER en plantas.

Y para ello establecemos los siguientes compromisos de CALIDAD:

- Cumplir con los requisitos de nuestros clientes para lograr su máxima satisfacción.
- Hacer cumplir los planes de los proyectos que se encuentren ejecutando a través de un gerenciamiento efectivo, soportado en las buenas prácticas profesionales de la Industria y en base a los Fundamentos del Project Management Institute, para garantizar de esta manera el cumplimiento de los requisitos de nuestros clientes.
- Brindar formación a nuestros colaboradores para obtener un buen desempeño.
- Con el apoyo de nuestros colaboradores mejorar continuamente nuestros procesos

2.2.6. Políticas de HSSE

HT INGENIERÍA & CONSULTORÍA S.A.C. es una compañía dedicada a la Consultoría, Ingeniería y Construcción de Proyectos Energéticos para el Sector de Petróleo, Gas y Minero; siendo capaces de realizar Ingeniería conceptual, básica, detalle y construcción en los procesos de exploración, producción, transporte, almacenamiento y venta de hidrocarburos; así

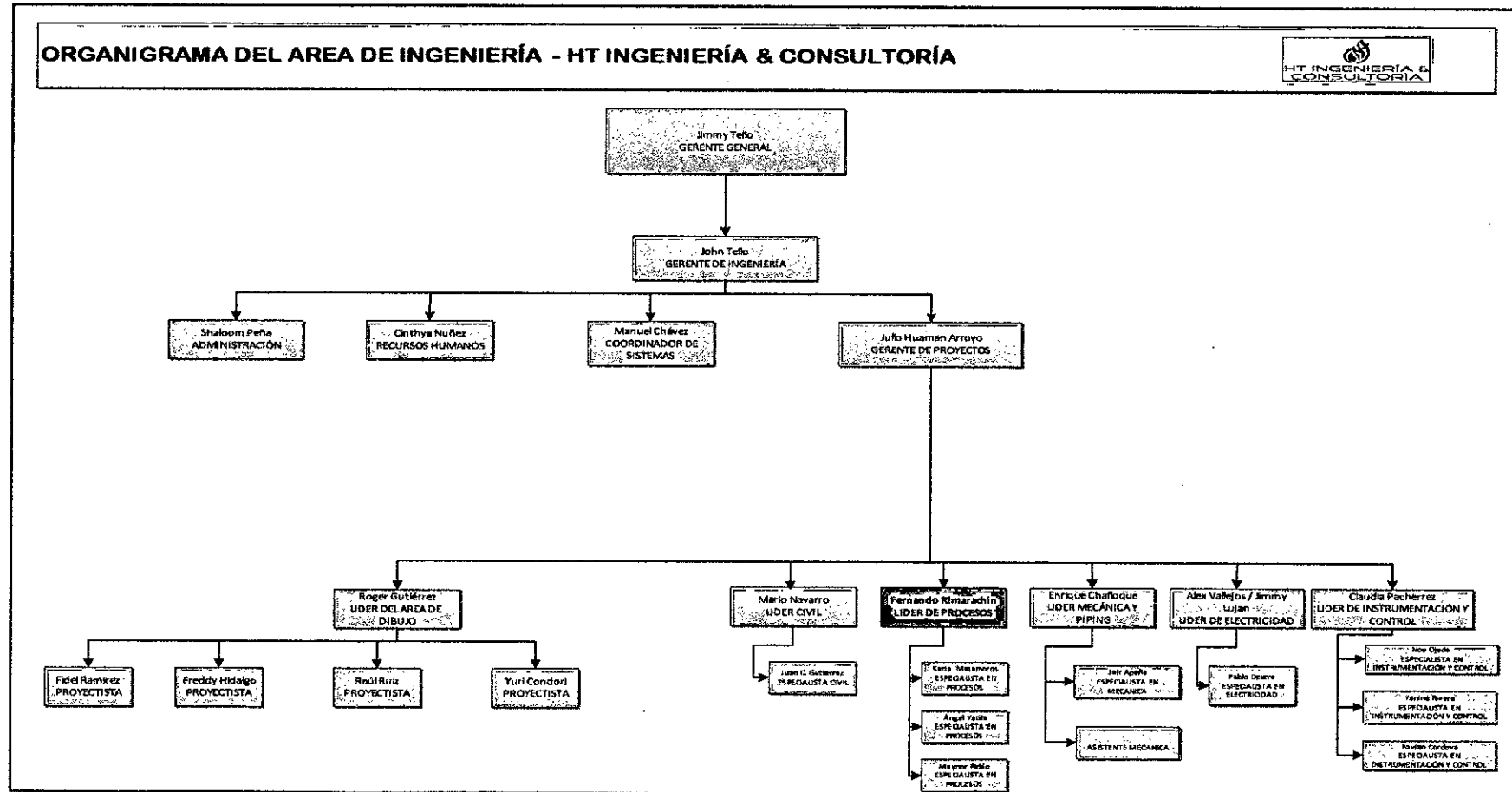
como la supervisión y acompañamiento en la construcción, pre comisionado, comisionado, puesta en marcha y hand over en plantas.

Y para ello establecemos los siguientes compromisos de Seguridad, Salud en el Trabajo y Medio Ambiente:

- Implementar planes de acciones preventivos y correctivos en la identificación, evaluación y control de los riesgos y aspectos ambientales de nuestras actividades, que afecten la seguridad y salud de las personas, al medio ambiente, a los activos de la empresa o la ejecución normal de nuestros procesos.
- Ejecutar planes de sensibilización y capacitación en seguridad, salud y medio ambiente para elevar el nivel de responsabilidad de nuestros colaboradores.
- Conducir todas las actividades de una manera responsable, considerando que los recursos naturales deben preservarse para lograr mejores condiciones de vida ahora y en el futuro.
- Integrar la gestión de la seguridad, salud y medio ambiente en todos los procesos de la organización, manteniendo un ambiente seguro, eficiente, grato y saludable para sus colaboradores, contratistas, proveedores y clientes.
- Promover la mejora continua del Sistema de Gestión de Seguridad, Salud en el Trabajo y Medio Ambiente; apoyándonos en los avances tecnológicos y científicos aplicables a nuestras actividades.

2.3 Organigrama

FIGURA N° 1: ORGANIGRAMA DE INGENIERÍA – HT INGENIERÍA Y CONSULTORÍA



Fuente: Elaboración Propia

2.4 Descripción de Puestos

Gerente General: El Gerente General es el Representante Legal de la Sociedad y tiene a su cargo la dirección y la administración de los negocios sociales.

Gerente de Ingeniería: El Gerente de Ingeniería es el encargado de manejar los diferentes departamentos de Ingeniería que presenta la empresa.

Administración: contabiliza las facturas emitidas y recibidas, cobra a los clientes, paga a los proveedores y plantilla, y liquida los impuestos en las fechas correspondientes

Recursos Humanos: Organiza y maximiza el desempeño de los funcionarios, o capital humano, en una empresa u organización con el fin de aumentar su productividad.

Coordinador de Sistemas: El Coordinador de Sistemas asegura la optimización y el aprovechamiento de las capacidades en las actividades de desarrollo informático.

Gerente de Proyectos: El Gerente de Proyectos es el encargado de manejar los recursos físicos, financieros, humanos y su asignación a las tareas, así también alinea los proyectos con estrategias empresariales y/o institucionales.

Líder Civil: El líder Civil, es responsable de administrar proyectos desde que inicia hasta que se completa manteniendo su foco en asegurar que el proyecto se termine en el tiempo y presupuesto planeado, y muy frecuentemente con tiempos limitados concernientes a la especialidad de civil.

Especialista Civil: El especialista Civil, es el encargado de ejecutar y/o desarrollar los documentos concernientes a la especialidad de civil.

Líder de Procesos: El líder de Procesos, es el profesional responsable de administrar los proyectos relacionados con la especialidad de procesos.

Teniendo como principales actividades:

- Realizar, revisar y aprobar todos los documentos relacionados con el diseño de sistemas hidráulicos, térmicos, neumáticos, de Gas Natural y GLP.
- Realizar, revisar y aprobar todos los documentos relacionados con el dimensionamiento y selección de bombas, compresores, separadores bifásicos y trifásicos, tanques atmosféricos y de presión, intercambiadores de calor, calderas, recuperadores de vapor de hidrocarburos.
- Realizar, revisar y aprobar todos los documentos relacionados con el dimensionamiento de tuberías de hidrocarburos líquidos, gaseosos, bifásicos y trifásicos.
- Realizar, revisar y aprobar balances de materia y energía de los procesos relacionados con la explotación, producción, almacenamiento y distribución de hidrocarburos; incluyendo las facilidades.
- Realizar, revisar y aprobar todos los documentos relacionados con el diseño de sistemas de protección contra incendios.

Especialista en Procesos: El especialista en Procesos, es el encargado de ejecutar y/o desarrollar los documentos concernientes a la especialidad de procesos.

Líder Mecánica y Piping: El líder de Mecánica y Piping, es responsable de administrar proyectos desde que inicia hasta que se completa manteniendo su foco en asegurar que el proyecto se termine en el tiempo y presupuesto planeado, y muy frecuentemente con tiempos limitados concernientes a la especialidad de mecánica y piping.

Especialista en Mecánica: El especialista en Mecánica, es el encargado de ejecutar y/o desarrollar los documentos concernientes a la especialidad de mecánica y piping.

Líder de Electricidad: El líder de Electricidad, es responsable de administrar proyectos desde que inicia hasta que se completa manteniendo su foco en asegurar que el proyecto se termine en el tiempo y presupuesto planeado, y muy frecuentemente con tiempos limitados concernientes a la especialidad de electricidad.

Especialista en Electricidad: El especialista en Electricidad, es el encargado de ejecutar y/o desarrollar los documentos concernientes a la especialidad de electricidad.

Líder de Instrumentación y Control: El líder de Instrumentación y Control, es responsable de administrar proyectos desde que inicia hasta que se completa manteniendo su foco en asegurar que el proyecto se termine en el tiempo y presupuesto planeado, y muy frecuentemente con tiempos limitados concernientes a la especialidad de instrumentación y control.

Especialista en Instrumentación y Control: El especialista en Instrumentación y Control, es el encargado de ejecutar y/o desarrollar los documentos concernientes a la especialidad de instrumentación y control.

Líder del área de Dibujo: El líder del área de Dibujo, es el líder de los proyectistas encargado de administrar los tiempos en cuanto comprende a proyecciones en Cad.

Proyectista: El proyectista es el encargado de la elaboración de planos, trabaja a la par con los Especialistas de cada área en conjunto con el líder del área de Dibujo.

III. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA O INSTITUCIÓN

3.1 Gerenciamiento, Auditoría y Supervisión de Proyectos, Programas y Portafolios

- Gerenciamiento de Proyectos bajo modelos de entrega de contratos, Engineering, Procurement, Construction Management (EPCM), (EPC) y (EP), así como Supervisiones y Auditorías, Project Management Consultancy (PMC), con herramientas como Oracle Primavera P6 (Programación integral de los cronogramas) y de PRISM G2 (Gerenciamiento de costos y presupuestos).
- Supervisión de las EPCM basada en el enfoque de la Unidad Técnica de Dirección de Proyectos (UTDP).
- Supervisión de Proyectos, la Ingeniería y los Contratos (Aseguramiento y Control de la calidad).
- Servicio de Tercerización de recursos de dirección y gerenciamiento de proyectos.
- Servicio de Tercerización de Oficinas de Dirección de Proyectos y su operación.
- Servicio de Tercerización de Oficinas de Gestión Técnicas y su operación.
- Servicio de Gerenciamiento Concéntrico de Proyectos (GCP).

3.2 Disciplinas de Ingeniería

- Ingeniería Conceptual involucrando las áreas de procesos, mecánica, tuberías, civil, electricidad, instrumentación y control.
- Ingeniería Básica involucrando las áreas de procesos, mecánica, tuberías, civil, electricidad, instrumentación y control.

- Ingeniería Básica extendida (FEED) involucrando las áreas de procesos, mecánica, tuberías, civil, electricidad, instrumentación y control.
- Ingeniería de Detalle involucrando las áreas de procesos, mecánica, tuberías, civil, electricidad, instrumentación y control.

3.3 Supervisión e Inspección

- Supervisión de Obras, ingeniería de acompañamiento, PRECOM y COM, asegurando de esta manera la correcta implementación y culminación de los proyectos, cumpliendo estándares internacionales y normativas Peruanas vigentes.

3.4 Proyectos Representativos

- Proyecto: **Modernización Del SCI - Refinería Talara**

Cliente: Petroperu (ITT)

Contrato: PO OL0141-2014

Servicio: Ingeniería De Detalle Y Construcción

H.H.: 2,000

- Proyecto: **Adecuación De SCI Terminal Pisco**

Cliente: Consorcio Terminales (CIME)

Contrato: N° OC GOPE.CO, 001-CTLECO,019,2016

Servicio: Ing. De detalle del proyecto

H.H.: 5,000

- Proyecto: **Producción Extendida Piedra Candela**

Cliente: BPZ

Contrato: OS 322152117-2015

Servicio: Ing. Básica y de detalle del proyecto

H.H.: 8,000

- **Proyecto: Adecuación De SCI Terminales Del Norte (Eten, Salaverry, Chimbote, Supe)**

Cliente: Terminales Del Perú (Dominionperu)

Contrato: O/C N°002CA-00001-2016

Servicio: Ing. De detalle del proyecto

H.H.: 20,000

- **Proyecto: Transporte De Crudo Lb01, Rc1, Lt3, Pts - Paita, Talara**

Cliente: Olympic Perú

Contrato: OS 0100-43722

Servicio: Ing. Básica y de detalle del proyecto

H.H.: 5,000

- **Proyecto: Estación De Filtrado, Medición, Regulación Y Odorización De Cañete**

Cliente: Calidda (Abantia)

Contrato: P N° 4700014325

Servicio: Ing. De detalle del proyecto

H.H.: 30,000

- **Proyecto: Re-Adecuación De Ductos Lote 1ab**

Cliente: Pluspetrol Norte (Conduto)

Contrato: OS N° 0002

Servicio: Ing. De detalle del proyecto

H.H.: 10,400

- **Proyecto: Proyectos De Inversión Adicional Terminales Del Centro Y Norte (2013 - 2015)**

Cliente: PETROPERU

Contrato: 4200000071 - OFP 115697 ZF

Servicio: Inspección De Proyectos

H.H.: 17,160

- **Proyecto: Proyectos De Inversión Adicional En Los Terminales Del Norte Y Centro**

Cliente: Terminales Del Perú

Contrato: N° OC 3657

Servicio: PMC - (Gestión, Supervisión Y Control Proyectos)

H.H.: 24,000

3.5 Principales Clientes

- **Minera Antamina**
- **PetroPerú**
- **Olympic Perú**
- **Terminales del Perú**
- **PetroPerú**
- **Gran Tierra Energy**
- **Conduto**
- **Inelectra International**
- **Crosland Group**
- **Pacific Ruviales**
- **SNC Lavalin**
- **Vopak**
- **ITT Groulds Pumps**
- **Exxon Mobil**
- **Fitflow Perú**

IV. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA

4.1 Descripción del Tema

Dentro del marco del contrato de concesión para la Exploración y Explotación de hidrocarburos en el Lote 95, suscrito entre GTE y el Estado Peruano, la primera ha perforado el pozo exploratorio Bretaña Norte 95-2-1XD, y ha completado de manera satisfactoria las pruebas iniciales de este pozo.

El crudo encontrado en la formación en la que se ubica el pozo, de acuerdo a los análisis de laboratorio llevados a cabo, tiene una gravedad de 18.5 API, es decir, es un petróleo de alta viscosidad o crudo del tipo pesado.

En función de los resultados obtenidos de las pruebas iniciales del pozo, se ha proyectado una producción de diseño de 4,000 BPD de petróleo pesado con un corte de agua despreciable y un bajo contenido de gas asociado.

Este crudo en concordancia al contrato de GTE y el estado peruano deberá ser enviado a las instalaciones de la refinería Iquitos, como parte de venta, para su procesamiento. Por lo antes mencionado, tanto GTE como la Refinería Iquitos, deben de brindar las facilidades necesarias para el transporte desde el pozo de producción hasta el patio de tanques de almacenamiento de la refinería.

GTE indicó que las facilidades de transporte del crudo desde el pozo hasta los muelles lo realizarían mediante barcazas de 1500 m³, mientras que la Refinería Iquitos brindaría las facilidades de recepción (muelles, bombas, tuberías y tanques).

El 26 de Junio del 2014, Petroperú, como dueño y operador de la Refinería Iquitos, elaboró el informe técnico "Análisis Técnico de Sistema de Recepción de Crudo de Lote 95", en el cual muestra los ensayos técnicos e hidráulicos a los que se sometió la motobomba Warren GTS-268- 66.6 S/N 91556 del muelle 2, adquirida por Petroperú para la recepción.

Fue mediante este informe que se llegó a la conclusión que las bombas actuales no tendrían el NPSH requerido para transportar el crudo de GTE, por lo cual GTE indicó que sería parte de su alcance instalar un nuevo sistema de bombeo el cual cumpla con los requerimientos de operación necesarias; y la Refinería tendría de brindar un muelle dedicado para recepcionar este crudo incluyendo los brazos de carga existentes y las conexiones, asimismo días específicos para la recepción.

4.2 Antecedentes

La Refinería de Iquitos, como parte del proceso de recepción del crudo cuenta con 2 muelles flotantes tipo “pontón”. El muelle 1 y el muelle 2 recepcionan el crudo de las múltiples empresas explotadoras que se encuentran aledañas a la refinería mediante bombas de desplazamiento positivo de características similares dedicadas a transportar los crudos desde las barcazas hasta los tanques de almacenamiento.

El muelle 1 y muelle 2 cuentan con las bomba IMO y Warren respectivamente, las cuales tienen un TDH = 150 PSI y un flujo nominal de descarga de 1500 BPH, este flujo es establecido por la Refinería como parte de su proceso de recepción y tiempos de vaciado de las barcazas.

Cada muelle cuenta con un sistema de tuberías de recepción compuestas por brazos de carga y tuberías las cuales están unidas a cada bomba con la finalidad de tener acoplamiento directo a cada barcaza.

4.3 Planteamiento del problema

El muelle 1 y muelle 2 cuentan con las bomba IMO y Warren respectivamente, las cuales tienen un TDH = 150 PSI y un flujo nominal de descarga de 1500 BPH, este flujo es establecido por la Refinería como parte de su proceso de recepción y tiempos de vaciado de las barcazas.

El 26 de Junio del 2014, Petroperú elaboró el informe técnico “Análisis Técnico de Sistema de Recepción de Crudo de Lote 95”, en el cual muestra los ensayos técnicos e hidráulicos a los que se sometió la motobomba

Warren GTS-268- 66.6 S/N 91556 del muelle 2, adquirida por Petroperú para la recepción actual.

Los ensayos fueron realizados con las condiciones operativas actuales y las condiciones del crudo del Lote 95, recopilando datos de una serie de pruebas para distintos puntos de operación y la verificación de los parámetros con respecto al funcionamiento de la bomba.

Los resultados operativos de la bomba Warren para los cálculos hidráulicos dieron a conocer que la bomba no podría transportar el crudo debido a que el NPSH requerido de la bomba y las condiciones de succión, en contraste con las especificaciones del fluido no serían suficientes para el transporte.

Teniendo en cuenta que la bomba IMO del muelle 1, por tener las mismas características de la bomba Warren y el mismo arreglo de succión, tampoco supliría el crudo de GTE; se tiene la necesidad de Diseñar un Sistema de Bombeo dedicado para el transporte de este producto, por lo que surge la siguiente pregunta:

¿En qué medida el diseño del Sistema de bombeo de crudo Gravedad 18.5 API permitirá asegurar el transporte de 1500 BPH en las Instalaciones de la Refinería Iquitos?

4.4 Justificación

4.4.1. Justificación Económica

La Refinería de Iquitos actualmente no cuenta con un sistema de bombeo que pueda transportar crudos pesados, generando esto una gran desventaja para la zona oriente del Perú ya que con la magnitud de crudo estimada a producir por parte de GTE esto generaría una mejora en la distribución de combustible en la zona de Loreto y otras zonas aledañas, con ingresos económicos mayores a los actuales.

4.4.2. Justificación Tecnológica

Como se menciona en el punto anterior, la refinería Iquitos no cuenta con un sistema de bombeo que pueda transportar crudos altamente pesados, lo que hace necesario el diseño de un sistema de bombeo capaz de transportar este tipo de crudo y otros menos densos, con lo cual la refinería Iquitos contaría con un sistema de bombeo innovador tecnológicamente, siendo este más eficiente, con tecnología más moderna con respecto a las bombas con las que cuentan actualmente y más económico.

4.5 Marco Teórico

4.5.1. Antecedentes de Estudio

- DÍAZ UGARTE QUIROZ, José Walter. ***Bombeo de crudo altamente viscoso en el Tramo I del O.N.P mediante bombas de tornillo.*** Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico – Electricista. Perú. Universidad de Piura. 2009.

De la investigación se tuvo como resultados:

- Determinar el estado actual del sistema de bombeo en el Tramo I del O.N.P.
- Selección de un nuevo y adecuado tipo de bomba a utilizar en el Tramo I del O.N.P.
- Los tiempos de recuperación de inversión del nuevo sistema de bombeo en el Tramo I del O.N.P
- Simulaciones hidráulicas para pérdidas de presión.

La tesis en mención me sirve de orientación para la selección adecuada de equipos de bombeo, considerando el uso de curvas de corrección de viscosidad; y consideraciones aplicadas a los cálculos hidráulicos.

- ALVAREZ CALLE, Roberto. ***Diseño de un Sistema de Recolección y Transporte de Gas Natural.*** Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Petróleo, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. 2012.

De la Investigación se tuvo como resultados:

- Verificación del estado físico del gas natural y líquidos derivados de petróleo.
- Determinación de diámetros de tuberías para transporte de gas y derivados líquidos de petróleo con respecto a sus velocidades recomendadas.
- Cálculo de espesor de tuberías.
- Selección de accesorios necesarios para el transporte de Gas Natural.

De la tesis en mención se consideró la información relevante con respecto al comportamiento de los hidrocarburos líquidos, tales como el crudo, con respecto a las velocidades recomendadas; comportamiento de posibles cambios de fase y análisis de pérdidas de energía en sistema de transporte de fluidos en general.

- OCHOA AMUNDARAIN, Luis Alejandro. ***Evaluación del Diseño Mecánico del Sistema de Transporte de Petróleo a ser instalado desde el Área Mayor Oficina (AMO) hasta el área de trampas de herramientas San Joaquín.*** Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico. Venezuela, Universidad de Oriente, Venezuela. 2009.

De la Investigación se tuvo como resultados:

- Verificación de espesores en tuberías.
- Análisis de flexibilidad en tuberías.
- Simulaciones hidráulicas para pérdidas de presión.
- Determinación de golpe de ariete.

- Selección de soportes.

De la investigación, se resalta y se aprovecha la consideraciones para el diseño de tuberías y dimensionamiento de las misma logrando una especificación adecuada según el servicio, a la vez dando un alcance general del diseño en cualquier tipo de servicio desde redes domésticas hasta ductos de gas comprimido de alto flujo. De igual manera nos menciona a las principales normas aplicables a este tipo de diseño.

4.5.2. Bases Teóricas

Los sistemas de Bombeo son considerados Sistemas de manejo de energía por lo cual se debe manejar un buen balance para evitar pérdidas innecesarias.

Las bombas son considerados equipos que añaden energía a los líquidos con la finalidad de transportarlos a determinadas condiciones, el procedimiento para la selección de estos equipos involucra la determinación de ciertos parámetros los cuales se mencionan a continuación:

- Flujos Internos incompresibles (laminar y turbulento)
- NPSH
- Pérdidas de energía en tuberías.
- Potencia Hidráulica
- Altura dinámica total, ADT

Las tuberías deberán ser diseñadas de tal manera que la energía transformada en presión en el fluido no se disperse o se pierda en gran cantidad, esto se dará cuando se tenga en cuenta el diseño óptimo de estas, lo cual comprende:

- Diámetro Optimo

- Espesor adecuado
- Especificación de material comercial

4.5.2.1. Principio de Bernoulli

El principio de Bernoulli, también denominado ecuación de Bernoulli o Trinomio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido moviéndose a lo largo de una corriente.

Este principio puede ser derivado del principio de conservación de la energía, esto indica que, en un flujo constante la suma de todas las formas de energía en un fluido a lo largo de una línea de corriente es la misma, esto requiere a que la suma de la energía cinética, la energía potencial y la energía interna permanezca constante.

El principio de Bernoulli¹ se rige a la siguiente ecuación:

Principio de Bernoulli y relación con la pérdida presión

$$\frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + h_f \quad (1)$$

Donde:

V : Velocidad del fluido m/s

γ : es el peso específico. Este valor se asume constante a través del recorrido al ser un fluido incompresible, se define como el producto de la aceleración de la gravedad y la densidad del líquido.

P : Presión gravimétrica en los puntos de análisis.

h_f : Disipación de presión por fricción y accesorios a través del recorrido del fluido.

g : Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

¹ Handbook of Hydraulic Resistance, IDELCHIK, I. E, 3rd edition.

Los subíndices 1 y 2 indican si los valores están dados para el comienzo o el final del volumen de control respectivamente.

4.5.2.2. Flujos internos incompresibles

En la actualidad no existe un análisis general del comportamiento de los fluidos incompresibles; existen diferentes métodos de análisis y comprobación del comportamiento interno de los fluidos desde los análisis y formulaciones matemáticos, luego derivando a las simulaciones mediante software y programación hasta los datos y resultados experimentales.

Uno de los tantos modelos matemáticos es la aplicación del famoso número de Reynolds para la determinación del comportamiento del fluido a determinadas condiciones, siendo así que se puede determinar el movimiento desde ser suave (laminar) hasta ser un flujo agitado (turbulento).

El número de Reynolds² se halla con la siguiente ecuación:

$$R = \frac{U \times L}{\nu} \quad (2)$$

Donde:

U : Velocidad media

L : Ancho o longitud característica transversal, de la capa de cortadura

ν : Viscosidad cinemática

- Flujo laminar

Es uno de los dos tipos principales de flujo en fluido. Se llama flujo laminar o corriente laminar, al movimiento de un fluido cuando éste es ordenado, estratificado, suave. En un flujo laminar el fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse y cada partícula de fluido sigue una trayectoria suave, llamada línea de corriente. En flujos laminares el

² *Handbook of Hydraulic Resistance, IDELCHIK, I. E., 3rd edition*

mecanismo de transporte lateral es exclusivamente molecular. Se puede presentar en las duchas eléctricas vemos que tienen líneas paralelas

El flujo laminar es típico de fluidos a velocidades bajas o viscosidades altas, mientras fluidos de viscosidad baja, velocidad alta o grandes caudales suelen ser turbulentos. El número de Reynolds es un parámetro adimensional importante en las ecuaciones que describen en qué condiciones el flujo será laminar o turbulento. En el caso de fluido que se mueve en un tubo de sección circular, el flujo persistente será laminar por debajo de un número de Reynolds crítico de aproximadamente 2300. Para números de Reynolds más altos el flujo turbulento puede sostenerse de forma indefinida. Sin embargo, el número de Reynolds que delimita flujo turbulento y laminar depende de la geometría del sistema y además la transición de flujo laminar a turbulento es en general sensible a ruido e imperfecciones en el sistema.

El perfil laminar de velocidades en una tubería tiene forma de una parábola, donde la velocidad máxima se encuentra en el eje del tubo y la velocidad es igual a cero en la pared del tubo. En este caso, la pérdida de energía es proporcional a la velocidad media, mucho menor que en el caso de flujo turbulento.

- Flujo turbulento

Al aumentar el gradiente de velocidad se incrementa la fricción entre partículas vecinas al fluido, y estas adquieren una energía de rotación apreciable, la viscosidad pierde su efecto, y debido a la rotación las partículas cambian de trayectoria. Al pasar de unas trayectorias a otras, las partículas chocan entre sí y cambian de rumbo en forma errática.

Este flujo se caracteriza porque:

- Las partículas del fluido no se mueven siguiendo trayectorias definidas.
- La acción de la viscosidad es despreciable.

- Las partículas del fluido poseen energía de rotación apreciable, y se mueven en forma errática chocando unas con otras.
- Al entrar las partículas de fluido a capas de diferente velocidad, su momento lineal aumenta o disminuye, y el de las partículas vecina la hacen en forma contraria.

Cuando las fuerzas de inercia del fluido en movimiento son muy bajas, la viscosidad es la fuerza dominante y el flujo es laminar. Cuando predominan las fuerzas de inercia el flujo es turbulento. Reynolds estableció una relación que permite establecer el tipo de flujo que posee un determinado problema. Para números de Reynolds bajos el flujo es laminar, y para valores altos el flujo es turbulento.

- Rangos de valores de número de Reynolds³ y comportamiento del fluido

$0 < Re < 1$: movimiento laminar "lento" altamente viscoso

$1 < Re < 100$: laminar, fuerte dependencia del Re

$100 < Re < 10^3$: laminar, es útil la teoría de capa límite

$10^3 < Re < 10^4$: transición a la turbulencia

$10^4 < Re < 10^6$: turbulento, moderada dependencia del Re

$10^6 < Re < \infty$: turbulento, débil dependencia del Re

4.5.2.3. Pérdidas de energía en tuberías

- Pérdidas primarias:

Las pérdidas por fricción o también consideradas pérdidas primarias se determinan mediante la ecuación de Darcy – Weisbach⁴.

Ecuación de Darcy-Weisbach

³ Proyecto de Investigación "Elaboración de un libro de Texto de Mecánica de Fluidos II". Callao, Flores Sánchez, Jaime Gregorio, 1ra Edición.

⁴ Handbook of Hydraulic Resistance, IDELCHIK, I. E, 3rd edition.

$$h_f = f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

Donde:

h_f : Perdidas por fricción o primarias

g : Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

f : Factor de fricción

L : Longitud de la tubería

D : Diámetro hidráulico

V : Velocidad del fluido

El factor de fricción se determina mediante las siguientes ecuaciones analíticas

- a. Si el flujo es laminar, con $Re < 2300$, se determinará mediante la ecuación de Hagen – Poiseuille⁵.

Ecuación De Hagen – Poiseuille

$$f = \frac{64}{Re} \quad (4)$$

- b. La ecuación de fricción iterativa de Colebrook-White se utiliza para obtener factores de fricción en el régimen de flujo turbulento.

Ecuación de Colebrook –White⁶

$$f = \left[1.14 - 2 \log \left(\frac{\varepsilon}{D} + \frac{9.35}{Re \sqrt{f}} \right) \right]^{-2} \quad (5)$$

Donde:

f : Factor de fricción

Re : Número de Reynolds

ε : Rugosidad absoluta

⁵ Handbook of Hydraulic Resistance, IDELCHIK, I. E, 3rd edition.

⁶ Handbook of Hydraulic Resistance, IDELCHIK, I. E, 3rd edition.

D : Diámetro hidráulico

– Pérdidas secundarias

Son todas aquellas que se originan cuando el fluido pasa a través de instrumentos de medida, cambios de sección, cambios de dirección, etc. Su magnitud se calcula mediante la ecuación de pérdidas secundarias⁷.

Ecuación de Pérdidas Secundarias

$$h_s = K \frac{V^2}{2g} \quad (6)$$

Donde:

h_s : Pérdidas secundarias o por accesorios

g : Aceleración de la gravedad ($9,81 \text{ m/s}^2$)

V : Velocidad del fluido

K : Coeficiente de pérdidas del accesorio, Depende de la geometría y el acabado Superficial interno del accesorio.

Una manera de evaluar con relativa facilidad la magnitud de una pérdida secundaria en una red de tuberías es aplicando el concepto de longitud equivalente: es la longitud de una tubería de sección circular que genera la misma caída de presión que un accesorio, asumiendo igual fluido e igual velocidad promedio.

– Longitud Equivalente

Un método no completamente exacto pero válido a efectos de estimar las pérdidas de carga localizadas consiste en expresarlas en forma de longitud equivalente es decir, valorar cuántos metros de tubería recta del mismo diámetro producen una pérdida de carga continua que equivale a la pérdida

⁷ Handbook of Hydraulic Resistance, IDELCHIK, I. E, 3rd edition.

que se produce en el punto singular, su magnitud se calcula mediante la ecuación de longitud equivalente⁸:

Ecuación de Longitud Equivalente

$$L_e = \frac{K \times D}{f} \quad (7)$$

La pérdida de carga total en una tubería de longitud L con i accesorios de longitud equivalente Le_i cada uno de ellos, será la que produce una longitud total de una tubería del mismo diámetro, su magnitud se calcula mediante la ecuación de longitud equivalente total⁹.

Ecuación de Longitud Equivalente Total

$$L_T = L + \sum Le_i \quad (8)$$

4.5.2.4. NPSH

NPSH es un acrónimo de Net Positive Suction Head, también conocido como ANPA (Altura Neta Positiva en la Aspiración) o CNPA (Carga Neta Positiva en Aspiración). Es la caída interna de presión que sufre un fluido cuando este ingresa al interior de una bomba centrífuga. Cuando el fluido ingresa a una bomba centrífuga, lo hace siempre por el centro del rodete impulsor, lugar en donde toma contacto con las paletas de dicho rodete para ser luego impulsado hacia la periferia de la bomba. Pero, al hacer contacto con dicha paletas, el fluido sufre lo que se denomina "Efecto de la Proa de Fuhrmann". Este efecto, establece que el fluido, que ya ha pasado por las pérdidas de fricción y de accesorios del sistema de tuberías, aún continúa perdiendo presión esta vez dentro de la bomba centrífuga, al acomodarse al contorno de la paleta, en cuya punta el fluido choca contra el extremo, se acomoda rápidamente, aumenta su velocidad, y por ende disminuye su presión. Otro factor que determina esta caída de presión es

⁸ *Flujo de Fluidos, CRANE, 1^{RA} Edición.*

⁹ *Flujo de Fluidos, CRANE, 1^{RA} Edición.*

el hecho de que el flujo ingresa al centro del rodete de forma axial, y se debe reorientar para seguir el contorno de las paletas.

La NPSH es un parámetro importante en el diseño de un circuito de bombeo: si la presión en el circuito es menor que la presión de vapor del líquido, éste entrará en algo parecido a la ebullición: se vaporiza, produciéndose el fenómeno de cavitación, que puede dificultar o impedir la circulación de líquido, y causar daños en los elementos del circuito.

En las instalaciones de bombeo se debe tener en cuenta la NPSH referida a la aspiración de la bomba, distinguiéndose dos tipos de NPSH:

NPSH requerida: es la NPSH mínima que se necesita para evitar la cavitación. Depende de las características de la bomba, por lo que es un dato que debe proporcionar el fabricante en sus curvas de operación.

***cavitación:** La cavitación ocurre cuando la succión de la bomba se encuentra en unas condiciones de baja presión/alto vacío que hace que el líquido se transforme en vapor a la entrada del rodete. Este vapor es transportado hasta la zona de descarga de la bomba donde el vacío desaparece y el vapor del líquido es nuevamente comprimido debido a la presión de descarga. Se produce en ese momento una violenta implosión sobre la superficie del rodete. Un rodete que ha trabajado bajo condiciones de cavitación de succión presenta grandes cavidades producidas por los trozos de material arrancados por el fenómeno. Esto origina el fallo prematuro de la bomba.

NPSH disponible¹⁰: depende de las características de la instalación y del líquido a bombear.

$$NPSH_d = \frac{P_a}{\gamma} \pm H_a - h_f - \frac{P_v}{\gamma} \quad (9)$$

Donde:

¹⁰ *Introduction to Fluid Mechanics, FOX, R. W., AND A. T. MCDONALD, 3rd edition.*

γ : es el peso específico del líquido (N/m³).

P_a : es la presión en el nivel de aspiración, en Pa

H_a : es la altura geométrica de aspiración en m.c.l. (H_a se resta si el nivel del líquido está por abajo del ojo del impulsor, se suma si el nivel del líquido está por arriba del impulsor.

h_f : es la pérdida de carga en la línea de aspiración, en m.c.l.

P_v : es la presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo, en Pa.

+ : Se utilizará este signo, cuando en nivel de aspiración se encuentre por encima del eje de la bomba.

- : Se utilizará este signo, cuando en nivel de aspiración se encuentre por debajo del eje de la bomba.

4.5.2.5. Potencia hidráulica

La energía hidráulica que una bomba comunica a la sustancia operante, se evalúa mediante la ecuación de energía hidráulica¹¹.

Ecuación de Energía Hidráulica

$$P_b = \rho \times g \times Q \times h_b = \gamma \times Q \times h_b \quad (10)$$

En donde:

P_b : es la potencia teórica de la bomba (en Vatios; 1 Hp = 745.7 Vatios)

ρ : es la densidad del fluido

g : es la aceleración de la gravedad (generalmente se adopta: 9.81 m/s²)

γ : es el peso específico del fluido

Q : es el caudal (m³/s)

¹¹ *Chemical Engineering Fluid Mechanics, DARBY, R., 2nd edition.*

h_b : es la ganancia de carga en la bomba, o en otros términos, altura dinámica de la bomba (m)

4.5.2.6. Espesor de diseño de Tuberías por presión interna¹²

A continuación se indica la fórmula para calcular el espesor de diseño:

$$t = \frac{OD \times P_i}{2 \times 0.72 \times E \times Y} \quad (11)$$

Donde:

t : es espesor de tubería

OD : es el diámetro externo

P_i : es la presión interna de diseño

Y : es mínimo esfuerzo de fluencia

E : Factor de junta soldada

Mientras que el espesor nominal de diseño se determina de la siguiente manera:

$$t_n = t + A \quad (12)$$

Donde:

t_n : Espesor nominal de tubería

t : Espesor de diseño

A : Tolerancias por corrosión, uniones roscadas, uniones ranuradas y diseño.

4.5.2.7. Selección de Válvula de Alivio

- Área Efectiva de Descarga¹³

¹² ASME B31.4: Tuberías de Transporte de Hidrocarburos Líquidos y Otros Líquidos, Edición 2009.

¹³ API RP Std 520: Dimensionamiento, selección e instalación de Dispositivos de alivio de presión (7ma Edición-2000).

$$A = \frac{Q}{38 \times K_d \times K_w \times K_c \times K_v} \sqrt{\frac{G}{\Delta P}} \quad (13)$$

Donde:

A = Área efectiva de descarga.

Q = Flujo volumétrico, *gpm*.

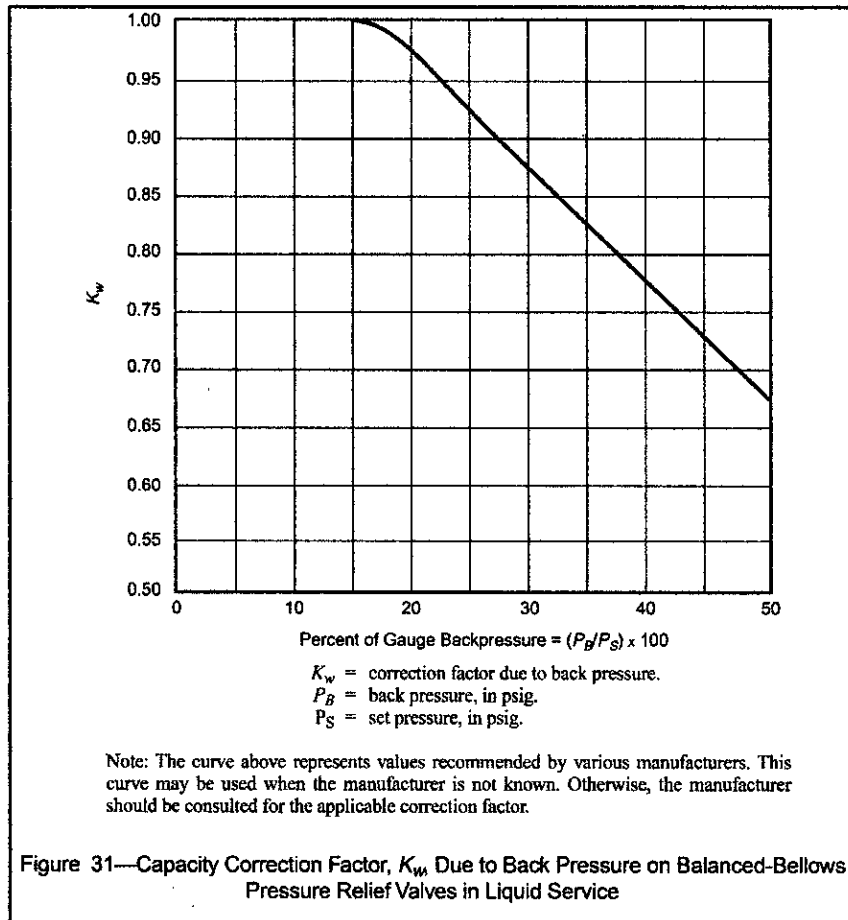
K_d = Coeficiente de descarga.

= 0.65 cuando la válvula de alivio se instala sin un disco de ruptura.

= 0.62 Cuando la válvula de alivio no se encuentra instalada y el tamaño es para un disco de ruptura, ver 3.11.1.2 – API Std 520.

K_w = Factor de corrección debido a la presión de retorno, este factor se determina con la figura 2.

FIGURA N° 2: FACTOR DE CORRECCIÓN DEBIDO A LA PRESIÓN DE RETORNO



Fuente: API RP Std 520: Dimensionamiento, selección e instalación de Dispositivos de alivio de presión.

K_c = Factor de corrección cuando se instala un disco de ruptura aguas arriba de la válvula de alivio.

= 1.0 cuando no se instala un disco de ruptura,

= 0.9 cuando se instala un disco de ruptura en combinación con la válvula de alivio térmico.

K_v = Factor de corrección debido a la viscosidad, se determina mediante la figura 36 del API Std 520 o con la siguiente ecuación:

$$= \left(0.9935 + \frac{2.878}{R^{0.5}} + \frac{342.75}{R^{1.5}} \right)^{-1} \quad (14)$$

G = Gravedad específica.

ΔP = $p_1 - p_2$

p_1 = Presión de set de la válvula, equivalente a la presión de diseño del sistema, más la sobrepresión admisible (10 % del set para alivio de sistemas de procesos), psig.

p_2 = Contra presión de la válvula, en el caso que sea negativa se considerará 0, psig.

- Selección de Válvulas de Alivio¹⁴

La selección se realizará mediante los criterios contemplados en el Ítem 5.14.3 del API Std 521 (Sistemas de despresurización y alivio de presión) y el Ítem 1.6 del API Std 526 (Válvula de alivio de presión con bridas). Ver anexo 8.1.

4.5.2.8. Criterios de cálculo

A continuación se mencionan algunos criterios para los cálculos:

- Criterios para Bombas

- El caudal nominal para las bombas debe ser no menor a 110% del flujo normal. Algunas bombas específicas pueden ser diseñadas para más.

- Criterios para Tuberías

- Pérdida de presión por fricción recomendadas para líneas de succión y descarga en bombas :

¹⁴ API Std 526: Válvula de alivio de presión con bridas (5ta Edición-2002).

TABLA N° 1: CAÍDA DE PRESIÓN POR UNIDAD DE LONGITUD RECOMENDADA

Servicio	Máximo $\Delta P/100$ ft (Máximo $\Delta P/100$ m) Psi (bar)
Recomendación general	4 (0.9)
Succión de Bombas Líquidos en equilibrio con el vapor para tuberías $\leq 8''$ para tuberías $< 8''$	0.5 (0.1) 0.5 (0.1)
Descarga de Bombas 0 - 250 GPM 250 - 700 GPM > 700 GPM	4 (0.9) 4 (0.9) 2 (0.45)

Fuente: Ludwig, Ernest E., Procesos de Diseño Aplicados a Plantas Químicas y Petroquímicas

Ecuación de diferencial de NSPH¹⁵

$$NPSH_d \geq NPSH_r + 3ft \quad (15)$$

Donde:

$NPSH_d$: Altura Neta Positiva en la Aspiración disponible

$NPSH_r$: Altura Neta Positiva en la Aspiración requerido

- Criterios para presión de diseño

En este punto se establecen lineamientos para fijar la presión de diseño a utilizar en el cálculo de espesores de pared de tuberías de acero al carbono, acero inoxidable y aceros aleados, sometidas a presión interna.

La presión de diseño debe ser establecida de forma tal que cubra todas las condiciones de operación previsible, incluyendo arranque, parada, perturbaciones del proceso, incrementos planificados en la severidad de

¹⁵ API RP 14E: Recommended Practice for Design and Installation of Offshore Products Platform Piping Systems, 5th Edition, 1991.

operación, diferentes alimentaciones y productos, y ciclos de regeneración, cuando aplica.

- **Presión de operación (PO)¹⁶:** Se debe definir la presión de operación (PO), en caso de que no sea dada como dato del proceso, considerando las variaciones de presión originadas por cambios en la presión de vapor, densidad, cambio en la alimentación, cambios en los puntos de corte de los productos, cabezal estático debido al nivel de líquido, caída de presión en el sistema, presión de bloqueo de bombas o compresores y cualquier otra variación.
- **Presión máxima de operación (PMO)¹⁷:** La presión máxima de operación (PMO) debe ser al menos 5% mayor que la presión de operación (PO).

$$PMO \geq 1,05 \times PO \quad (16)$$

- **Presión de diseño (PD)¹⁸:**
- Para tuberías cuya presión máxima de operación (PMO) es menor o igual a 15 Psig, la presión de diseño (PD) debe ser por lo menos igual a la presión máxima de operación (PMO) más 2 Psig, pero no menor de 16 Psig.

$$17 \text{ psig} \geq PD \geq 16 \text{ psig} \quad (17)$$

- Para tuberías cuya PMO > 15 Psig, la presión de diseño (PD) es el mayor valor numérico entre el 110% de la presión máxima de operación (PMO) y la presión máxima de operación (PMO) más 25 Psig.

$$PD = PMO + 25 \text{ psig} \quad (18)$$

$$PD = 1.1 \times PMO \quad (19)$$

¹⁶ MANUAL DE PROCESO: MDP-01-DP-01 temperatura y Presión de Diseño - PDVSA

¹⁷ MANUAL DE PROCESO: MDP-01-DP-01 temperatura y Presión de Diseño - PDVSA

¹⁸ MANUAL DE PROCESO: MDP-01-DP-01 Temperatura y presión de diseño - PDVSA

- Es posible llegar a la siguiente conclusión: para todo PMO \leq 250 Psig, se utiliza la ecuación 18 y para todo PMO $>$ 250 Psig, se utiliza la ecuación 19.

Esta regla se aplica cuando se utiliza una válvula de alivio (PSV) de seguridad convencional, donde la presión de ajuste fijada para este dispositivo no debe exceder la presión de diseño establecido y para lapsos de tiempo de operación largos.

4.5.3. Marco Normativo

- D.S. N° 052-1993-EM: Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos.

Del reglamento en mención se tomó en consideración los lineamientos establecidos en el Capítulo III del mismo, el cual detalla las bases de diseño normativo de Sistemas de Tuberías y Bombas para el almacenamiento de Hidrocarburos.

- ASME B31.4: Tuberías de Transporte de Hidrocarburos Líquidos y Otros Líquidos (Edición 2009).

De la norma en mención se consideró el Capítulo II (Parte 1 y Parte 2) de la misma, los cuales tratan sobre el diseño de tuberías según el alcance de la norma. Así mismo brindó la orientación para diseñar las tuberías, calcular los espesores de las tuberías y validar la cedula de las tuberías que se emplearán en el proyecto.

- ASME B16.5: Bridas de Tuberías y accesorios bridados (Edición 2009).

De la norma en mención se consideró la Tabla II-2-1.1 de la misma, donde se muestra las presiones que soporta los materiales del grupo 1.1 (ASTM A105) a cierta temperatura. De lo cual sirvió para determinar la clase de las bridas y accesorios que se emplearán en el proyecto.

- API RP Std 14E: Prácticas recomendadas para el diseño e instalación de sistemas de tuberías en plataformas de producción Offshore (5ta Edición-1991).

De la norma en mención se consideró las secciones 2, 3 y 4. Las cuales brindaron la orientación para el desarrollo de los cálculos hidráulicos, el diseño de líneas, los criterios de selección de las válvulas y la selección de bridas y accesorios.

- API RP Std 520: Dimensionamiento, selección e instalación de Dispositivos de alivio de presión (7ma Edición-2000).

De la norma en mención se consideró el Capítulo III, inciso 3.8; en este punto se muestra el procedimiento para determinar el orificio de una válvula de alivio. De donde se tomó como referencia para determinar el orificio de la válvula de alivio que se utilizará en el proyecto.

- API Std 526: Válvula de alivio de presión con bridas (5ta Edición-2002).

De la norma en mención se consideró la tabla 1 y el Capítulo V, en la tabla 1 se designa una letra mediante el área del orificio de la válvula de alivio ya determinado, con lo que se procede al Capítulo V para determinar las dimensiones de dicha válvula.

4.6 Fases del Proyecto

El desarrollo del proyecto de ingeniería tuvo un tiempo de cinco meses, desde Noviembre del 2014 hasta Marzo del 2015, mediante las siguientes fases.

TABLA N° 2: FASES DEL PROYECTO

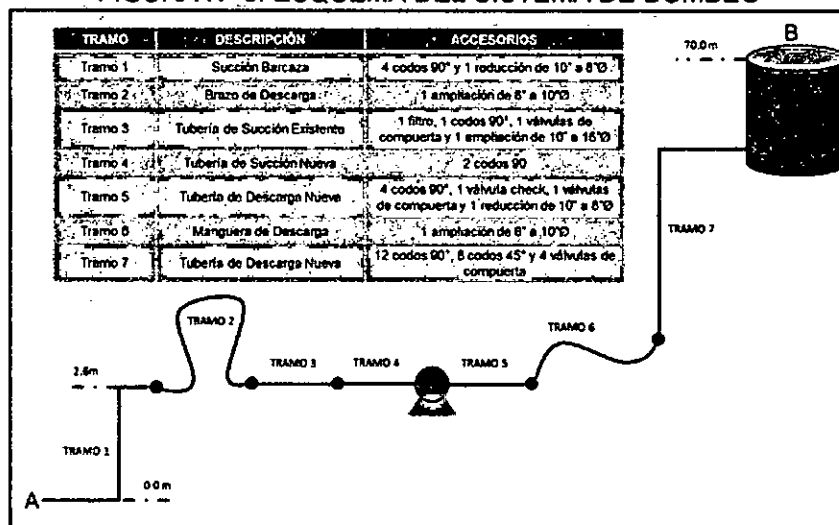
Fase 1: Diseño y selección de tuberías y accesorios	Fase 2: Selección de bomba	Fase 3: Determinación del punto de operación	Fase 4: Análisis hidráulico comparativo respecto a un crudo más liviano
<p>Actividades</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Relevamiento de información 2. Relevamiento de campo 3. Definición de las características del fluido 4. Definición de caudal 5. Determinación de las cotas de nivel 6. Determinación de las pérdidas de presión por fricción por longitud 7. Determinación del diámetro óptimo 8. Diseñar el espesor de tubería 9. Validación de cédula 10. Selección de válvula de alivio y accesorios 	<p>Actividades</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definición de las características del fluido 2. Definición de caudal 3. Determinación de presión de succión 4. Determinación de presión de descarga 5. Determinación del TDH 6. Determinación del NPSH disponible 7. Análisis de corrección por viscosidad 8. Realización de selección por análisis técnico 9. Realización de selección por análisis energético 10. Realización de selección por análisis económico 	<p>Actividades</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Realización de la curva del sistema 2. Análisis de la curva de la bomba seleccionada 3. Determinación del punto de operación 	<p>Actividades</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Definición de las características del fluido 2. Definición de caudal 3. Realización de la curva del sistema 4. Análisis de la curva de la bomba seleccionada 5. Determinación del punto de operación

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se describen las fases:

4.6.1. Fase 1: Diseño y selección de tuberías y accesorios

FIGURA N° 3: ESQUEMA DEL SISTEMA DE BOMBEO



Fuente: Elaboración Propia

Dentro de la Fase 1 se tienen actividades, las cuales se detallan a continuación:

- **Relevamiento de información**

- Solicitud de estudios realizados al Crudo.
- Solicitud de hoja de datos de equipos existentes.
- Solicitud de planos constructivos existentes de la barcaza.

- **Relevamiento de campo**

- Identificar vías para tendido de tuberías.
- Identificar la ubicación de los equipos existentes y los proyectados. (ver anexo 8.6 – Plano As Built de la barcaza).
- Verificación de equipos existentes (ver anexo 8.6 – Plano As Built de la barcaza).

- Definición de las Características del fluido

Para el desarrollo del proyecto se consideró las características del fluido indicadas en el anexo 8.13 (Reporte de Análisis de Crudo)

- Densidad: 943.7 kg/m^3 .
- Viscosidad: 650 cSt.
- Presión de vapor: 0.6 Psia.

- Definición del Caudal

- El caudal se estableció según requerimientos del cliente el cual será 1500 Barr/hr .

- Determinación de las Cotas de Nivel

- Determinación de nivel de la barcaza cuando el río se encuentre en periodo de estiaje (ver anexo 8.7 – Plano de Cotas Generales).
- Determinación de nivel de la barcaza cuando el río se encuentre en periodo de creciente (ver anexo 8.7 – Plano de Cotas Generales).

- Determinación de las Perdida de presión por Fricción por longitud ($\Delta P/100ft$)

- En consideración del Piping Class del Cliente (ver anexo 8.10 – Piping Class) la cédula a utilizar para el proceso de bombeo dentro de las instalaciones de la refinería será SCH 40, esta cédula será validada en el punto de diseño de espesor de tuberías y validación de cédula.
- Para efectos de cálculo se analizaran los siguientes diámetros: 8", 10", 12", 14", 16" y 18".

De la ecuación de Darcy-Weisbach se tiene:

$$h_f = f \frac{LV^2}{2gD} = L \left(\frac{8fQ^2}{g\pi^2 D^5} \right) = L(\Delta P/m)$$

Donde:

$$\Delta P/m = \frac{8fQ^2}{g\pi^2 D^5} Pa/m$$

Considerando un arreglo en las variables de la ecuación para tener las unidades en $\Delta P (psi)/100ft$, se realiza lo siguiente:

$$\Delta P/m = \frac{8fQ^2}{g\pi^2 D^5} \times \frac{\rho g \times psi \times m}{6894.76 Pa \times 3.28ft} \times \frac{100}{100}$$

$$\Delta P/100ft = \frac{8 \times \rho \times 100}{\pi^2 \times 6894.76 \times 3.28} \times \frac{fQ^2}{D^5} psi/100ft$$

$$\Delta P/100ft = 3.3815 \times \frac{fQ^2}{D^5} psi/100ft$$

Q : Caudal (m^3/s)

D : Diámetro interno (m)

Los diámetros a analizar son los siguientes:

TABLA N° 3: DIÁMETROS A SER EVALUADOS

Diámetro 1 (\emptyset_1)	8" \emptyset
Diámetro 2 (\emptyset_2)	10" \emptyset
Diámetro 3 (\emptyset_3)	12" \emptyset
Diámetro 4 (\emptyset_4)	14" \emptyset
Diámetro 5 (\emptyset_5)	16" \emptyset
Diámetro 6 (\emptyset_6)	18" \emptyset

Determinación del número de Reynolds

$$R_e = \frac{4 \times Q}{\pi \times D \times v}$$

Ejemplo de cálculo considerando la tubería de diámetro \emptyset_2 :

$$R_e = \frac{4 \times 1500 \frac{barr}{hr}}{\pi \times 10.248 in \times 6.5 \times 10^{-4} \frac{m^2}{s}}$$

Cambio de unidades

$$1 \text{ barr/hr} = 4.416 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$1 \text{ in} = 0.0254 \text{ m}$$

Reemplazado se tiene que el número de Reynolds es:

$$R_e = 509.85$$

Realizando el mismo proceso para los demás diámetros se tiene:

TABLA N° 4: NÚMERO DE REYNOLDS

Reynolds 1 (ϕ_1)	640.11
Reynolds 2 (ϕ_2)	509.85
Reynolds 3 (ϕ_3)	427.93
Reynolds 4 (ϕ_4)	389.21
Reynolds 5 (ϕ_5)	340.58
Reynolds 6 (ϕ_6)	300.51

Debido a que el fluido es laminar, $R_e < 2300$

$$f = \frac{64}{R_e}$$

Ejemplo de cálculo considerando la tubería de diámetro ϕ_2 :

$$f = \frac{64}{509.85}$$

$$f = 0.1255$$

Realizando el mismo proceso para los demás diámetros se tiene:

TABLA N° 5: FACTOR DE FRICCIÓN

Factor de Fricción f_1 (ϕ_1)	0.1000
Factor de Fricción f_2 (ϕ_2)	0.1255
Factor de Fricción f_3 (ϕ_3)	0.1496
Factor de Fricción f_4 (ϕ_4)	0.1644
Factor de Fricción f_5 (ϕ_5)	0.1879
Factor de Fricción f_6 (ϕ_6)	0.2130

Determinación de los $\Delta P/100ft$

$$\Delta P/100ft = 3.3815 \times \frac{fQ^2}{D^5}$$

Ejemplo de cálculo considerando la tubería de diámetro ϕ_2 :

$$\Delta P/100ft = 3.3815 \times \frac{f(1500 \text{ barr/hr})^2}{(10.248 \text{ in})^5}$$

Cambio de unidades

$$1 \text{ barr/hr} = 4.416 \times 10^{-5} \text{ m}^3/s$$

$$1 \text{ in} = 0.0254 \text{ m}$$

Reemplazado se tiene que el $\Delta P/100ft$ es:

$$\Delta P/100ft = 1.7444$$

Realizando el mismo proceso para los demás diámetros se tiene:

TABLA N° 6: CAÍDA DE PRESIÓN POR LONGITUD

$\Delta P/100ft$ de presión 1 (ϕ_1)	4.3338
$\Delta P/100ft$ de presión 2 (ϕ_2)	1.7444
$\Delta P/100ft$ de presión 3 (ϕ_3)	0.8657
$\Delta P/100ft$ de presión 4 (ϕ_4)	0.5924
$\Delta P/100ft$ de presión 5 (ϕ_5)	0.3473
$\Delta P/100ft$ de presión 6 (ϕ_6)	0.2105

En la siguiente tabla se realiza un cuadro de resumen en donde se muestra todos los cálculos realizados en las tablas anteriores concernientes a esta actividad.

TABLA N° 7: CUADRO DE RESUMEN

Diámetro	Reynolds	Factor de Fricción	$\Delta P/100ft$
Pulg.			Psi/100 ft
8	640.11	0.1000	4.3338
10	509.85	0.1255	1.7444
12	427.93	0.1496	0.8657
14	389.21	0.1644	0.5924
16	340.58	0.1879	0.3473
18	300.51	0.2130	0.2105

- **Determinación del Diámetro Óptimo**

- El análisis se realizará en función al criterio de los $\Delta P/100ft$ mencionados en el punto 4.5.11, donde se indica lo siguiente:

TABLA N° 8: RESUMEN DE CAÍDA DE PRESIÓN RECOMENDADA

Servicio	Máximo $\Delta P/100 ft$
Succión de bomba	0.5 psi
Descarga de bomba	2.0 psi

- De los cálculos realizado en el punto anterior (**Determinación de las Perdida de presión por Fricción por longitud**), y con los $\Delta P/100ft$ recomendados se tiene que los diámetros óptimos a utilizar serán los siguientes:

TABLA N° 9: DIÁMETROS DEL SISTEMA DE BOMBEO

Servicio	Diámetro
Succión	16"
Descarga	10"

Si bien para la succión se puede utilizar tubería de 16"Ø, 18"Ø o tuberías de mayor diámetro, se opta por la tubería de 16"Ø por factores económicos. Si bien para la descarga se puede utilizar tubería de 10"Ø, 12"Ø o tuberías de mayor diámetro, se opta por la tubería de 10"Ø por factores económicos.

- **Diseñar el Espesor de tubería**

- La presión de operación a considerar para la determinación del espesor de tuberías será la presión de ingreso en la tubería de descarga en la bomba, debido a que esta presión tiene el máximo valor al cual estará sujeto el sistema de bombeo.

Para el análisis se utilizara la siguiente tabla de longitud equivalente para las perdidas localizadas por accesorios:

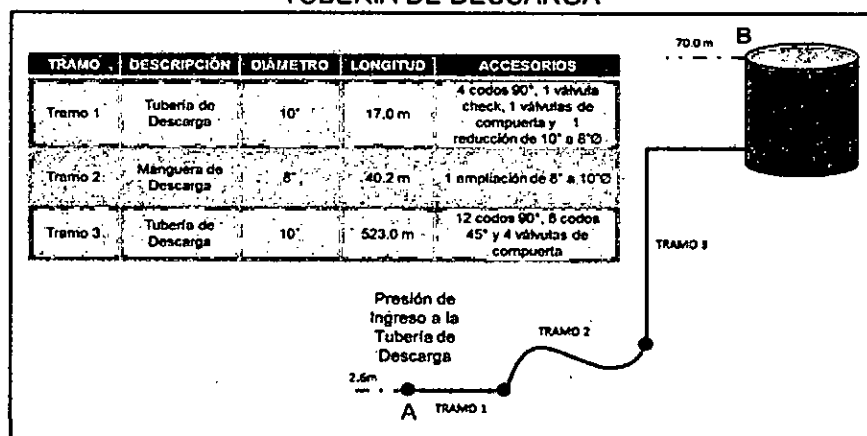
TABLA N° 10: LONGITUD EQUIVALENTE DE ACCESORIOS (METROS)

ACCESORIO	8"	10"	12" a mas
Codo 90°	4	4.9	5.5
Codo 45°	2.7	3.4	4
Válvula	1.2	1.5	1.8
Check	13.7	16.8	19.8
Reducción 10" a 8"	-	5.8	-
Ampliación 8" a 10"	1.819	-	-
Ampliación 10" a 16"	-	5.5	-

Fuente: Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, Crane.

El análisis se realizará en el siguiente esquema:

FIGURA N° 4: DETERMINACIÓN DE PRESIÓN DE INGRESO A LA TUBERÍA DE DESCARGA



Fuente: Elaboración Propia

Considerando la figura N° 4.3, se aplica Principio de Bernoulli en los puntos A y B, los cuales se muestran en el esquema.

$$\frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + h_{f_{TRAMO5}} + h_{f_{TRAMO6}} + h_{f_{TRAMO7}}$$

De donde:

$$P_B = 0 \text{ psig}; V_B = 0 \text{ m/s}; P_A = P_{operación}$$

La ecuación quedaría:

$$\frac{P_{operación}}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B = Z_C + h_{f_{TRAMO5}} + h_{f_{TRAMO6}} + h_{f_{TRAMO7}} \dots (w)$$

Se sabe que:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = f \times \frac{L}{D^5} \times \frac{8Q^2}{\pi^2 g}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$$

Reemplazando y agrupando en (w):

$$P_{operación} = Z_B - Z_A + \frac{8\rho Q^2}{\pi^2} \left(f_5 \frac{L_5}{D_5^5} + f_6 \frac{L_6}{D_6^5} + f_7 \frac{L_7}{D_7^5} - \frac{1}{D_4^4} \right)$$

Debido a que el análisis se realizará con longitudes equivalentes, que $f_5 = f_7$ y que $D_5 = D_7$, la ecuación quedaría:

$$P_{operación} = Z_B - Z_A + \frac{8\rho Q^2}{\pi^2} \left(f_5 \frac{(L_{eq5} + L_{eq7})}{D_5^5} + f_6 \frac{L_{eq6}}{D_6^5} - \frac{1}{D_4^4} \right) \dots (y)$$

Determinación de longitudes equivalentes

Del esquema se tiene que:

$$L_{eq5} = 62.20 \text{ m}$$

$$L_{eq6} = 42.02 \text{ m}$$

$$L_{eq7} = 615.00 \text{ m}$$

Reemplazando las longitudes equivalentes en y, se tiene que:

$$P_{operación} = 931.57 \text{ kPa} = 135.12 \text{ Psig}$$

- El análisis se realizará a la tubería de descarga de 10"Ø debido a que esta tubería se encuentra sujeta a presiones internas mayores con respecto a la tubería de succión.

$$t = \frac{OD \times P_i}{2 \times 0.72 \times E \times Y}$$

Donde:

$$P_i = P_D = 1.05 \times P_{operación} + 25 \text{ psig}$$

$$P_i = 1.05 \times 135.12 \text{ psig} + 25 \text{ psig}$$

$$P_i = 166.88 \text{ psig}$$

También se tiene:

$$OD = 10.748 \text{ in}$$

$$E = 1$$

$$Y = 35,000 \text{ psig}$$

También se tiene:

$$t = \frac{10.748 \text{ in} \times 166.88 \text{ psig}}{2 \times 0.72 \times 1 \times 35,000 \text{ psig}}$$

$$t = 0.0356 \text{ in}$$

De donde el espesor nominal de diseño se determina de la siguiente manera:

$$t_n = t + A$$

Las tolerancias por corrosión serán omitidas debido que se está cumpliendo con lo establecido con el capítulo VIII del ASME B31.4 – 2009 (control de corrosión), ya que se cuenta con control de corrosión interno (raspatubos) y externo (aplicación de pintura).

No se considerará tolerancia por juntas roscadas y ranuradas ya que todas las juntas utilizadas en el proyecto serán soldadas.

Por requerimientos de diseño (Piping Class), se considera una tolerancia de 0.126 in

Por lo tanto:

$$A = 0.126 \text{ in}$$

Con lo que:

$$t_n = 0.0356 \text{ in} + 0.126$$

$$t_n = 0.1616 \text{ in}$$

- **Validación de la Cédula**

- Validación de cédula de tubería:

Se sabe que:

$$t_{10''\emptyset @SCH 40} = 0.365 \text{ in}$$

Según lo especificado en la sección 402.1 del ASME B31.4 – 2009, el ingeniero de diseño podrá prever medidas de protección al diseño de tuberías considerando espesores de tuberías mayores al calculado.

De donde:

$$t_{10''\emptyset @SCH 40} > t$$

Por lo tanto se valida el uso de tubería de 10"Ø con cédula SCH 40.

- **Selección de Válvula de Alivio y Accesorios**

- Válvula de Alivio

El caudal que se empleará para el cálculo de la válvula de alivio de presión (PSV) que se instalará en el sistema de bombeo, será el caudal de operación de la bomba.

Calculo del área efectiva

$$A = \frac{Q}{38 \times K_d \times K_w \times K_c \times K_v} \sqrt{\frac{G}{\Delta P}}$$

Donde:

$$Q = 1050 \text{ gpm}$$

$$K_d = 0.62$$

$$K_c = 1$$

$$K_v = 0.86$$

$$K_p = 1$$

$$K_w = 1$$

$$G = 0.9437$$

$$\Delta P = 1.1 \times P_{DISEÑO} = 1.1 \times 166.88$$

$$\Delta P = 183.56 \text{ Psi.}$$

Reemplazando las variables en la ecuación, se tiene:

$$A = \frac{1050 \text{ gpm}}{38 \times 0.62 \times 1 \times 1 \times 0.86} \sqrt{\frac{0.9437}{183.56 \text{ Psi}}}$$

$$A = 3.715 \text{ in}^2$$

Selección de la válvula de alivio.

La selección de la válvula de alivio será en base al área del orificio determinado, siendo este valor verificado en la figura N° 5 aproximándolo al valor máximo superior por el cual se le designará una letra como parte de la especificación, como se muestra en la siguiente tabla.

FIGURA N° 5: DESIGNACIÓN DE LETRA PARA SELECCIÓN DE VÁLVULA DE ALIVIO

Designation	Effective Orifice Area (square in.)
D	0.110
E	0.196
F	0.307
G	0.503
H	0.785
J	1.287
K	1.838
L	2.853
M	3.60
N	4.34
P	6.38
Q	11.05
R	16.00
T	26.00

Fuente: API Std 526: Válvula de alivio de presión con bridas (5ta Edición-2002)

Las dimensiones de las válvula de alivio se obtendrán de las tablas que se encuentran en el capítulo 5 del API Std 526, para este efecto la válvula sería de 4"Ø por 6"Ø, como se muestra en la siguiente tabla.

FIGURA N° 6: DETERMINACIÓN DE DIMENSIONES DE VÁLVULA DE ALIVIO

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)						Outlet Pressure Limit (1)		Center to Face Dimensions (in.)	
				Conventional and Balanced Bellows Valves									
				Spring Materials (3)									
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel				
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet
Temperature Range, -20°F to 800°F Inclusive													
Carbon Steel	4N6	150	150			285	185	80		285	80	7 3/4	8 1/4
	4N6 (4)	300	150			285	285	285		285	80	7 3/4	8 1/4
	4N6	300	150			720	615	410		285	160	7 3/4	8 3/4
	4N6	600	150			1000	1000	825		285	160	7 3/4	8 3/4
	4N6	900	150					1000		285	160	7 3/4	8 3/4

Fuente: API Std 526: Válvula de alivio de presión con bridas (5ta Edición-2002)

➤ Accesorios

Debido a que los accesorios (válvulas, bridas, filtros, etc.) que se emplearan en el sistema de bombeo estarán sujetos a las siguientes condiciones de operación:

- Temperatura máxima de operación: 30°C
- Presión de operación: 135.12 psig.
- Presión de Diseño: 166.88 psig.
- Presión de prueba hidráulica según ASME B31.4: 208.6 psig.

Se considera que el material a usar será de acero al carbono A 105; por ser un material comercial y de uso común en el rubro de hidrocarburos por sus características compatibles con los productos y su resistencia a altos valores de presión y temperaturas de operación:

FIGURA N° 7: SELECCIÓN DE RATING PARA ACCESORIOS

Table II-2.1.1 Pressure-Temperature Ratings for Group 1.1 Materials							
Nominal Designation	Forgings		Castings		Plates		
C-Si	A 105 (1)		A 216 Gr. WCB (1)		A 515 Gr. 70 (1)		
C-Mn-Si	A 350 Gr. LF2 (1)		...		A 516 Gr. 70 (1), (2)		A 537 Cl. 1 (4)
C-Mn-Si-V	A 350 Gr. LF6 Cl. 1 (3)	
3 1/2 Ni	A 350 Gr. LF 3	
Working Pressures by Classes, psig							
Temp., °F	Class						
	150	300	400	600	900	1500	2500
-20 to 100	785	740	985	1,480	2,220	3,705	6,170
200	260	680	905	1,360	2,035	3,395	5,655
300	230	655	870	1,310	1,965	3,270	5,450
400	200	635	845	1,265	1,900	3,170	5,280
500	170	605	805	1,205	1,810	3,015	5,025
600	140	570	755	1,135	1,705	2,840	4,730
650	125	550	730	1,100	1,650	2,745	4,575
700	110	530	710	1,060	1,590	2,655	4,425
750	95	505	675	1,015	1,520	2,535	4,230
800	80	410	550	825	1,235	2,055	3,430
850	65	320	425	640	955	1,595	2,655
900	50	230	305	460	690	1,150	1,915
950	35	135	185	275	410	685	1,145
1,000	20	85	115	170	255	430	715

NOTES:

- (1) Upon prolonged exposure to temperatures above 800°F, the carbide phase of steel may be converted to graphite. Permissible but not recommended for prolonged use above 800°F.
- (2) Not to be used over 850°F.
- (3) Not to be used over 500°F.
- (4) Not to be used over 700°F.

Fuente: ASME B16.5, Edition 2009.

De donde se verifica que los accesorios que se utilizaran en el sistema de bombeo deberán de ser clase 150#.

El filtro guarda las especificaciones del vendor las cuales se pueden apreciar en el anexo 8.12 (información técnica de filtro).

Las válvulas seleccionadas fueron de tipo compuerta debido a que son válvulas que no presentan vibración, se pueden usar bajo cualquier régimen de temperatura, fácil maniobrabilidad para la apertura y cierre; y las que generan menor caída de presión ya que cuentan con un factor de pérdida (coeficiente de resistencia) inferior a otras válvulas (las válvulas de bolas no serán consideradas por no ser válvula capaz de controlar flujo y generar posibles golpes de ariete), esto se puede verificar en la siguiente tabla:

TABLA N° 11: COEFICIENTE DE RESISTENCIA "K" EN VÁLVULA

ACCESORIO	K
Válvula Angular	2.10
Válvula de Compuerta	0.11
Válvula de Aguja	0.25
Válvula de Globo	4.76
Válvula de Mariposa	0.49

Fuente: Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías, Crane.

4.6.2. Fase 2: Selección de la bomba

Dentro de la Fase 2 se tienen actividades relacionadas con la selección del equipo de bombeo; el proveedor del equipo de bombeo deberá ser un proveedor homologado por la Refinería Iquitos, es por ello que para este análisis se trabajó con el proveedor ITT – Goulds Pump, el cual es el actual proveedor de bombas de la refinería. Las actividades relacionadas a la fase se detallan a continuación:

- **Definición de las Características del fluido**

Para el desarrollo del proyecto se consideró las características del fluido indicadas en el anexo 8.13 (Reporte de Análisis de Crudo):

- Densidad: 943.7 kg/m^3 .
- Viscosidad: 650 cSt.
- Presión de vapor: 0.6 Psia.

– **Definición del Caudal**

- El caudal se estableció según requerimientos del cliente el cual será 1500 Barr/hr .

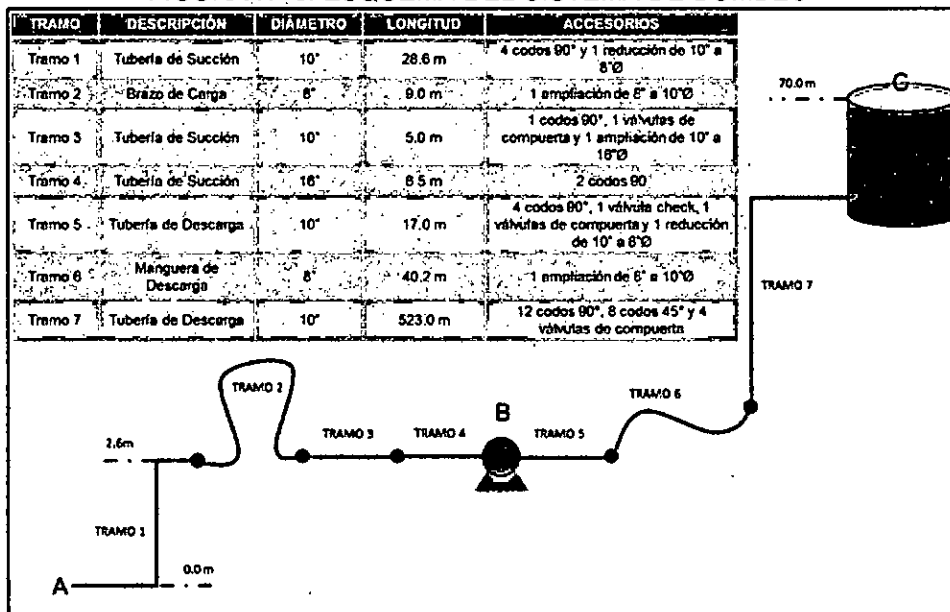
– **Determinación de Presión de succión**

Debido a que se cuenta con accesorios existentes en la tubería de succión del sistema de bombeo (ver anexo 8.8), la determinación de la presión de succión se realizará considerando los accesorios involucrados (arreglo planteado en el anexo 8.8), ya que estos accesorios son de menor diámetro que la tubería de succión seleccionada.

Para el análisis se utilizara la tabla N° 10 (longitud equivalente de accesorios) para las pérdidas localizadas por accesorios:

El análisis se realizará en el siguiente esquema:

FIGURA N° 8: ESQUEMA DEL SISTEMA DE BOMBEO



Fuente: Elaboración Propia

Se aplica Principio de Bernoulli en los puntos A y B, los cuales se muestran en el esquema.

$$\frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + h_{f_{TRAMO 1}} + h_{f_{TRAMO 2}} + h_{f_{TRAMO 3}} + h_{f_{TRAMO 4}}$$

De donde:

$$P_A = 0 \text{ psig}; V_A = 0 \text{ m/s}; Z_A = 0 \text{ m}; P_B = P_S$$

La ecuación quedaría:

$$0 = \frac{P_S}{\rho g} + \frac{V^2_{TRAMO 4}}{2g} + Z_B + h_{f_{TRAMO 1}} + h_{f_{TRAMO 2}} + h_{f_{TRAMO 3}} + h_{f_{TRAMO 4}} \dots (\alpha)$$

Se sabe que:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = f \times \frac{L}{D^5} \times \frac{8Q^2}{\pi^2 g}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$$

Reemplazando y agrupando en (α):

$$P_s = -\frac{8\rho Q^2}{\pi^2} \left(\frac{1}{D^4_4} + \frac{g\pi^2 Z_B}{8Q^2} + f_1 \frac{L_1}{D^5_1} + f_2 \frac{L_2}{D^5_2} + f_3 \frac{L_3}{D^5_3} + f_4 \frac{L_4}{D^5_4} \right)$$

Debido a que el análisis se realizará con longitudes equivalentes, que $f_1 = f_3$ y que $D_1 = D_3$, la ecuación quedaría:

$$P_s = -\frac{8\rho Q^2}{\pi^2} \left(\frac{1}{D^4_4} + \frac{g\pi^2 Z_B}{8Q^2} + f_1 \frac{(L_{eq1} + L_{eq3})}{D^5_1} + f_2 \frac{L_{eq2}}{D^5_2} + f_4 \frac{L_{eq4}}{D^5_4} \right) \dots (\beta)$$

Determinación de longitudes equivalentes

Del esquema se tiene que:

$$L_{eq1} = 54.00 \text{ m}$$

$$L_{eq2} = 10.82 \text{ m}$$

$$L_{eq3} = 16.90 \text{ m}$$

$$L_{eq4} = 17.50 \text{ m}$$

Reemplazando las longitudes equivalentes en β , se tiene que:

$$P_s = -64.19 \text{ kPa} = -9.31 \text{ Psig}$$

- Determinación de Presión de descarga

Considerando la figura N° 4.7, se aplica Principio de Bernoulli en los puntos B y C, los cuales se muestran en el esquema.

$$\frac{P_B}{\rho g} + \frac{V^2_B}{2g} + Z_B = \frac{P_C}{\rho g} + \frac{V^2_C}{2g} + Z_C + h_{f_{TRAMO 5}} + h_{f_{TRAMO 6}} + h_{f_{TRAMO 7}}$$

De donde:

$$P_C = 0 \text{ psig}; V_C = 0 \text{ m/s}; P_B = P_d$$

La ecuación quedaría:

$$\frac{P_d}{\rho g} + \frac{V^2_B}{2g} + Z_B = Z_C + h_{f_{TRAMO 5}} + h_{f_{TRAMO 6}} + h_{f_{TRAMO 7}} \dots (\gamma)$$

Se sabe que:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = f \times \frac{L}{D^5} \times \frac{8Q^2}{\pi^2 g}$$
$$\frac{V^2}{2g} = \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$$

Reemplazando y agrupando en (γ):

$$P_d = Z_C - Z_B + \frac{8\rho Q^2}{\pi^2} \left(f_5 \frac{L_5}{D^5_5} + f_6 \frac{L_6}{D^5_6} + f_7 \frac{L_7}{D^5_7} - \frac{1}{D^4_4} \right)$$

Debido a que el análisis se realizará con longitudes equivalentes, que $f_5 = f_7$ y que $D_5 = D_7$, la ecuación quedaría:

$$P_S = Z_C - Z_B + \frac{8\rho Q^2}{\pi^2} \left(f_5 \frac{(L_{eq5} + L_{eq7})}{D^5_5} + f_6 \frac{L_{eq6}}{D^5_6} - \frac{1}{D^4_4} \right) \dots (\delta)$$

Determinación de longitudes equivalentes

Del esquema se tiene que:

$$L_{eq5} = 62.20 \text{ m}$$

$$L_{eq6} = 42.02 \text{ m}$$

$$L_{eq7} = 615.00 \text{ m}$$

Reemplazando las longitudes equivalentes en δ , se tiene que:

$$P_d = 931.57 \text{ kPa} = 135.12 \text{ Psig}$$

- **Determinación de TDH**

De los puntos anteriores se tiene que:

$$P_S = -9.31 \text{ Psig}$$

$$P_d = 135.12 \text{ Psig}$$

Se sabe que:

$$TDH = P_d - P_S$$

$$TDH = 135.12 \text{ Psig} - (-9.31 \text{ Psig})$$

$$TDH_{SIST} = 144.43 \text{ Psi}$$

Para efectos de selección se utilizará:

$$TDH_{SIST} = 150 \text{ Psi}$$

- **Determinación del NPSH Disponible**

El NPSH disponible se determinará con la siguiente ecuación:

$$NPSH_d = \frac{P_a}{\rho g} - H_a - h_f - \frac{P_v}{\rho g}$$

Donde:

$$P_a = 101325 \text{ Pa}$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$H_a = 2.6 \text{ m}$$

$$h_f = 4.3 \text{ m}$$

$$P_v = 0.6 \text{ Psia} = 4136.85 \text{ Pa}$$

En la ecuación

$$NPSH_d = \frac{101325 \text{ Pa}}{943.7 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2} - 2.6 \text{ m} - 4.3 \text{ m} - \frac{4136.85 \text{ Pa}}{943.7 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2}$$
$$NPSH_d = 3.58 \text{ m}$$

- **Análisis de Corrección por Viscosidad**

El análisis de corrección de viscosidad, es la corrección de las curvas de una bomba centrífuga con respecto a la viscosidad con la que se va a trabajar. Se debe tener en cuenta que las curvas mostradas por los fabricantes tienen como referencia de fluido al agua, esto significa que cada vez que se trabaje con un fluido de diferente viscosidad se van a tener que realizar las correcciones necesarias en las curvas para el punto de operación:

- Aumento de potencia requerida
- Reducción de altura de bombeo

➤ Reducción de caudal

Las Bombas Centrifugas son generalmente “bien” aplicadas en servicios con fluidos de viscosidades $< 660 \text{ cst}$, pudiendo llegar hasta los 3300 cst un valor conservador máximo es de 1000 cst . Sin embargo, el bombeo de fluidos viscosos se hace generalmente con BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO.

En muchas aplicaciones, sobre todo la petrolera, un factor importante en la selección de la bomba es la viscosidad del líquido, para poder dimensionar correctamente el equipo se debe conocer los siguientes parámetros:

- Caudal: 1050 gpm
- TDH: 150 psi
- Viscosidad: 650 cSt

Con los parámetros se ingresa al gráfico que se muestra en el anexo 8.2 (Gráfico de corrección de viscosidad), de donde se obtiene los siguientes coeficientes:

$$C_Q = 92\%$$

$$C_H = 89\%$$

$$C_n = 53.5\%$$

Donde:

C_Q : Factor de corrección de caudal

C_H : Factor de corrección de TDH

C_n : Factor de corrección de eficiencia

Como parte del proceso de selección de los equipos de bombeo y desarrollo del proyecto, se solicitó al fabricante la curva de una bomba centrífuga que cumpla con los requerimientos de presión y caudal la cual deberá ser corregida a las condiciones de viscosidad. (Ver curva en el anexo 8.3 hoja de datos de bomba centrífuga)

Los coeficientes determinados en el gráfico de corrección de viscosidad indican lo siguiente:

- El caudal se verá afectado en un 92%
- El TDH se verá afectado en un 89%
- La eficiencia se verá afectado en un 53.5%

– **Realización de Selección por Análisis Técnico**

El análisis técnico se enfoca en la determinación y la comparación de los valores de potencia en la utilización de una bomba centrífuga aplicando los valores de corrección por viscosidad y una bomba de desplazamiento positivo fabricada para trabajar con esa viscosidad, bajo el régimen de operación indicado.

- Bomba Centrífuga

$$P_{bBC} = \frac{\rho \times g \times Q \times TDH}{n_b \times 1000} \text{ (kW)}$$

Donde:

$$n_b = C_n \times n_w$$

C_n : Factor de corrección de eficiencia

n_w : 60.5%, eficiencia de la bomba (se obtiene del anexo 8.3 hoja de datos de bomba centrífuga, valor del máximo punto de eficiencia)

Por lo tanto:

$$P_{bBC} = \frac{943.7 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.0662 \text{ m}^3/\text{s} \times 111.714 \text{ m}}{0.605 \times 0.535 \times 1000}$$

$$P_{bBC} = 211.65 \text{ kW}$$

$$P_{bBC} = 283.83 \text{ HP}$$

- Bomba de Desplazamiento Positivo

$$P_{bBDP} = \frac{\rho \times g \times Q \times TDH}{n_b \times 1000} \text{ (kW)}$$

n_b : 67.8%, eficiencia de la bomba (se obtiene del anexo 8.4 hoja de datos de bomba de desplazamiento positivo)

Por lo tanto:

$$P_{bBDP} = \frac{943.7 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.0662 \text{ m}^3/\text{s} \times 111.714 \text{ m}}{0.678 \times 1000}$$

$$P_{bBDP} = 101.05 \text{ kW}$$

$$P_{bBDP} = 135.51 \text{ HP}$$

- Del análisis realizado se tiene que la potencia de la bomba centrífuga es 283.83 HP, mientras que la potencia de la bomba de desplazamiento positivo es 135.51 HP.

– **Realización de Selección por Análisis Energético**

El análisis energético nos permitirá determinar el comportamiento de los equipos de bombeo y los consumos de energía de cada una de ellas, el valores de energía de traducirán en consumos de combustible y una flujo económico.

Una vez determinado los valores energéticos y económicos se realizará un análisis comparativo para verificar cuál de las bombas resulta ser más eficiente para este caso.

Para efectos del análisis energético se considerará los siguientes criterios:

- El accionamiento de la bomba centrífuga y de desplazamiento positivo será por un motor de combustión interna (Motor accionado por Diésel).
- Entre el motor y la bomba se tendrá una caja reductora de velocidad.
- Se recibirán en el muelle 4 barcazas por día. Las barcazas tendrán una capacidad de 1500 m³.
- Solo se recibirán barcazas los días miércoles y sábados.

- Las descargas de las 4 barcazas se podrán realizar en un plazo máximo de 2 días, teniendo en cuenta que el vaciado de cada barcaza toma aproximadamente 6.25 horas.
- El análisis se realizará contemplando un año de funcionamiento.
- ❖ Bomba Centrífuga

$$P_M = \frac{P_b}{n_{C.R.} \times n_m}$$

Donde:

P_M : Potencia del motor (HP)

P_b : Potencia de la bomba (HP)

$n_{C.R.}$: Eficiencia de caja reductora de velocidad (70%)

n_m : Eficiencia mecánica (45%)

$$P_M = 901.05 \text{ HP}$$

Se sabe que:

$$\dot{m} = \frac{P_M}{PC}$$

\dot{m} : Flujo másico de combustible (kg/s)

P_M : Potencia del motor (kW)

PC : Poder calorífico inferior del diésel 43.1 MJ/kg

$$\dot{m} = 0.0156 \text{ kg/s}$$

Sabiendo que:

ρ : Densidad del combustible diésel es 870 kg/m^3

$$q = 1.8 \times 10^{-5} \text{ m}^3/s$$

$$q = 0.284 \text{ gpm}$$

El consumo de combustible en un año se determinara considerando que semanalmente se descargarán 8 barcazas, 4 barcazas se descargarán entre los días miércoles y jueves y las otras 4 barcazas se descargarán entre los días sábados y domingos, el tiempo de descarga de cada barcaza es de 6.25 horas.

De donde se tiene que el consumo de combustible en un año sería:

$$\text{Consumo}_{\text{anual}} = 0.284 \frac{\text{gln}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{min}}{\text{h}} \times \frac{12.5 \text{h}}{\text{día}} \times \frac{4 \text{días}}{\text{semana}} \times \frac{52 \text{semanas}}{\text{año}}$$

$$\text{Consumo}_{\text{anual}} = 44,307.64 \frac{\text{gln}}{\text{año}}$$

Considerando que el galón de diésel tiene un costo de s/ 10.00

$$\text{GASTO}_{BC} = \text{Precio}_{\text{Combustible}} \times \text{Consumo}_{\text{anual}}$$

$$\text{GASTO}_{BC} = 10 \frac{\text{s/}}{\text{gln}} \times 44,307.64 \frac{\text{gln}}{\text{año}}$$

$$\text{GASTO}_{BC} = 443,076.45 \frac{\text{s/}}{\text{año}}$$

❖ Bomba de Desplazamiento Positivo

$$P_M = \frac{P_b}{n_{C.R.} \times n_m}$$

Donde:

P_M : Potencia del motor (HP)

P_b : Potencia de la bomba (HP)

$n_{C.R.}$: Eficiencia de caja reductora de velocidad (70%)

n_m : Eficiencia mecánica (45%)

$$P_M = 430.2 \text{ HP}$$

Se sabe que:

$$\dot{m} = \frac{P_M}{PC}$$

\dot{m} : Flujo másico de combustible (kg/s)

P_M : Potencia del motor (kW)

PC : Poder calorífico del diésel $43.1 \text{ MJ}/kg$

$$\dot{m} = 0.00744 \text{ kg/s}$$

Sabiendo que:

ρ : Densidad del combustible es $870 \text{ kg}/m^3$

$$q = 8.6 \times 10^{-6} \text{ m}^3/s$$

$$q = 0.1356 \text{ gpm}$$

El consumo de combustible en un año se determinara considerando que semanalmente se descargarán 8 barcazas, 4 barcazas se descargarán entre los días miércoles y jueves y las otras 4 barcazas se descargarán entre los días sábados y domingos, el tiempo de descarga de cada barcaza es de 6.25 horas.

De donde se tiene que el consumo de combustible en un año sería:

$$\text{Consumo}_{\text{anual}} = 0.1356 \frac{\text{gln}}{\text{min}} \times \frac{60 \text{ min}}{\text{h}} \times \frac{12.5 \text{ h}}{\text{día}} \times \frac{4 \text{ días}}{\text{semana}} \times \frac{52 \text{ semanas}}{\text{año}}$$

$$\text{Consumo}_{\text{anual}} = 21,153.96 \frac{\text{gln}}{\text{año}}$$

Considerando que el galón de diésel tiene un costo de $s/ 10.00$

$$\text{GASTO}_{BDP} = \text{Precio}_{\text{Combustible}} \times \text{Consumo}_{\text{anual}}$$

$$\text{GASTO}_{BDP} = 10 \frac{s/}{\text{gln}} \times 21,153.96 \frac{\text{gln}}{\text{año}}$$

$$\text{GASTO}_{BDP} = 211,539.62 \frac{s/}{\text{año}}$$

➤ El ahorro con respecto a consumo de combustible en un año sería:

$$\text{AHORRO} = \text{GASTO}_{BC} - \text{GASTO}_{BDP}$$

$$AHORRO = 443,076.45 \frac{\$/}{año} - 211,539.62 \frac{\$/}{año}$$

$$AHORRO = 231,536.83 \frac{\$/}{año}$$

- Realización de Selección por Análisis Económico

Debido a que se tiene como análisis general una bomba centrífuga y una bomba de desplazamiento positivo y que a petición del cliente el sistema de bombeo deberá de tener una operatividad autónoma, bien sea directamente autónomo o dependiente (indirectamente autónomo), se realizará el análisis económico considerando el tipo de bomba a utilizar y los dos tipos de sistemas de operatividad (autónomo o dependiente).

Para el análisis económico se considerará que para el motor de combustión interna como el motor eléctrico, deberán de contar con un medio de reducción de velocidad. Esto debido a que las bombas de desplazamiento positivo al ser bombas volumétricas tienen velocidades bajas, inferiores a la de los motores de combustión interna y motor eléctrico

- Bomba centrífuga con accionamiento mediante motor de combustión interna (Directamente Autónomo)

La bomba será impulsada mediante un motor de combustión interna (motor accionado por diésel), el conjunto bomba-motor de combustión interna deberá cumplir con los requerimientos de áreas clasificadas.

El sistema contará con los siguientes equipos (equipos generales):

- Bomba Centrífuga
- Motor de Combustión Interna
- Tanque de Combustible
- Caja Reductora de velocidad

**TABLA N° 12: COSTO ESTIMADO BOMBA CENTRIFUGA CON
MOTOBOMBA**

Ítem	Descripción	Precio Total
1	Goulds Pumps, 1,500 bph, 150 psi, NPSHR =9.0 ft @ 1,500 bph, 650 Cst.	220,245.00
2	Diesel Engine: Cummins QSM Zone 2 or CAT C15 Zone 2	380,000.00
3	Gear Box, COTTA Gear GR16E.	115,224.00
4	Engineering, Baseplate manufacturing, Couplings, Assembly & Alignment, Quality Assurance & Documentation	75,000.00
Precio Total US\$		790,469.00

Fuente: Propuesta Económica – Goulds Pumps NY Inc Sucursal del Perú

➤ **Bomba centrífuga con accionamiento mediante motor eléctrico
(Indirectamente Autónomo)**

La bomba será impulsada mediante un motor de eléctrico, el equipo bomba-motor deberá de cumplir con los requerimientos de áreas clasificadas, el sistema contara con un generador eléctrico independiente el cual abastecerá de energía al motor.

El sistema contara con los siguientes equipos (equipos generales):

- Bomba Centrífuga
- Motor Eléctrico
- Variador de Velocidad
- Generador

TABLA N° 13: COSTO ESTIMADO BOMBA CENTRIFUGA CON MOTOR ELÉCTRICO - GENERADOR

Ítem	Descripción	Precio Total
1	Goulds Pumps, 1,500 bph, 150 psi, NPSHR =9.0 ft @ 1,500 bph, 650 Cst.	220,245.00
2	900 hp Class 1, Div 2, 1200 RPM Electric Motor: Gould's Choice among Weg, Toshiba, US Motors, Baldor	100,000.00
3	Baseplate, Coupling, Accessories, Assembly & Alignment	50,825.00
4	900 hp PumpSmart VFD over ACS800 Platform, 6-Pulse with Reactor, in IP55 Floor Standing Cabinet	53,330.00
5	690 kW Prime Rating, Cummins Diesel Engine Driven Electric Generator, with Enclosure	200,230.00
Precio Total US\$		624,630.00

Fuente: Propuesta Económica – Goulds Pumps-NY Inc Sucursal del Perú

- Bomba de desplazamiento positivo con accionamiento mediante motor de combustión interna (Directamente Autónomo)

La bomba será impulsada mediante un motor de combustión interna (motor accionado por diésel), el conjunto bomba–motor de combustión interna deberá cumplir con los requerimientos de áreas clasificadas.

El sistema contara con los siguientes equipos (equipos generales):

- Bomba de Desplazamiento Positivo
- Motor de Combustión Interna
- Tanque de Combustible
- Caja Reductora de velocidad

TABLA N° 14: COSTO ESTIMADO BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO CON MOTOBOMBA

Ítem	Descripción	Precio Total
1	Bornemann HC 300-46, 1,500-2,000 bph, 11 bar, NPSHR =1.8 m @ 1,500 bph, 2.1 m @ 2,000 bph. 650 Cst.	111,580.00
2	Diesel Engine: Cummins QSM Zone 2 or CAT C15 Zone 2	200,000.00
3	Gear Box, COTTA Gear GR16E.	82,308.00
4	Engineering, Baseplate manufacturing, Couplings, Assembly & Alignment; Quality Assurance & Documentation	63,077.00
Precio Total US\$		456,965.00

Fuente: Propuesta Económica – Goulds Pumps NY Inc Sucursal del Perú

➤ **Bomba de Desplazamiento Positivo con accionamiento mediante motor eléctrico (Indirectamente Autónomo)**

La bomba será impulsada mediante un motor de eléctrico, el equipo bomba-motor deberá de cumplir con los requerimientos de áreas clasificadas, el sistema contara con un generador eléctrico independiente el cual abastecerá de energía al motor.

El sistema contara con los siguientes equipos (equipos generales):

- Bomba de Desplazamiento Positivo
- Motor Eléctrico
- Variador de Velocidad
- Generador

TABLA N° 15: COSTO ESTIMADO BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO CON MOTOR ELÉCTRICO - GENERADOR

Ítem	Descripción	Precio Total
1	Bornemann HC 300-46, 1,500-2,000bph, 11 bar, NPSHR =1.8 m @ 1,500 bph, 2.1 m @ 2,000bph. 650 Cst.	117,780.00
2	400 hp Class 1, Div 2, 1200 RPM Electric Motor: Gould's Choice among Weg, Toshiba, US Motors, Baldor	34,637.00
3	Baseplate, Coupling, Accessories, Assembly & Alignment	31,538.00
4	450 hp PumpSmart VFD over ACS800 Platform, 6-Pulse with Reactor, in IP55 Floor Standing Cabinet	37,207.00
5	410 kW Prime Rating, Cummins Diesel Engine Driven Electric Generator, with Enclosure	105,653.00
Precio Total US\$		326,815.00

Fuente: Propuesta Económica – Goulds Pumps NY Inc Sucursal del Perú

➤ **Comparativo económico**

TABLA N° 16: COMPARATIVO ECONÓMICO

TIPO DE BOMBA	TIPO DE ACCIONAMIENTO	PRECIO
BOMBA CENTRIFUGA	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	\$ 790,469.00
	MOTOR ELÉCTRICO - GENERADOR	\$ 624,630.00
BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA	\$ 456,965.00
	MOTOR ELÉCTRICO - GENERADOR	\$ 326,815.00

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla N° 16 se puede apreciar los costos implicados por cada tipo de bomba y el accionamiento de la misma, para este proyecto lo más conveniente es el uso de una bomba de desplazamiento positivo con un motor eléctrico; con un generador dedicado.

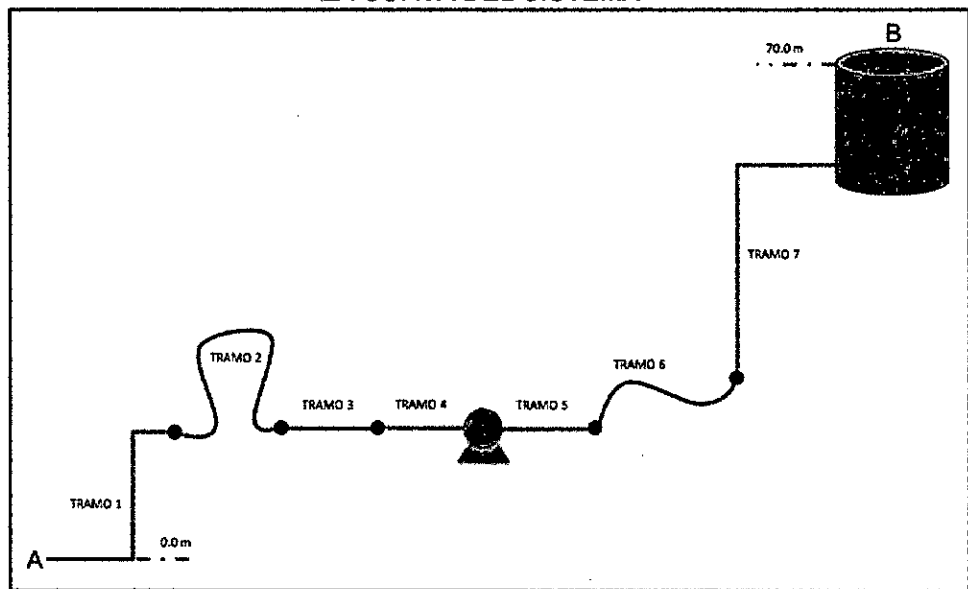
4.6.3. Fase 3: Determinación del punto de operación

Dentro de la Fase 3 se tienen actividades, las cuales se detallan a continuación:

- **Realización de la Curva del sistema**

El análisis se realizará en el siguiente esquema:

FIGURA N° 9: ESQUEMA DE SISTEMA DE BOMBEO - DETERMINACIÓN DE LA CURVA DEL SISTEMA



Fuente: Elaboración Propia

Se aplica Principio de Bernoulli en los puntos A y B, los cuales se muestran en el esquema.

$$\begin{aligned} \frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A + H_{SIS} \\ = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + h_{f_{TRAMO 1}} + h_{f_{TRAMO 2}} + h_{f_{TRAMO 3}} + h_{f_{TRAMO 4}} \\ + h_{f_{TRAMO 5}} + h_{f_{TRAMO 6}} + h_{f_{TRAMO 7}} \end{aligned}$$

De donde:

$$P_A = 0 \text{ psig}; P_B = 0 \text{ psig}; V_A = 0 \text{ m/s}; V_B = 0 \text{ m/s}; Z_A = 0 \text{ m}$$

La ecuación quedaría:

$$H_{SIS} = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + h_{f_{TRAMO1}} + h_{f_{TRAMO2}} + h_{f_{TRAMO3}} + h_{f_{TRAMO4}} \\ + h_{f_{TRAMO5}} + h_{f_{TRAMO6}} + h_{f_{TRAMO7}} \dots (\delta)$$

Se sabe que:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = f \times \frac{L}{D^5} \times \frac{8Q^2}{\pi^2 g}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$$

Reemplazando y agrupando en (δ):

$$H_{SIS} = Z_B + \frac{8Q^2}{g\pi^2} \left(f_1 \frac{L_1}{D_1^5} + f_2 \frac{L_2}{D_2^5} + f_3 \frac{L_3}{D_3^5} + f_4 \frac{L_4}{D_4^5} + f_5 \frac{L_5}{D_5^5} + f_6 \frac{L_6}{D_6^5} \right. \\ \left. + f_7 \frac{L_7}{D_7^5} \right)$$

Debido a que el análisis se realizará con longitudes equivalentes, que $f_1 = f_3 = f_5 = f_7$, $f_2 = f_6$ y que $D_1 = D_3 = D_5 = D_7$, $D_2 = D_6$ la ecuación quedaría:

$$H_{SIS} = Z_B + \frac{8Q^2}{g\pi^2} \left(f_1 \frac{(L_{eq1} + L_{eq3} + L_{eq5} + L_{eq7})}{D_1^5} + f_2 \frac{(L_{eq2} + L_{eq6})}{D_2^5} \right. \\ \left. + f_4 \frac{L_4}{D_4^5} \right)$$

Reemplazando datos se tiene:

$$H_{SIS} = 70 + 8574.82Q^2$$

Donde:

H_{SIS} = Altura del Sistema (m)

Q = Caudal (m^3/s)

La ecuación también se puede escribir:

$$H_{SIS} = 93.99 + 4.58322 \times 10^{-5}Q^2$$

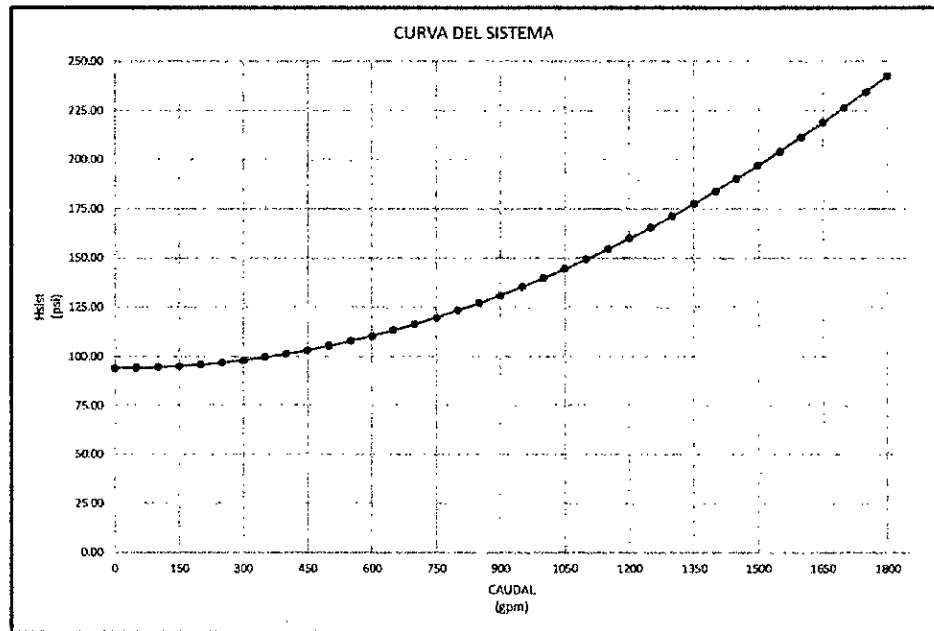
Donde:

H_{SIS} = Altura del Sistema (psi)

Q = Caudal (gpm)

La curva del sistema sería:

FIGURA N° 10: CURVA DEL SISTEMA

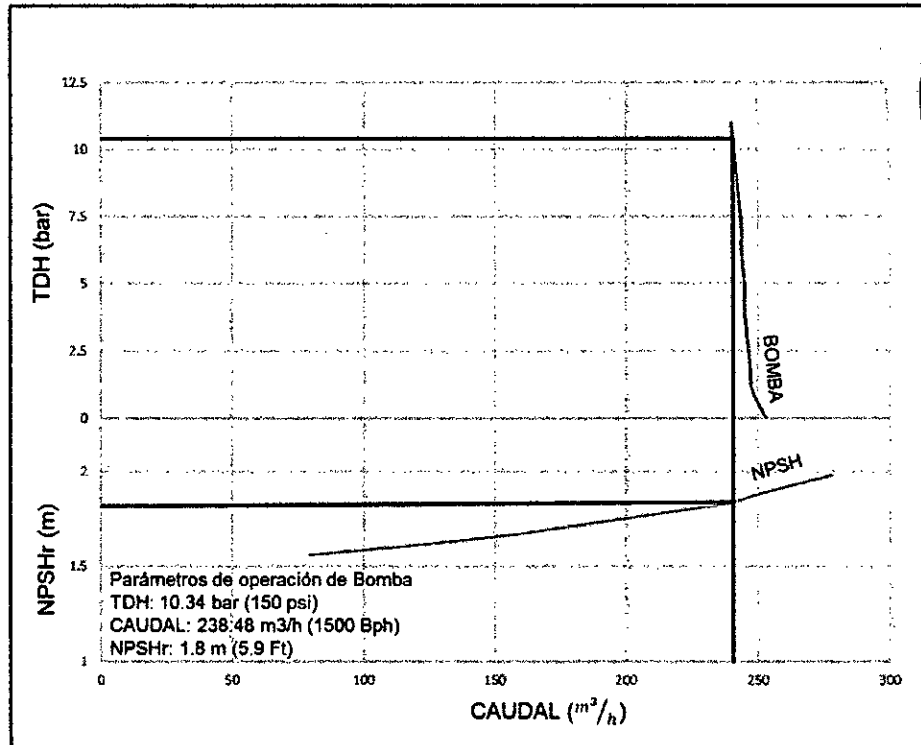


Fuente: Elaboración Propia

- **Análisis de la Curva de la Bomba Seleccionada**

De los análisis realizados tanto técnico, energético y económico, la bomba a utilizar para el sistema de bombeo será de desplazamiento positivo, los detalles de la bomba se encuentran en el anexo 8.4 (curva de bomba de desplazamiento positivo), de donde se obtiene las curvas de Potencia, NSPHr y Caudal, las cuales se muestran a continuación:

FIGURA N° 11: CURVAS CARACTERÍSTICAS DE BOMBA SELECCIONADA

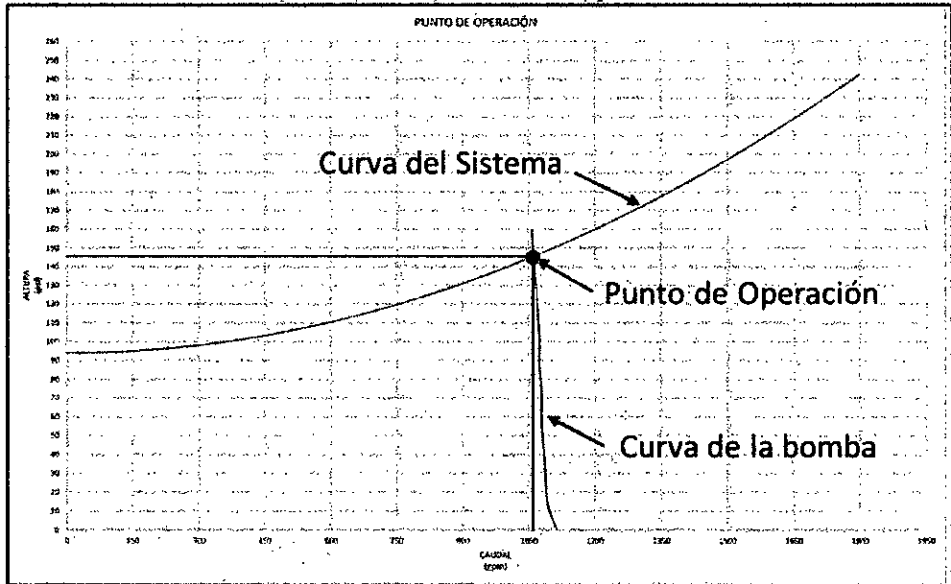


Fuente: Propuesta Económica – Goulds Pumps NY Inc Sucursal del Perú

- *Determinación del Punto de Operación*

Realizando la intersección entre la curva del sistema y la curva de la bomba de desplazamiento positivo seleccionada, se visualizara el punto de operación del sistema, él que se muestra a continuación:

FIGURA N° 12: PUNTO DE OPERACIÓN



Fuente: Elaboración Propia

Siendo los puntos de operación

$$Q_o = 1054 \text{ gpm}$$

$$TDH = P_o = 145 \text{ psi}$$

4.6.4. Fase 4: Análisis hidráulico comparativo respecto a un crudo más liviano

La Refinería Iquitos trabaja con una variedad de crudos, siendo el más liviano el de 21.8 API (ver especificación del crudo en el Anexo 8.16), por lo cual en esta fase es importante realizar un análisis comparativo del funcionamiento del sistema diseñado con respecto al crudo más liviano de la refinería; con la finalidad de brindarle a la refinería una alternativa adicional de transporte del crudo más liviano.

Dentro de la Fase 4 se tienen actividades, las cuales se detallan a continuación:

- **Definición de las Características del fluido**

Para el desarrollo del proyecto se consideró las características del fluido indicadas en el anexo 8.16 (Reporte de Análisis de Crudo Liviano)

- API a 60°F: 21.8 °API
- Densidad: 923.026 kg/m^3 .
- Viscosidad: 220.8 cSt.
- Presión de vapor: 1.9 Psia.

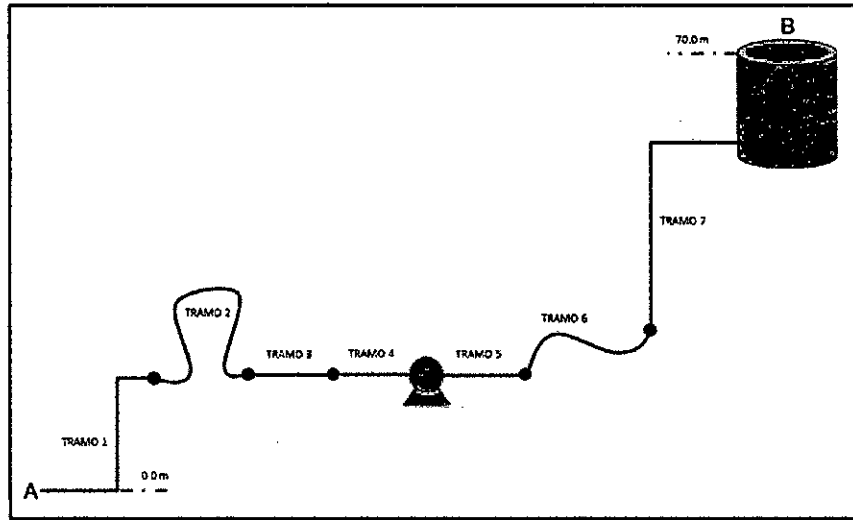
- **Definición de Caudal**

El caudal se estableció según requerimientos del cliente el cual será 1500 Barr/hr .

- **Realización de la Curva del Sistema**

El análisis se realizará en el siguiente esquema:

FIGURA N° 13: ESQUEMA DEL SISTEMA DE BOMBEO - DETERMINACIÓN DE CURVA DEL SISTEMA CON PARÁMETROS MODIFICADOS



Fuente: Elaboración Propia

Se aplica Principio de Bernoulli en los puntos A y B, los cuales se muestran en el esquema.

$$\frac{P_A}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} + Z_A + H_{SIS} = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + h_{f_{TRAMO 1}} + h_{f_{TRAMO 2}} + h_{f_{TRAMO 3}} + h_{f_{TRAMO 4}} + h_{f_{TRAMO 5}} + h_{f_{TRAMO 6}} + h_{f_{TRAMO 7}}$$

De donde:

$$P_A = 0 \text{ psig}; P_B = 0 \text{ psig}; V_A = 0 \text{ m/s}; V_B = 0 \text{ m/s}; Z_A = 0 \text{ m}$$

La ecuación quedaría:

$$H_{SIS} = \frac{P_B}{\rho g} + \frac{V_B^2}{2g} + Z_B + h_{f_{TRAMO 1}} + h_{f_{TRAMO 2}} + h_{f_{TRAMO 3}} + h_{f_{TRAMO 4}} + h_{f_{TRAMO 5}} + h_{f_{TRAMO 6}} + h_{f_{TRAMO 7}} \dots (\delta)$$

Se sabe que:

$$h_f = f \times \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g} = f \times \frac{L}{D^5} \times \frac{8Q^2}{\pi^2 g}$$

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{8Q^2}{\pi^2 g D^4}$$

Reemplazando y agrupando:

$$H_{SIS} = Z_B + \frac{8Q^2}{g\pi^2} \left(f_1 \frac{L_1}{D^5_1} + f_2 \frac{L_2}{D^5_2} + f_3 \frac{L_3}{D^5_3} + f_4 \frac{L_4}{D^5_4} + f_5 \frac{L_5}{D^5_5} + f_6 \frac{L_6}{D^5_6} + f_7 \frac{L_7}{D^5_7} \right)$$

Debido a que el análisis se realizará con longitudes equivalentes, que $f_1 = f_3 = f_5 = f_7$, $f_2 = f_6$ y que $D_1 = D_3 = D_5 = D_7$, $D_2 = D_6$ la ecuación quedaría:

$$H_{SIS} = Z_B + \frac{8Q^2}{g\pi^2} \left(f_1 \frac{(L_{eq1} + L_{eq3} + L_{eq5} + L_{eq7})}{D^5_1} + f_2 \frac{(L_{eq2} + L_{eq6})}{D^5_2} + f_4 \frac{L_4}{D^5_4} \right)$$

Reemplazando datos se tiene:

$$H_{SIS} = 70 + 2912.80Q^2$$

Donde:

H_{SIS} = Altura del Sistema (m)

Q = Caudal (m^3/s)

La ecuación también se puede escribir:

$$H_{SIS} = 91.93 + 1.5228 \times 10^{-5}Q^2$$

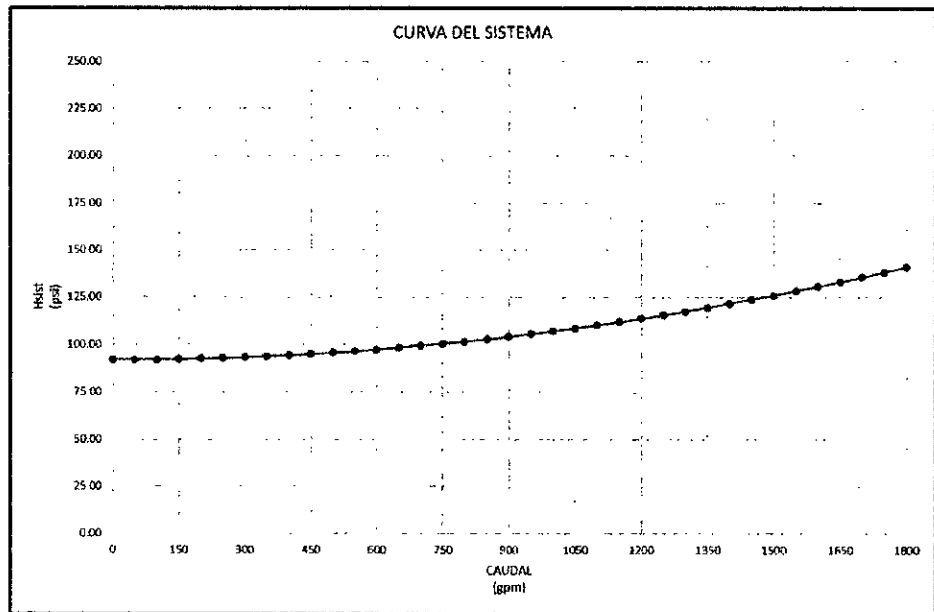
Donde:

H_{SIS} = Altura del Sistema (psi)

Q = Caudal (gpm)

La curva del sistema sería:

FIGURA N° 14: CURVA DEL SISTEMA CON PARÁMETROS MODIFICADOS

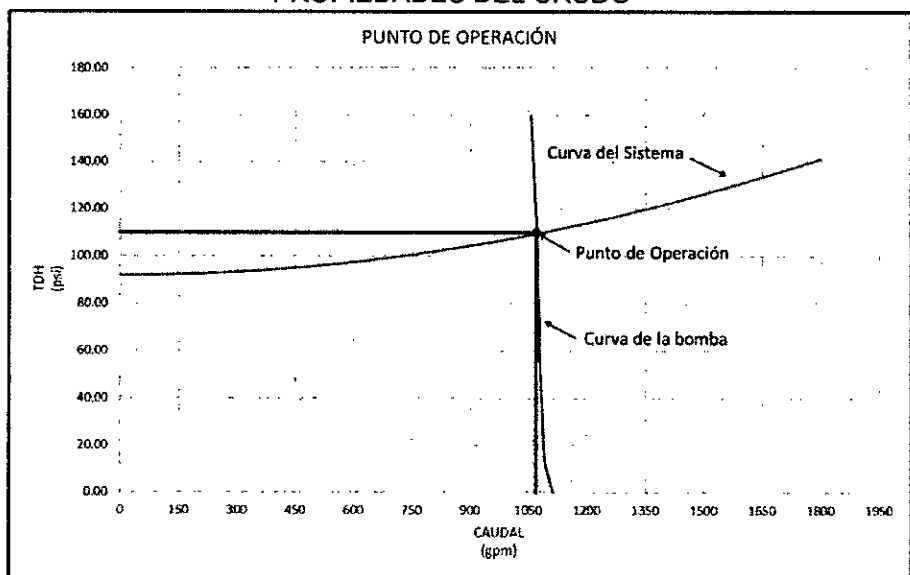


Fuente: Elaboración Propia.

- Determinación del punto de Operación

Realizando la intersección entre la curva del sistema y la curva de la bomba de desplazamiento positivo seleccionada, se visualizará el punto de operación del sistema, el que se muestra a continuación:

FIGURA N° 15: PUNTO DE OPERACIÓN CON DIFERENTES PROPIEDADES DEL CRUDO



Fuente: Elaboración Propia

Siendo los puntos de operación:

$$Q_o = 1057.5 \text{ gpm}$$

$$TDH = P_o = 110 \text{ psi}$$

- Análisis de la Curva de la Bomba Seleccionada

Debido a que los parámetros de operación de la bomba seleccionada están por encima de los parámetros de operación del sistema, como se puede observar en la tabla N° 17:

TABLA N° 17: COMPARACIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN

Parámetros de Operación	Bomba Seleccionada	Comportamiento Sistema
CAUDAL	1500 <i>bph</i>	1500 <i>bph</i>
TDH	150 <i>psi</i>	110 <i>psi</i>
NPSH	$NPSH_r$: 5.9 <i>ft</i>	$NPSH_d$: 10 <i>ft</i>

Fuente: Elaboración Propia

La bomba seleccionada no tendría complicación al bombear crudo con viscosidades menores a 650 cSt.

V. EVALUACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICO

De los análisis realizados anteriormente (análisis técnico, análisis energético y análisis económico), el sistema de bombeo a utilizar será un sistema indirectamente autónomo el cual estará comprendido por una bomba de desplazamiento positivo, un variador de velocidad, un motor eléctrico y un generador, los cuales se considerarán para la evaluación económica.

Los accesorios se cuantificaran de los planos de planta y de los planos de detalles constructivos (ver anexo 8.5 y anexo 8.8).

La Evaluación Técnico Económico contemplara la habilitación del muelle, la instalación de los equipos, la construcción de los componentes del sistema de bombeo, el pre comisionado y el comisionado referente al proyecto.

También se podrá verificar que el mayor costo del sistema de bombeo es tomado por el equipo bombeo, siendo este otro factor decisivo para la selección. Hay que tener en cuenta que este sistema de bombeo cumple técnica, energética y económicamente con los requerimientos del clientes además de contar con equipos homologados para le refinería.

La evaluación Económica detallada se muestra en el anexo 8.11.

TABLA N° 18: EVALUACIÓN TÉCNICO – ECONÓMICO

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO TOTAL (US\$)
RESUMEN					
1.00	General (PRECOM, COM. Y OTROS)				20,300.00
1.10	Trazo y Replanteo	Glb	1.0	1,500.00	1,500.00
1.20	Elaboración de dossier de calidad(Incluye As Built)	Glb	1.0	2,300.00	2,300.00
1.30	Pruebas y Puesta en Marcha	Glb	1.0	1,500.00	1,500.00
1.40	Gestión, Supervisión y Seguridad del Proyecto	Glb	1.0	5,000.00	5,000.00
1.50	Transporte de Equipos y/o materiales	Glb	1.0	5,000.00	10,000.00
2.00	Procura de Equipos				326,815.00
2.10	Bomba + Motor + Smart Pump + Generador	Glb	1.0	326,815.00	326,815.00
3.00	Mecánica				103,560.92
3.10	Desmontaje de Equipos y Tuberías	Glb	1.0	1,567.00	1,567.00
3.20	Fabricación de Tuberías	Glb	1.0	68,493.92	68,493.92
3.30	Montaje de Equipos y Tuberías	Glb	1.0	33,500.00	33,500.00
4.00	Materiales Mecánicos				83,393.16
4.10	Tuberías y Accesorios	Glb	1.0	81,804.21	81,804.21
4.20	Soportes	Glb	1.0	1,588.95	1,588.95
5.00	Estructural				8,458.57
5.10	Fabricación de Tijerales	Glb	1.0	5,863.57	5,863.57
5.20	Montaje de Estructuras	Glb	1.0	2,595.00	2,595.00
6.00	Techo Metálico				3,359.10
5.10	Material Estructural	Glb	1.0	3,359.10	3,359.10
7.00	Electricidad				14,450.00
7.10	Instalaciones Eléctricas	Glb	1.0	8,950.00	8,950.00
7.20	Montaje de Equipos Eléctricos	Glb	1.0	1,350.00	5,500.00
8.00	Materiales Eléctricos				12,096.74
7.10	Material para Línea Eléctrica	Glb	1.0	12,096.74	12,096.74
TOTAL COSTO DIRECTO US\$					572,433.48
GG+UT 20%					114,486.70
TOTAL SIN IGV					686,920.18
IGV 18%					123,645.63
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					810,565.81

Fuente: Elaboración Propia.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- De los análisis Técnico, Económico y Energético; y de los cálculos realizados como parte del desarrollo de la fases, se concluye que el sistema de bombeo diseñado asegurará el transporte de 1500 BPH de crudo con gravedad API 18.5 en las Instalaciones de la Refinería Iquitos.
- De los criterios de diseño desarrollados y de los cálculos realizados contemplando los requerimientos del cliente, se concluye que la tubería de succión será de 16" de diámetro, la tubería de descarga será de 10" de diámetro con cédula SCH 40 ASTM A 53 grado B ambas tuberías, siendo los accesorios de cédula SCH 40 ASTM A 234 grado WPB con extremos soldados, las conexiones bridadas serán de rating 150# y se instalará una válvula de seguridad para el sistema de bombeo de 4"x6" tipo N API 526 área de orificio de 4.34 pulg² – 4N6.
- Según el análisis técnico se tiene que si se usará una bomba centrífuga la potencia hidráulica necesaria sería de 283.83 HP; mientras que la potencia hidráulica de una bomba de desplazamiento positivo sería de 135.51 hp. De acuerdo al análisis energético se tiene que una bomba centrífuga generara un gasto de combustible de 0.2840 gpm lo cual genera un gasto anual en combustible de s/. 443,073.45 mientras que una bomba de desplazamiento positivo genera un gasto de combustible de 0.1356 gpm lo cual genera un gasto anual en combustible de s/. 211,539.62. Por último, según el análisis económico una bomba centrífuga con encendido autónomo (motor de combustión interna) está costando \$. 790,469.00, una bomba centrífuga con encendido indirectamente autónomo (generador – motor eléctrico) está costando \$. 624,630.00, una bomba de desplazamiento positivo con encendido autónomo (motor de combustión interna) está costando \$. 456,965.00 mientras que una bomba de desplazamiento positivo con encendido

indirectamente autónomo (generador – motor eléctrico) está costando \$ 326,815.00 de donde se concluye que el sistema de bombeo será conformado por una bomba de desplazamiento positivo con un sistema de encendido indirectamente autónomo (generador – motor eléctrico).

- De la intersección de la curva de la bomba seleccionada (provista por el vendor) y la curva del sistema de bombeo determinada, se tienen que el caudal de operación es de 1502 BPH (1054 gpm) con 145 psi de TDH, con lo que se concluye que el sistema de bombeo diseñado garantizará la carga y capacidad necesaria del sistema a régimen de operación constante.
- Del análisis realizado al sistema de bombeo diseñado, considerando como fluido a bombear el crudo más liviano manejado por la refinería (21.8 °API), se tiene que el caudal de operación es de 1500 BPH (1050 gpm) con 110 psi de TDH y 10 pies de NPSH disponible, verificando que el sistema de bombeo diseñado será capaz de trabajar con el crudo más liviano, siendo así una alternativa adicional para la recepción del mismo en la Refinería Iquitos.

6.2 Recomendaciones

6.2.1. Recomendaciones de Implementación del Sistema de Bombeo

- Se debe garantizar la supervisión técnica adecuada y especializada cuando se ejecute el proyecto, para que se cumpla con todas las especificaciones contenidas en los planos.
- Se recomienda conservar el equipo en lugares secos y libres de polvo antes de su instalación, además no abrir las tapas de protección de los equipos y/o accesorios hasta el momento de la instalación, así como revisar la libre rotación de la bomba con el eje del motor para evitar posibles daños.
- Cada elemento a adquirir deberá cumplir con lo establecido en el diseño.

- Los elementos y dispositivos que se vayan a adquirir y sean diferentes a los especificados en el diseño deberán ser validados operacionalmente con la finalidad de garantizar que funcionarán sin afectar la operatividad del sistema.
- Al momento de empezar y durante la implementación se deberán evitar los cambios significativos al diseño, ya que estos podrían afectar al funcionamiento de la bomba y no garantizar el transporte adecuado del crudo.
- Las pruebas y puesta en operación del sistema deberá ser realizado por personal calificado en coordinación con los proveedores.

6.2.2. Recomendaciones de Operación y Mantenimiento del Sistema de Bombeo

- Se deberá contar con personal altamente calificado para la operación del sistema con la finalidad de no dañar el sistema y los equipos.
- Cabe señalar que los elementos de la instalación del sistema de bombeo como son tuberías, motores, controles de mando y accesorios, también tienen problemas de operación y mantenimiento por los que son comunes en un sistema de bombeo, también requieren una inspección frecuente y cambio de ser necesario.
- El sistema de bombeo debe tener un mantenimiento tanto preventivo como correctivo para lograr un buen funcionamiento y cumplir satisfactoriamente su tiempo de vida útil.
- Con la finalidad de mejorar la vida útil de cada componente del sistema es necesario que no se haga operaciones fuera de lo establecido en la recepción del crudo.

VII. REFERENCIALES

- ALVAREZ CALLE, Roberto. *Diseño de un Sistema de Recolección y Transporte de Gas Natural*, Tesis para optar el Título de Ingeniero de Petróleo, Lima, Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, *Design, Construction, Operation, and Maintenance of Offshore Hydrocarbon Pipelines (Limit State Design)*, API RECOMMENDED PRACTICE 1111, 3rd edition, 1999.
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, *Dimensionamiento, Selección e Instalación de Dispositivos de Alivio de Presión*, API RECOMMENDED PRACTICE STD 520, 7ma Edición, 2000.
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, *Prácticas Recomendadas para el Diseño e Instalación de Sistemas de Tuberías en Plataformas de Producción Offshore*, API RECOMMENDED PRACTICE STD 14E, 5ta Edición, 1991.
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE, *Válvula de alivio de presión con bridas*, API RECOMMENDED PRACTICE STD 526, 5ta Edición, 2002.
- AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, *Brida de Tuberías y Accesorios Bridados*, ASME B16.5, Edición 2009.
- AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, *Tuberías de Transporte de Hidrocarburos Líquidos y Otros Líquidos*, ASME B31.4, Edición 2009.
- CRANE, *Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías*, Guadalajara, McGraw-Hill.
- DARBY, R., *Chemical Engineering Fluid Mechanics*, New York, Marcel Dekker, 2nd edition, 2001.
- DECRETO SUPREMO N° 052 – 1993 EM, *Reglamento de Seguridad para el Almacenamiento de Hidrocarburos*, 1993.

- DIAZ UGARTE QUIROZ, José Walter, ***Bombeo de Crudo Altamente Viscoso en el Tramo 1 del O. N. P. Mediante Bombas de Tornillo***, Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico – Eléctrico, Piura, Universidad de Piura, 2009.
- ERNEST E, Ludwig. ***Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants***, Butterworth-Heinemann, 3rd edition, 1999.
- FLORES SÁNCHEZ, Jaime Gregorio. ***Proyecto de Investigación “Elaboración de un libro de Texto de Mecánica de Fluidos II***, Callao, Primera Edición, 2003.
- FOX, R. W., AND A.T. MCDONALD, ***Introduction to Fluid Mechanics***, New York, Wiley & Sons, 3rd edition, 1985.
- IDELCHIK, I. E., ***Handbook of Hydraulic Resistance***, Boca Raton, FL, CRC Press, 3rd edition, 1994.
- OCHOA AMUNDARAIN, Luis Alejandro. ***Evaluación del Diseño Mecánico del Sistema de Transferencia de Petróleo a ser Instalado desde el Área Mayor Oficina (AMO) hasta el Área de Trampas de Herramientas San Joaquín***, Tesis para optar el Título de Ingeniero Mecánico, Puerto de la Cruz – Venezuela, 2009.
- PDVSA, ***MDP-01-DP-01 Temperatura y Presión de Diseño***, Venezuela, Manual de Diseño de Proceso, 1995.
- PDVSA, ***MDP-02-P-07 Características de Comportamiento de las Bombas Centrifugas***, Venezuela, Manual de Diseño de Proceso, 1997.
- PDVSA, ***MDP-02-P-08 Bombas de Desplazamiento Positivo***, Venezuela, Manual de Diseño de Proceso, 1997.
- PDVSA, ***MDP-08-SA-04 Procedimientos Para Especificar y Dimensionar Válvulas de Alivio De Presión***, Venezuela, Manual de Diseño de Proceso Seguridad en el Diseño de Plantas Sistemas de Alivio de Presión, 1997.

- PEMEX, ***NRF-032-PEMEX-2012 Sistemas de Tubería en Plantas Industriales Diseño y Especificaciones de Materiales***, México, Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, 2012.
- PEMEX, ***NRF-288-PEMEX-2012 Bombas Centrífugas Para Servicios Generales***, México, Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, 2012.
- THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS, ***Pipeline Transportation Systems for Liquid Hydrocarbons and Other Liquids***, ASME Code for Pressure Piping, B31.4, 2009.

VIII. ANEXOS

- 8.1 Tablas de Selección de Válvula de Alivio de Presión – API 526
- 8.2 Curvas de Corrección de Viscosidad
- 8.3 Data Sheet Bomba Centrifuga
- 8.4 Data Sheet Bomba de Desplazamiento Positivo
- 8.5 Plano Layout del Sistema de Bombeo
- 8.6 Plano As Built de la Barcaza
- 8.7 Plano de Cotas Generales
- 8.8 Plano de Detalles Constructivos del Sistema de Bombeo
- 8.9 Plano de Detalle de la Barcaza de Crudo
- 8.10 Piping Class
- 8.11 Evaluación Económica Detallada del Proyecto
- 8.12 Información Técnica de filtro seleccionado
- 8.13 Reporte de Análisis de Crudo (18.5°API)
- 8.14 Análisis Técnico del Sistema de Recepción de Crudo del Lote 95 en RFIQ
- 8.15 Propuesta Económica ITT
- 8.16 Reporte de Análisis de Crudo Liviano

ANEXOS

Anexo 8.1: Tablas de Selección de Válvula de Alivio de Presión – API
526

Table 2—Spring-loaded Pressure Relief Valves
 "D" Orifice (Effective Orifice Area = 0.110 square in.)

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)										
				Conventional and Balanced Bellows Valves										
				Spring Materials (3)										
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	Outlet Pressure Limit (1)		Center to Face Dimensions (in.)		
Conventional Valves	Bellows Valves	Inlet	Outlet											
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet	
Temperature Range, -20°F to 800°F Inclusive														
Carbon Steel	1D2	150	150			285	185	80			285	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1D2 (4)	300	150			285	285	285			285	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1D2	300	150			740	615	410			285	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1D2	600	150			1480	1235	825			285	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1 ¹ / ₂ D2	900	300			2220	1845	1235			600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂
	1 ¹ / ₂ D2	1500	300			3705	3080	2060			600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂
	1 ¹ / ₂ D3	2500	300			6000	5135	3430			740	500	5 ¹ / ₂	7
Temperature Range, 801°F to 1000°F Inclusive														
Chrome Molybdenum Steel	1D2	300	150					510	215		285	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1D2	600	150					1015	430		285	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1 ¹ / ₂ D2	900	300					1525	650		600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂
	1 ¹ / ₂ D2	1500	300					2540	1080		600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂
	1 ¹ / ₂ D3	2500	300					4230	1800		740	500	5 ¹ / ₂	7
Temperature Range, -450°F to 1000°F Inclusive														
Austenitic Stainless Steel	1D2	150	150	275	275	275	180	80	20	275	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂	
	1D2 (4)	300	150	275	275	275	180	80	20	275	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂	
	1D2	300	150	720	720	720	495	420	350	275	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂	
	1D2	600	150	1440	1440	1440	990	845	700	275	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂	
	1 ¹ / ₂ D2	900	300	2160	2160	2160	1485	1265	1050	600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂	
	1 ¹ / ₂ D2	1500	300	3600	3600	3600	2480	2110	1750	600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂	
	1 ¹ / ₂ D3	2500	300	4000	6000	6000	4130	3520	2915	720	500	5 ¹ / ₂	7	
Temperature Range, -20°F to 600°F Inclusive														
Nickel/Copper Alloy (5)	1D2	150	150			140	140	140			140	140	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1D2 (4)	300	150			140	140	140			140	140	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1D2	300	150			360	360	360			140	140	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1D2	600	150			720	720	720			140	140	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
Temperature Range, -20°F to 300°F Inclusive														
Alloy 20 (6)	1D2	150	150			230	180				230	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1D2 (4)	300	150			230	180				230	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1D2	300	150			600	465				230	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1D2	600	150			1200	930				230	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂
	1 ¹ / ₂ D2	900	300			1800	1395				600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂
	1 ¹ / ₂ D2	1500	300			3000	2330				600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂
	1 ¹ / ₂ D3	2500	300			5000	3880				600	500	5 ¹ / ₂	7

Notes:

- Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B16.34.
- Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
- Chrome alloy springs may be used above 450°F.
- Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
- Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
- Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

**Table 3—Spring-loaded Pressure Relief Valves
"E" Orifice (Effective Orifice Area = 0.196 square in.)**

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)								Outlet Pressure Limit (1)		Center to Face Dimensions (in.)	
				Conventional and Balanced Bellows Valves											
				Spring Materials (3)											
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	Conventional Valves	Bellows Valves				
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet		
Temperature Range, -20°F to 800°F Inclusive															
Carbon Steel	1E2	150	150			285	185	80		285	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2 (4)	300	150			285	285	285		285	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2	300	150			740	615	410		285	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2	600	150			1480	1235	825		285	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1 ¹ / ₂ E2	900	300			2220	1845	1235		600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂		
	1 ¹ / ₂ E2	1500	300			3705	3080	2060		600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂		
	1 ¹ / ₂ E3	2500	300			6000	5135	3430		740	500	5 ¹ / ₂	7		
Temperature Range, 801°F to 1000°F Inclusive															
Chrome Molybdenum Steel	1E2	300	150					510	215	285	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2	600	150					1015	430	285	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1 ¹ / ₂ E2	900	300					1525	650	600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂		
	1 ¹ / ₂ E2	1500	300					2540	1080	600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂		
	1 ¹ / ₂ E3	2500	300					4230	1800	740	500	5 ¹ / ₂	7		
Temperature Range, -450°F to 1000°F Inclusive															
Austenitic Stainless Steel	1E2	150	150	275	275	275	180	80	20	275	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2 (4)	300	150	275	275	275	180	80	20	275	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2	300	150	720	720	720	495	420	350	275	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2	600	150	1440	1440	1440	975	845	700	275	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1 ¹ / ₂ E2	900	300	2160	2160	2160	1485	1265	1050	600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂		
	1 ¹ / ₂ E2	1500	300	3600	3600	3600	2480	2110	1750	600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂		
	1 ¹ / ₂ E3	2500	300	4000	6000	6000	4130	3520	2915	720	500	5 ¹ / ₂	7		
Temperature Range, -20°F to 600°F Inclusive															
Nickel/Copper Alloy (5)	1E2	150	150			140	140	140		140	140	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2 (4)	300	150			140	140	140		140	140	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2	300	150			360	360	360		140	140	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2	600	150			720	720	720		140	140	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
Temperature Range, -20°F to 300°F Inclusive															
Alloy 20 (6)	1E2	150	150			230	180			230	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2 (4)	300	150			230	180			230	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2	300	150			600	465			230	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1E2	600	150			1200	930			230	230	4 ¹ / ₈	4 ¹ / ₂		
	1 ¹ / ₂ E2	900	300			1800	1395			600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂		
	1 ¹ / ₂ E2	1500	300			3000	2330			600	500	4 ¹ / ₈	5 ¹ / ₂		
	1 ¹ / ₂ E3	2500	300			5000	3880			600	500	5 ¹ / ₂	7		

Notes:

1. Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B16.34.
2. Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
3. Chrome alloy springs may be used above 450°F.
4. Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
5. Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
6. Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

Table 4—Spring-loaded Pressure Relief Valves
"F" Orifice (Effective Orifice Area = 0.307 square in.)

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)								Outlet Pressure Limit (1)		Center to Face Dimensions (in.)	
				Conventional and Balanced Bellows Valves											
				Spring Materials (3)											
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	Conventional Valves	Bellows Valves				
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet		
Temperature Range, -20°F to 800°F Inclusive															
Carbon Steel	1½F2	150	150			285	185	80		285	230	47/8	4¾		
	1½F2 (4)	300	150			285	285	285		285	230	47/8	4¾		
	1½F2	300	150			740	615	410		285	230	47/8	6		
	1½F2	600	150			1480	1235	825		285	230	47/8	6		
	1½F3	900	300			2220	1845	1235		740	500	47/8	6½		
	1½F3	1500	300			3705	3080	2060		740	500	47/8	6½		
	1½F3	2500	300			5000	5000	3430		740	500	5½	7		
Temperature Range, 801°F to 1000°F Inclusive															
Chrome Molybdenum Steel	1½F2	300	150					510	215	285	230	47/8	6		
	1½F2	600	150					1015	430	285	230	47/8	6		
	1½F3	900	300					1525	650	740	500	47/8	6½		
	1½F3	1500	300					2540	1080	740	500	47/8	6½		
	1½F3	2500	300					4230	1800	740	500	5½	7		
Temperature Range, -450°F to 1000°F Inclusive															
Austenitic Stainless Steel	1½F2	150	150	275	275	275	180	80	20	275	230	47/8	4¾		
	1½F2 (4)	300	150	275	275	275	180	80	20	275	230	47/8	4¾		
	1½F2	300	150	720	720	720	495	420	350	275	230	47/8	6		
	1½F2	600	150	1440	1440	1440	975	845	700	275	230	47/8	6		
	1½F3	900	300	2160	2160	2160	1485	1265	1050	600	500	47/8	6½		
	1½F3	1500	300	2200	3600	3600	2480	2110	1750	600	500	47/8	6½		
	1½F3	2500	300	3400	5000	5000	4130	3520	2915	720	500	5½	7		
Temperature Range, -20°F to 600°F Inclusive															
Nickel/Copper Alloy (5)	1½F2	150	150			140	140	140		140	140	47/8	4¾		
	1½F2 (4)	300	150			140	140	140		140	140	47/8	4¾		
	1½F2	300	150			360	360	360		140	140	47/8	6		
	1½F2	600	150			720	720	720		140	140	47/8	6		
Temperature Range, -20°F to 300°F Inclusive															
Alloy 20 (6)	1½F2	150	150			230	180			230	230	47/8	4¾		
	1½F2 (4)	300	150			230	180			230	230	47/8	4¾		
	1½F2	300	150			600	465			230	230	47/8	6		
	1½F2	600	150			1200	930			230	230	47/8	6		
	1½F3	900	300			1800	1395			600	500	47/8	6½		
	1½F3	1500	300			3000	2330			600	500	47/8	6½		
	1½F3	2500	300			5000	3880			600	500	5½	7		

Notes:

- Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B16.34.
- Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
- Chrome alloy springs may be used above 450°F.
- Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
- Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
- Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

Table 5—Spring-loaded Pressure Relief Valves
 "G" Orifice (Effective Orifice Area = 0.503 square in.)

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)						Outlet Pressure Limit (1)				
				Conventional and Balanced Bellows Valves										
				Spring Materials (3)										
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	Conventional Valves	Bellows Valves	Center to Face Dimensions (in.)		
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet	
Temperature Range, -20°F to 800°F Inclusive														
Carbon Steel	1½G3	150	150			285	185	80		285	230	47/8	4¾	
	1½G3 (4)	300	150			285	285	285		285	230	47/8	4¾	
	1½G3	300	150			740	615	410		285	230	47/8	6	
	1½G3	600	150			1480	1235	825		285	230	47/8	6	
	1½G3	900	300			2220	1845	1235		740	470	47/8	6½	
	2G3	1500	300			3705	3080	2060		740	470	6½	6¾	
2G3	2500	300			3705	3705	3430		740	470	6½	6¾		
Temperature Range, 801°F to 1000°F Inclusive														
Chrome Molybdenum Steel	1½G3	300	150					510	215	285	230	47/8	6	
	1½G3	600	150					1015	430	285	230	47/8	6	
	1½G3	900	300					1525	650	740	470	47/8	6½	
	2G3	1500	300					2540	1080	740	470	6½	6¾	
	2G3	2500	300					3705	1800	740	470	6½	6¾	
Temperature Range, -450°F to 1000°F Inclusive														
Austenitic Stainless Steel	1½G3	150	150	275	275	275	180	80	20	275	230	47/8	4¾	
	1½G3 (4)	300	150	275	275	275	180	80	20	275	230	47/8	4¾	
	1½G3	300	150	720	720	720	495	420	350	275	230	47/8	6	
	1½G3	600	150	1440	1440	1440	975	845	700	275	230	47/8	6	
	1½G3	900	300	2160	2160	2160	1485	1265	1050	600	470	47/8	6½	
	2G3	1500	300	2450	3600	3600	2480	2110	1750	600	470	6½	6¾	
2G3	2500	300	2600	3600	3600	3600	3520	2915	720	470	6½	6¾		
Temperature Range, -20°F to 600°F Inclusive														
Nickel/Copper Alloy (5)	1½G3	150	150			140	140	140		140	140	47/8	4¾	
	1½G3 (4)	300	150			140	140	140		140	140	47/8	4¾	
	1½G3	300	150			360	360	360		140	140	47/8	6	
	1½G3	600	150			720	720	720		140	140	47/8	6	
Temperature Range, -20°F to 300°F Inclusive														
Alloy 20 (6)	1½G3	150	150			230	180			230	230	47/8	4¾	
	1½G3 (4)	300	150			230	180			230	230	47/8	4¾	
	1½G3	300	150			600	465			230	230	47/8	6	
	1½G3	600	150			1200	930			230	230	47/8	6	
	1½G3	900	150			1800	1395			600	470	47/8	6½	
	2G3	1500	150			3000	2330			600	470	6½	6¾	
2G3	2500	150			5000	3880			600	470	6½	6¾		

Notes:

- Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/A-SME B16.34.
- Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
- Chrome alloy springs may be used above 450°F.
- Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
- Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
- Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

Table 6—Spring-loaded Pressure Relief Valves
 "H" Orifice (Effective Orifice Area = 0.785 square in.)

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)						Outlet Pressure Limit (1)			
		Inlet	Outlet	Conventional and Balanced Bellows Valves						Conventional Valves	Bellows Valves	Center to Face Dimensions (in.)	
				Spring Materials (3)									
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel				
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet
Temperature Range, -20°F - 800°F Inclusive													
Carbon Steel	1½"H3	150	150			285	185	80		285	230	5/8	47/8
	1½"H3 (4)	300	150			285	285	285		285	230	5/8	47/8
	2H3	300	150			740	615	410		285	230	5/8	47/8
	2H3	600	150			1480	1235	825		285	230	61/16	63/8
	2H3	900	150			2220	1845	1235		285	230	61/16	63/8
	2H3	1500	300			2750	2750	2060		740	415	61/16	63/8
Temperature Range, 801°F - 1000°F Inclusive													
Chrome Molybdenum Steel	2H3	300	150					510	215	285	230	5/8	47/8
	2H3	600	150					1015	430	285	230	61/16	63/8
	2H3	900	150					1525	650	285	230	61/16	63/8
	2H3	1500	300					2540	1080	740	415	61/16	63/8
Temperature Range, -450°F - 1000°F Inclusive													
Austenitic Stainless Steel	1½"H3	150	150	275	275	275	180	80	20	275	230	5/8	47/8
	1½"H3 (4)	300	150	275	275	275	180	80	20	275	230	5/8	47/8
	2H3	300	150	720	720	720	495	420	350	275	230	5/8	47/8
	2H3	600	150	1440	1440	1440	975	845	700	275	230	61/16	63/8
	2H3	900	150	1485	2160	2160	1485	1265	1050	600	230	61/16	63/8
	2H3	1500	300	1600	2750	2750	2480	2110	1750	600	415	61/16	63/8
Temperature Range, -20°F - 600°F Inclusive													
Nickel/Copper Alloy (5)	1½"H3	150	150			140	140	140		140	140	5/8	47/8
	1½"H3 (4)	300	150			140	140	140		140	140	5/8	47/8
	2H3	300	150			360	360	360		140	140	5/8	47/8
	2H3	600	150			720	720	720		140	140	61/16	63/8
Temperature Range, -20°F - 300°F Inclusive													
Alloy 20 (6)	1½"H3	150	150			230	180			230	230	5/8	47/8
	1½"H3 (4)	300	150			230	180			230	230	5/8	47/8
	1½"H3	300	150			600	465			230	230	5/8	47/8
	2H3	600	150			1200	930			230	230	61/16	63/8
	2H3	900	150			1800	1395			230	230	61/16	63/8
	2H3	1500	300			3000	2330			600	415	61/16	63/8

Notes:

- Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B16.34.
- Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
- Chrome alloy springs may be used above 450°F.
- Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
- Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
- Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

Table 7—Spring-loaded Pressure Relief Valves
"J" Orifice (Effective Orifice Area = 1.287 square in.)

Materials (2) Body/Bonnet	Valve Size Inlet by Orifice by Outlet	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)						Outlet Pressure Limit (1)		Center to Face Dimensions (in.)	
		Inlet	Outlet	Conventional and Balanced Bellows Valves						Conventional Valves	Bellows Valves		
				Spring Materials (3)									
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel				
				-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F			100°F	100°F
Temperature Range, -20°F - 800°F Inclusive													
Carbon Steel	2½	150	150			285	185	80		285	230	5/8	4/8
	2½ (4)	300	150			285	285	285		285	230	5/8	4/8
	3¼	300	150			740	615	410		285	230	7/8	7/8
	3¼	600	150			1480	1235	825		285	230	7/8	7/8
	3¼	900	150			2220	1845	1235		285	230	7/8	7/8
	3¼	1500	300			2700	2700	2060		600	230	7/8	7/8
Temperature Range, 801°F - 1000°F Inclusive													
Chrome Molybdenum Steel	3¼	300	150					510	215	285	230	7/8	7/8
	3¼	600	150					1015	430	285	230	7/8	7/8
	3¼	900	150					1525	650	285	230	7/8	7/8
	3¼	1500	300					2540	1080	600	230	7/8	7/8
Temperature Range, -450°F - 1000°F Inclusive													
Austenitic Stainless Steel	2½	150	150	275	275	275	180	80	20	275	230	5/8	4/8
	2½ (4)	300	150	275	275	275	180	80	20	275	230	5/8	4/8
	3¼	300	150	500	720	720	495	420	350	275	230	7/8	7/8
	3¼	600	150	625	1440	1440	975	845	700	275	230	7/8	7/8
	3¼	900	150	800	2160	2160	1485	1265	1050	275	230	7/8	7/8
	3¼	1500	300	800	2700	2700	2480	2110	1750	600	230	7/8	7/8
Temperature Range, -20°F - 600°F Inclusive													
Nickel/Copper Alloy (5)	2½	150	150		140	140	140	140		140	140	5/8	4/8
	2½ (4)	300	150		140	140	140	140		140	140	5/8	4/8
	3¼	300	150		360	360	360	360		140	140	7/8	7/8
	3¼	600	150		720	720	720	720		140	140	7/8	7/8
Temperature Range, -20°F - 300°F Inclusive													
Alloy 20 (6)	2½	150	150		230	230	180			230	230	5/8	4/8
	2½ (4)	300	150		230	230	180			230	230	5/8	4/8
	3¼	300	150		600	600	465			230	230	7/8	7/8
	3¼	600	150		1200	1200	930			230	230	7/8	7/8
	3¼	900	150		1800	1800	1395			230	230	7/8	7/8
	3¼	1500	300		3000	3000	2330			600	230	7/8	7/8

Notes:

1. Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B1.6.34.
2. Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
3. Chrome alloy springs may be used above 450°F.
4. Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
5. Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
6. Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

**Table 8—Spring-loaded Pressure Relief Valves
"K" Orifice (Effective Orifice Area = 1.838 square in.)**

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)						Outlet Pressure Limit (1)			
		Inlet	Outlet	Conventional and Balanced Bellows Valves						Conventional Valves	Bellows Valves	Center to Face Dimensions (in.)	
				Spring Materials (3)									
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel				
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet
Temperature Range, -20°F - 800°F Inclusive													
Carbon Steel	3K4	150	150			285	185	80		285	150	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4 (4)	300	150			285	285	285		285	150	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4	300	150			740	615	410		285	150	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4	600	150			1480	1235	825		285	200	7 ¹ / ₄	7 ¹ / ₈
	3K6	900	150			2220	1845	1235		285	200	7 ¹³ / ₁₆	8 ¹ / ₂
	3K6	1500	300			2220	2220	2060		600	200	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₂
Temperature Range, 801°F - 1000°F Inclusive													
Chrome Molybdenum Steel	3K4	300	150					510	215	285	150	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4	600	150					1015	430	285	200	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K6	900	150					1525	650	285	200	7 ¹³ / ₁₆	8 ¹ / ₂
	3K6	1500	300					2220	1080	600	200	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₂
Temperature Range, -450°F - 1000°F Inclusive													
Austenitic Stainless Steel	3K4	150	150	275	275	275	180	80	20	275	150	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4 (4)	300	150	275	275	275	180	80	20	275	150	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4	300	150	525	720	720	495	420	350	275	150	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4	600	150	600	1440	1440	975	845	700	275	200	7 ¹ / ₄	7 ¹ / ₈
	3K6	900	150	600	2160	2160	1485	1265	1050	275	200	7 ¹³ / ₁₆	8 ¹ / ₂
	3K6	1500	300	750	2220	2220	2480	2110	1750	600	200	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₂
Temperature Range, -20°F - 600°F Inclusive													
Nickel/Copper Alloy (5)	3K4	150	150			140	140	140		140	140	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4 (4)	300	150			140	140	140		140	140	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4	300	150			360	360	360		140	140	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4	600	150			720	720	720		140	140	7 ¹ / ₄	7 ¹ / ₈
Temperature Range, -20°F - 300°F Inclusive													
Alloy 20 (6)	3K4	150	150			230	180			230	150	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4 (4)	300	150			230	180			230	150	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4	300	150			600	465			230	150	6 ¹ / ₈	6 ³ / ₈
	3K4	600	150			1200	930			230	200	7 ¹ / ₄	7 ¹ / ₈
	3K6	900	150			1800	1395			230	200	7 ¹³ / ₁₆	8 ¹ / ₂
	3K6	1500	300			3000	2330			600	200	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₂

Notes:

1. Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B16.34.
2. Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
3. Chrome alloy springs may be used above 450°F.
4. Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
5. Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
6. Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

Table 9—Spring-loaded Pressure Relief Valves
 "L" Orifice (Effective Orifice Area = 2.853 square in.)

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)								Outlet Pressure Limit (1)		Center to Face Dimensions (in.)	
				Conventional and Balanced Bellows Valves											
				Spring Materials (3)											
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	Conventional Valves	Bellows Valves				
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet		
Temperature Range, -20°F to 800°F Inclusive															
Carbon Steel	3L4	150	150			285	185	80		285	100	6 ¹ / ₈	6 ¹ / ₂		
	3L4 (4)	300	150			285	285	285		285	100	6 ¹ / ₈	6 ¹ / ₂		
	4L6	300	150			740	615	410		285	170	7 ¹ / ₁₆	7 ¹ / ₈		
	4L6	600	150			1000	1000	825		285	170	7 ¹ / ₁₆	8		
	4L6	900	150			1500	1500	1235		285	170	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄		
	4L6	1500	150					1500		285	170	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄		
Temperature Range, 801°F to 1000°F Inclusive															
Chrome Molybdenum Steel	4L6	300	150					510	215	285	170	7 ¹ / ₁₆	7 ¹ / ₈		
	4L6	600	150					1000	430	285	170	7 ¹ / ₁₆	8		
	4L6	900	150					1500	650	285	170	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄		
	4L6	1500	150					1500	1080	285	170	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄		
Temperature Range, -450°F to 1000°F Inclusive															
Austenitic Stainless Steel	3L4	150	150	275	275	275	180	80	20	275	100	6 ¹ / ₈	6 ¹ / ₂		
	3L4 (4)	300	150	275	275	275	180	80	20	275	100	6 ¹ / ₈	6 ¹ / ₂		
	4L6	300	150	535	720	720	495	420	350	275	170	7 ¹ / ₁₆	7 ¹ / ₈		
	4L6	600	150	535	1000	1000	975	845	700	275	170	7 ¹ / ₁₆	8		
	4L6	900	150	700	1500	1500	1485	1265	1050	275	170	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄		
Temperature Range, -20°F to 600°F Inclusive															
Nickel/Copper Alloy (5)	3L4	150	150			140	140	140		140	100	6 ¹ / ₈	6 ¹ / ₂		
	3L4 (4)	300	150			140	140	140		140	100	6 ¹ / ₈	6 ¹ / ₂		
	4L6	300	150			360	360	360		140	120	7 ¹ / ₁₆	7 ¹ / ₈		
	4L6	600	150			720	720	720		140	120	7 ¹ / ₁₆	8		
Temperature Range, -20°F to 300°F Inclusive															
Alloy 20 (6)	3L4	150	150			230	180			230	100	6 ¹ / ₈	6 ¹ / ₂		
	3L4 (4)	300	150			230	180			230	100	6 ¹ / ₈	6 ¹ / ₂		
	4L6	300	150			600	465			230	170	7 ¹ / ₁₆	7 ¹ / ₈		
	4L6	600	150			1200	930			230	170	7 ¹ / ₁₆	8		
	4L6	900	150			1800	1395			230	170	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄		
	4L6	1500	150			3000	2330			230	170	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄		

Notes:

1. Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B16.34.
2. Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
3. Chrome alloy springs may be used above 450°F.
4. Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
5. Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
6. Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

Table 10—Spring-loaded Pressure Relief Valves
 "M" Orifice (Effective Orifice Area = 3.60 square in.)

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)								Outlet Pressure Limit (1)		Center to Face Dimensions (in.)	
				Conventional and Balanced Bellows Valves											
				Spring Materials (3)											
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	Conventional Valves	Bellows Valves				
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	-450°F to -76°F	-73°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet		
Temperature Range, -20°F to 800°F Inclusive															
Carbon Steel	4M6	150	150			285	185	80		285	80	7	7 ¹ / ₄		
	4M6 (4)	300	150			285	285	285		285	80	7	7 ¹ / ₄		
	4M6	300	150			740	615	410		285	160	7	7 ¹ / ₄		
	4M6	600	150			1100	1100	825		285	160	7	8		
	4M6	900	150					1100		285	160	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄		
Temperature Range, 801°F to 1000°F Inclusive															
Chrome Molybdenum Steel	4M6	300	150					510	215	285	160	7	7 ¹ / ₄		
	4M6	600	150					1000	430	285	160	7	8		
	4M6	900	150					1100	650	285	160	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄		
Temperature Range, -450°F to 1000°F Inclusive															
Austenitic Stainless Steel	4M6	150	150	275	275	275	180	80	20	275	80	7	7 ¹ / ₄		
	4M6 (4)	300	150	275	275	275	180	80	20	275	80	7	7 ¹ / ₄		
	4M6	300	150	525	720	720	495	420	350	275	160	7	7 ¹ / ₄		
	4M6	600	150	600	1000	1000	975	845	700	275	160	7	8		
Temperature Range, -20°F to 600°F Inclusive															
Nickel/Copper Alloy (5)	4M6	150	150			140	140	140		140	80	7	7 ¹ / ₄		
	4M6 (4)	300	150			140	140	140		140	80	7	7 ¹ / ₄		
	4M6	300	150			360	360	360		140	160	7	7 ¹ / ₄		
	4M6	600	150			720	720	720		140	160	7	8		
Temperature Range, -20°F to 300°F Inclusive															
Alloy 20 (6)	4M6	150	150			230	180			230	80	7	7 ¹ / ₄		
	4M6 (4)	300	150			230	180			230	80	7	7 ¹ / ₄		
	4M6	300	150			600	465			230	160	7	7 ¹ / ₄		
	4M6	600	150			1100	930			230	160	7	8		
	4M6	900	150			1100	1100			230	160	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄		

- Notes:
1. Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B16.34.
 2. Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
 3. Chrome alloy springs may be used above 450°F.
 4. Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
 5. Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
 6. Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

Table 11—Spring-loaded Pressure Relief Valves
 "N" Orifice (Effective Orifice Area = 4.34 square in.)

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)						Outlet Pressure Limit (1)			
				Conventional and Balanced Bellows Valves									
				Spring Materials (3)									
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	Conventional Valves	Bellows Valves	Center to Face Dimensions (in.)	
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	- 450°F to - 76°F	- 75°F to - 21°F	- 20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet
Temperature Range, - 20°F to 800°F Inclusive													
Carbon Steel	4N6	150	150			285	185	80		285	80	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6 (4)	300	150			285	285	285		285	80	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6	300	150			740	615	410		285	160	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6	600	150			1000	1000	825		285	160	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄
	4N6	900	150					1000		285	160	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄
Temperature Range, 801°F to 1000°F Inclusive													
Chrome Molybdenum Steel	4N6	300	150					510	215	285	160	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6	600	150					1000	430	285	160	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄
	4N6	900	150					1000	650	285	160	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄
Temperature Range, - 450°F to 1000°F Inclusive													
Austenitic Stainless Steel	4N6	150	150	275	275	275	180	80	20	275	80	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6 (4)	300	150	275	275	275	180	80	20	275	80	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6	300	150	450	720	720	495	420	350	275	160	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6	600	150	500	1000	1000	975	845	700	275	160	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄
Temperature Range, - 20°F to 600°F Inclusive													
Nickel/Copper Alloy (5)	4N6	150	150			140	140	140		140	80	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6 (4)	300	150			140	140	140		140	80	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6	300	150			360	360	360		140	140	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6	600	150			720	720	720		140	140	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄
Temperature Range, - 20°F to 300°F Inclusive													
Alloy 20 (6)	4N6	150	150			230	180			230	80	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6 (4)	300	150			230	180			230	80	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6	300	150			600	465			230	160	7 ³ / ₄	8 ¹ / ₄
	4N6	600	150			1000	930			230	160	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄
	4N6	900	150			1000	1000			230	160	7 ³ / ₄	8 ³ / ₄

Notes:

1. Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B16.34.
2. Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
3. Chrome alloy springs may be used above 450°F.
4. Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
5. Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
6. Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

Table 12—Spring-loaded Pressure Relief Valves
 "P" Orifice (Effective Orifice Area = 6.38 square in.)

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)									
				Conventional and Balanced Bellows Valves									
				Spring Materials (3)						Outlet Pressure Limit (1)		Center to Face Dimensions (in.)	
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel				
-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F						
Temperature Range, -20°F to 800°F Inclusive													
Carbon Steel	4P6	150	150			285	185	80		285	80	7 ¹ / ₈	9
	4P6 (4)	300	150			285	285	285		285	80	7 ¹ / ₈	9
	4P6	300	150			525	525	410		285	150	8 ⁷ / ₈	10
	4P6	600	150			1000	1000	825		285	150	8 ⁷ / ₈	10
	4P6	900	150					1000		285	150	8 ⁷ / ₈	10
Temperature Range, 801°F to 1000°F Inclusive													
Chrome Molybdenum Steel	4P6	300	150					510	215	285	150	8 ⁷ / ₈	10
	4P6	600	150					1000	430	285	150	8 ⁷ / ₈	10
	4P6	900	150					1000	650	285	150	8 ⁷ / ₈	10
Temperature Range, -450°F to 1000°F Inclusive													
Austenitic Stainless Steel	4P6	150	150	175	275	275	180	80	20	275	80	7 ¹ / ₈	9
	4P6 (4)	300	150	175	275	275	180	80	20	275	80	7 ¹ / ₈	9
	4P6	300	150	300	525	525	495	420	350	275	150	8 ⁷ / ₈	10
	4P6	600	150	480	1000	1000	975	845	700	275	150	8 ⁷ / ₈	10
Temperature Range, -20°F to 600°F Inclusive													
Nickel/Copper Alloy (5)	4P6	150	150			140	140	140		140	80	7 ¹ / ₈	9
	4P6 (4)	300	150			140	140	140		140	80	7 ¹ / ₈	9
	4P6	300	150			360	360	360		140	140	8 ⁷ / ₈	10
	4P6	600	150			720	720	720		140	140	8 ⁷ / ₈	10
Temperature Range, -20°F to 300°F Inclusive													
Alloy 20 (6)	4P6	150	150			230	180			230	80	7 ¹ / ₈	9
	4P6 (4)	300	150			230	180			230	80	7 ¹ / ₈	9
	4P6	300	150			525	465			230	150	8 ⁷ / ₈	10
	4P6	600	150			1000	930			230	150	8 ⁷ / ₈	10
	4P6	900	150			1000	1000			230	150	8 ⁷ / ₈	10

Notes:

- Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B16.34.
- Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
- Chrome alloy springs may be used above 450°F.
- Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
- Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
- Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

**Table 13—Spring-loaded Pressure Relief Valves
"Q" Orifice (Effective Orifice Area = 11.05 square in.)**

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)								Outlet Pressure Limit (1)		Center to Face Dimensions (in.)	
				Conventional and Balanced Bellows Valves											
				Spring Materials (3)											
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	Conventional Valves	Bellows Valves				
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet		
Temperature Range, -20°F to 800°F Inclusive															
Carbon Steel	6Q8	150	150			165	165	80		115	70	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8 (4)	300	150			165	165	165		115	70	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8	300	150			300	300	300		115	115	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8	600	150			600	600	600		115	115	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
Temperature Range, 801°F to 1000°F Inclusive															
Chrome Molybdenum Steel	6Q8	300	150					165	165	115	115	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8	600	150					600	430	115	115	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
Temperature Range, -450°F to 1000°F Inclusive															
Austenitic Stainless Steel	6Q8	150	150	165	165	165	165	80	20	115	70	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8 (4)	300	150	165	165	165	165	80	20	115	70	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8	300	150	250	300	300	300	300	300	115	115	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8	600	150	300	600	600	600	600	600	115	115	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
Temperature Range, -20°F to 600°F Inclusive															
Nickel/Copper Alloy (5)	6Q8	150	150			140	140	140		115	70	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8 (4)	300	150			140	140	140		115	70	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8	300	150			360	360	360		115	115	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8	600	150			720	720	720		115	115	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
Temperature Range, -20°F to 300°F Inclusive															
Alloy 20 (6)	6Q8	150	150			165	165			115	70	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8 (4)	300	150			165	165			115	70	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8	300	150			300	300			115	115	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6Q8	600	150			600	600			115	115	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		

Notes:

1. Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B16.34.
2. Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
3. Chrome alloy springs may be used above 450°F.
4. Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
5. Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
6. Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

Table 14—Spring-loaded Pressure Relief Valves
"R" Orifice (Effective Orifice Area = 16.00 square in.)

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)								Outlet Pressure Limit (1)		Center to Face Dimensions (in.)	
				Conventional and Balanced Bellows Valves											
				Spring Materials (3)											
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	Conventional Valves	Bellows Valves				
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet		
Temperature Range, -20°F to 800°F Inclusive															
Carbon Steel	6R8	150	150			100	100	80		60	60	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6R8 (4)	300	150			100	100	100		60	60	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6R10	300	150			230	230	230		100	100	9 ⁷ / ₁₆	10 ¹ / ₂		
	6R10	600	150			300	300	300		100	100	9 ⁷ / ₁₆	10 ¹ / ₂		
Temperature Range, 801°F to 1000°F Inclusive															
Chrome Molybdenum Steel	6R8	300	150					100	100	60	60	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6R10	600	150					300	300	100	100	9 ⁷ / ₁₆	10 ¹ / ₂		
Temperature Range, -450°F to 1000°F Inclusive															
Austenitic Stainless Steel	6R8	150	150	55	100	100	100	80	20	60	60	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6R8 (4)	300	150	55	100	100	100	80	20	60	60	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6R10	300	150	150	230	230	230	230	230	100	100	9 ⁷ / ₁₆	10 ¹ / ₂		
	6R10	600	150	200	300	300	300	300	300	100	100	9 ⁷ / ₁₆	10 ¹ / ₂		
Temperature Range, -20°F to 600°F Inclusive															
Nickel/Copper Alloy (5)	6R8	150	150			100	100	100		60	60	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6R8 (4)	300	150			100	100	100		60	60	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6R10	300	150			230	230	230		100	100	9 ⁷ / ₁₆	10 ¹ / ₂		
	6R10	600	150			300	300	300		100	100	9 ⁷ / ₁₆	10 ¹ / ₂		
Temperature Range, -20°F to 300°F Inclusive															
Alloy 20 (6)	6R8	150	150			100	100			60	60	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6R8 (4)	300	150			100	100			60	60	9 ⁷ / ₁₆	9 ¹ / ₂		
	6R10	300	150			230	230			100	100	9 ⁷ / ₁₆	10 ¹ / ₂		
	6R10	600	150			300	300			100	100	9 ⁷ / ₁₆	10 ¹ / ₂		

Notes:

- Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B16.34.
- Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
- Chrome alloy springs may be used above 450°F.
- Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
- Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 451°F to 800°F column are limited to 600°F.
- Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 101°F to 450°F column are limited to 300°F.

Table 15—Spring-loaded Pressure Relief Valves
"T" Orifice (Effective Orifice Area = 26.00 square in.)

Materials (2)	Valve Size	ANSI Flange Class		Maximum Pressure (psig)						Outlet Pressure Limit (1)					
				Conventional and Balanced Bellows Valves											
				Spring Materials (3)						Conventional Valves		Bellows Valves		Center to Face Dimensions (in.)	
				Low Temperature Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	Carbon Steel or Chrome Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel	High Temperature Alloy Steel						
Body/Bonnet	Inlet by Orifice by Outlet	Inlet	Outlet	-450°F to -76°F	-75°F to -21°F	-20°F to 100°F	101°F to 450°F	451°F to 800°F	801°F to 1000°F	100°F	100°F	Inlet	Outlet		
Temperature Range, -20°F to 800°F Inclusive															
Carbon Steel	8T10	150	150			65	65	65			30	30	10 ⁷ / ₈	11	
	8T10 (4)	300	150			65	65	65			30	30	10 ⁷ / ₈	11	
	8T10	300	150			120	120	120			60	60	10 ⁷ / ₈	11	
	8T10	300	150			300	300	300			100	100	10 ⁷ / ₈	11	
Temperature Range, 801°F to 1000°F Inclusive															
Chrome Molybdenum Steel	8T10	300	150					120	100		60	60	10 ⁷ / ₈	11	
	8T10	300	150					300	225		100	100	10 ⁷ / ₈	11	
Temperature Range, -450°F to 1000°F Inclusive															
Austenitic Stainless Steel	8T10	150	150	50	65	65	65	65	20		30	30	10 ⁷ / ₈	11	
	8T10 (4)	300	150	50	65	65	65	65	20		30	30	10 ⁷ / ₈	11	
	8T10	300	150	65	120	120	120	120	120		60	60	10 ⁷ / ₈	11	
Temperature Range, -20°F to 600°F Inclusive															
Nickel/Copper Alloy (5)	8T10	150	150			65	65	65			30	30	10 ⁷ / ₈	11	
	8T10 (4)	300	150			65	65	65			30	30	10 ⁷ / ₈	11	
	8T10	300	150			120	120	120			60	60	10 ⁷ / ₈	11	
Temperature Range, -20°F to 300°F Inclusive															
Alloy 20 (6)	8T10	150	150			65	65				30	30	10 ⁷ / ₈	11	
	8T10 (4)	300	150			65	65				30	30	10 ⁷ / ₈	11	
	8T10	300	150			120	120				60	60	10 ⁷ / ₈	11	

Notes:

1. Outlet pressure limit for temperatures above 100°F shall not exceed the rating in ANSI/ASME B16.34.
2. Materials given are minimum requirements for the pressure and temperature ratings. Other suitable materials may be used, as required, for the service involved.
3. Chrome alloy springs may be used above 450°F.
4. Set pressure limited for low pressure applications where a Class 300 flange is preferred over a Class 150 flange.
5. Material limited to 600°F. Pressure ratings indicated in the 45°F to 800°F column are limited to 600°F.
6. Material limited to 300°F. Pressure ratings indicated in the 10°F to 450°F column are limited to 300°F.

Anexo 8.2: Curvas de Corrección de Viscosidad

CORRECCION DE VISCOSIDAD

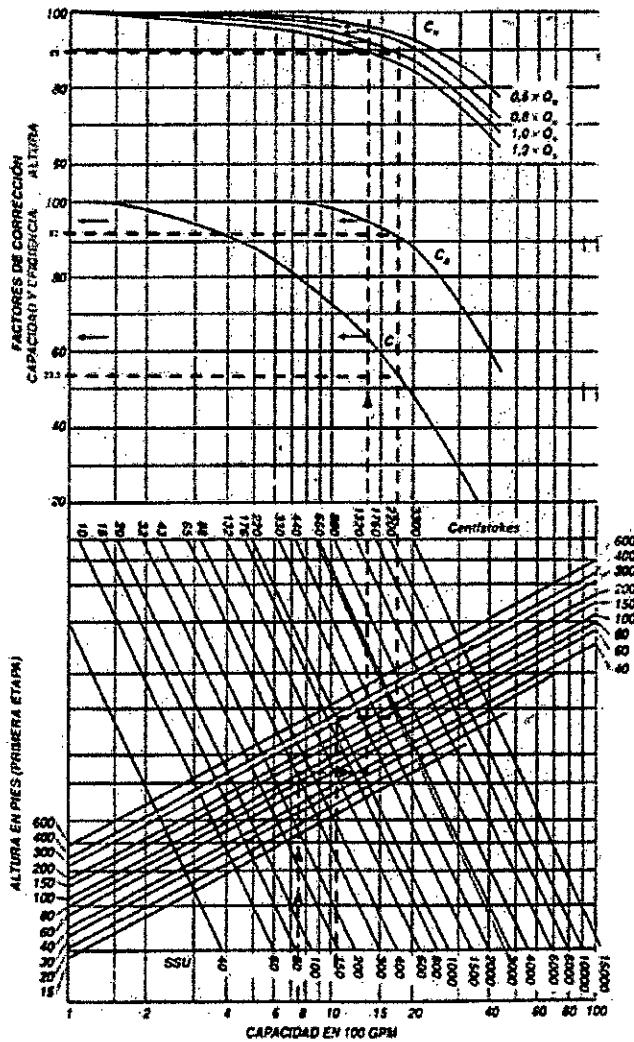
La corrección se realizará mediante los factores que se describirán a continuación:

$C_Q =$ Factor de corrección de caudal

$C_H =$ Factor de corrección de TDH

$C_n =$ Factor de corrección de eficiencia

Los factores antes mencionados se determinaran del siguiente gráfico:



Donde:

$$C_Q = 92$$

$$C_H = 89$$

$$C_n = 53.5$$

Anexo 8.3: Data Sheet Bomba Centrífuga

Model: 3700

Size: 6x8-24A

Group: XXL

60Hz

RPM: 1785

Stages: 1

Job/Inq.No. :

Purchaser : UNDEFINED

End User :

Item/Equip.No. : ITEM 001

Service :

Order No. :

Issued by :

Quotation No. :

Rev. : 0

Date : 25/01/2015

Operating Conditions

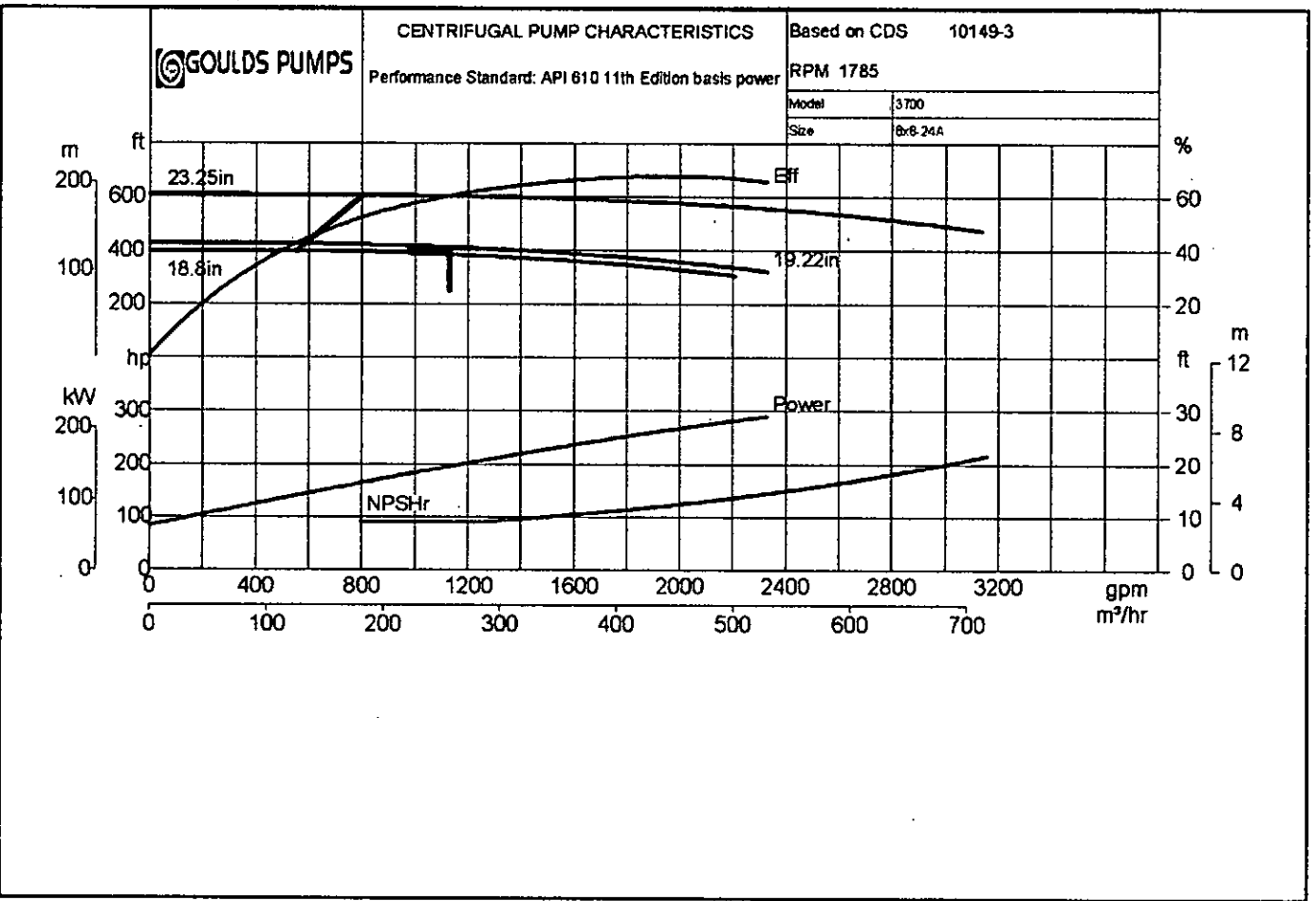
Liquid: Water
Temp.: 70.0 deg F
S.G./Visc.: 1.000/1.000 cp
Flow: 1,141.3 gpm
TDH: 411.8 ft
NPSHa:
Solid size:

Pump Performance

Published Efficiency: 60.5 %
Rated Pump Efficiency: 60.5 %
Rated Total Power: 196.2 hp
Non-Overloading Power: 290.3 hp
Imp. Dia. First 1 Stg(s): 19.2200 in
NPSHr: 9.0 ft
Max. Solids Size: 0.4700 in
Suction Specific Speed: 9,600 gpm(US) ft
Min. Hydraulic Flow: 588.2 gpm
Min. Thermal Flow: N/A
Shut off Head: 424.9 ft
% Susp. Solids (by wtg):

Vapor Press:

Notes: 1. The Mechanical seal increased drag effect on power and efficiency is not included, unless the correction is shown in the appropriate field above. 2. Magnetic drive eddy current on power and efficiency is not included. 3. Elevated temperature effects on performance are not included. 4. Non Overloading power does not reflect v-belt/gear losses.



Viscosity corrections have been performed in accordance with HI 9.6.7-2015



Anexo 8.4: Data Sheet Bomba de Desplazamiento Positivo

**ITT****Bornemann**Pumps and Systems
www.bornemann.com**Screw Pump
HC 300 - 46/1 / N**quotation no. / pos.
ND 21400829 / 1,0
page: 1**1.0 Project Data**

Item: revision	customer	ITT Goulds Pumps Lima Sales Office 6 th Floor, San Isidro Av. Canaval y Moreyra 654 PE Lima 27	6	quantity	1	
	1	order-no.		7	delivery date	
	2	order-date		8	customer-no.	300737
	3	project-no.		9	expert	Marc Hille
	4	position		10	phone/fax	05724/390
	5	project name	Gand Tierra Energy	11	application	gasoline,diesel,crude transfer
				12	final destination	Peru
				13	application code	
				14	serial-no.	
				15	item-no.	1514

2.0 Performance Data

12	pumped liquid	diesel, gasoline, crude, residue												
13	operating points	1	2	3	guarantee	operating points	1	2	3	guarantee				
4	temperature (C°)	25,0			25,0	14	capacity (m³/h)	318,00	239,00	239,00	239,00			
5	viscosity (mm²/s)	650	300	500	650	15	suction pressure (barg)	0,50	0,50	0,50	0,00			
6	gravity (kg/dm³)	0,900	0,900	0,900	0,900	16	discharge pressure (barg)	11,50	11,50	11,50	11,00			
7	vapour pressure (bara)					17	diff. pressure (bar)	11,00	11,00	11,00	11,00			
8	gas content (%)					18	speed (1/min)	1284	975	971	970			
9	solid content (%)					19	shaft power (kW)	263,00	152,00	167,00	176,00			
10	particle size (mm)					20	motor power (kW)							
11	pH-value					21	NPSH required (m)	2,10	1,80	1,80	1,90			
12	condition (liqu./gas.)	liquid							22	NPSH available (m)	2,40	2,40	2,40	2,40
13	remarks													

3.0 Material Execution

1	pump casing	GP240GH (cast steel)	7	bearing housing	GP240GH (cast steel)
2	screws	EN-GJS-400-15 s. to AISI 60-40-18	8	sealing housing	1.4057 sim. to AISI 431
3	shafts	1.4542 sim. to AISI 630	9	flat gaskets	fiber composition, non asbestos
4	liner		10	o-rings medium wetl.	FKM
5	intermediate flange		11	non med. wetted seals	NBR
6	remarks				

4.0 Shaft Sealing

1	construction / function	mechanical seal, single acting	6	API-plan	
2	manufacturer	EagleBurgmann	7	sealing	
3	type	M7-G13	8	sealing execution	
4	material code	Q1AVGG	9	quench / barrier fluid	
5	remarks	component type acc. to manufacturer's standard			

5.0 Bypass / Heating / Design / Bearings

1	bypass	without handwheel	9	heating fluid data	barg	°C
2	setting point	12,0 bar	10	bearing life time	h	
3	max. suction pressure	6,0 barg	11	additional execut. 1		
4	casing design	15 bar, 150°C (25, EN-GJS-400-15)	12	additional execut. 2		
5	design data heating		13	measuring points 1		
6	heating		14	measuring points 2		
7	heating fluid		15			
8	remarks					

6.0 Flanges / Connections

	rule	size	press. rate	position
1	suction	ANSI B16.5	150 lbs RF	left
2	discharge	ANSI B16.5	150 lbs RF	top
3	heating			
4	drain	ANSI B1.20.1		bottom
5	quench			
6	cooling			
7	flange options			
8	remarks			

issued: Hillem / 12.06.2014

checked: Krueger / 13.06.2014

revised:

rev.: 0



ITT

BORNEMANN

Pumps and Systems
www.bornemann.comScrew Pump
HC 300 - 46/1 / N

quotation no. / pos.

ND 21400829 / 1,0

page: 2

7.0 Installation / Rotation / Name Plate

1	installation	horizontal	5	rotation	right
2	location	outdoor	6	pos. of drive shaft	left
3	area classification		7/8	name plate	English / stainless steel
4	remarks				

8.0 Accessories

1	base plate		9	maker coupling	
2	execution code		10	coupling type	
3	option base plate 1		11	coupling guard	
4	option base plate 2		12	cover for drive	
5	drip pan		13	instruments/options	
6	mounting option 1		14	spare parts	
7	mounting option 2		15	electrical wiring	
8	remarks				

9.0 Drive

1	drive system	diesel engine	11	frequency (Hz)	
2	type		12	protection	
3	manufacturer		13	explosion proof	
4/5	size/ mounting form	/ /	14	thermal class	
6	start		15	certificate	
7	power (kW)		16	supplied by	customer
8	speed (1 min-)	1800 1000	17	assembly	customer
9	voltage (V)		18		
10	remarks	with gear reducer and switch clutch			

10.0 Painting / Conservation

1	painting	grey, RAL 7038 (Offshore)	5	intermediate coat	acc. to QSA 09010 (Offshore)
2	surface preparation	acc. to QSA 09010 (Offshore)	6	final coat	acc. to QSA 09010 (Offshore)
3	primer coat	acc. to QSA 09010 (Offshore)	7	preservation	acc. to QSA 09011 standard
4	remarks				

11.0 Mill Certs / Testing

1	casing		11	liner		
2	shafts		12	bearing housing		
3	screws		13	intermediate flange		
4	additional parts					
Testing		yes/no	according to	by	pressure	test medium
5	hydrostat. press. test	yes	EN 10204-2.2	BORNEMANN	1,5 x pD	water
6	performance test	yes	VDMA 24284	BORNEMANN		
7	NPSH-test	no				
8	noise level test	no				
9	vibration test	no				
10	remarks					

12.0 Documentation

1	language	English	6	operation manual	1-fold
2	hydrostat. press. test	1-fold	7	mill certs	
3	performance test	1-fold	8	dimensional drawing	1-fold
4	documents to				
5	remarks				

13.0 Weights / Packing

1	pump	kg	3	accessories	kg	5	total gross	kg
2	base plate	kg	4	total net	kg	6	packing	

14.0 Remarks

1	additional tests:	
-mechanical run test acc. to API 8.3.5 non witnessed		

issued: Hillem / 12.06.2014

checked: Krueger / 13.06.2014

revised:

rev.: 0

Chart: Flow & Speed / NPSHr
HC 300 46/1



ITT

Bornemann

Customer: ITT Perú
Plant:
Request-No.:
Project title: HC300
Project-No.:
Tag-No.:
Offer- / Order-No.: ND21400829.REV01

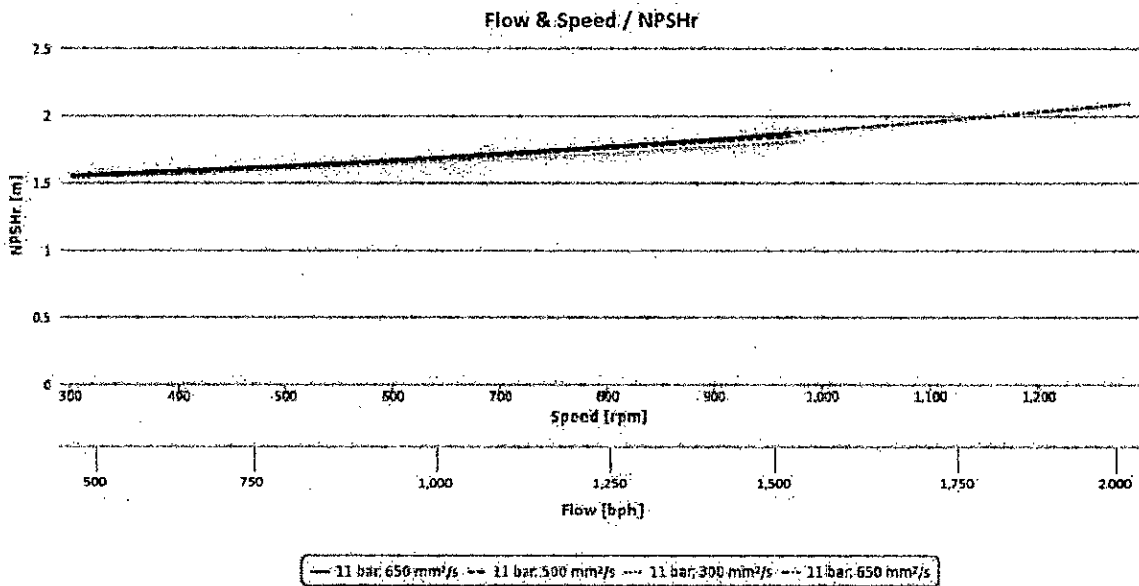


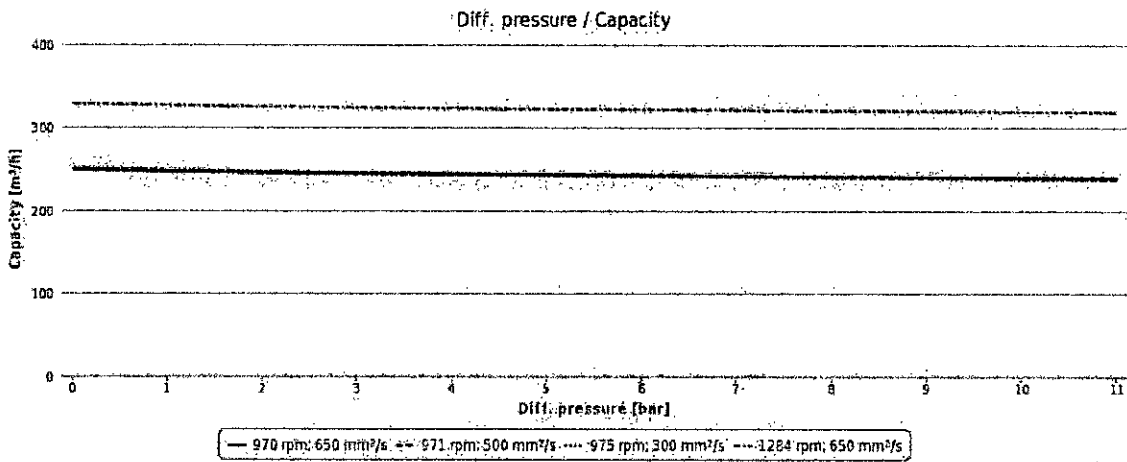
Chart: Diff. pressure / Capacity
HC 300 46/1



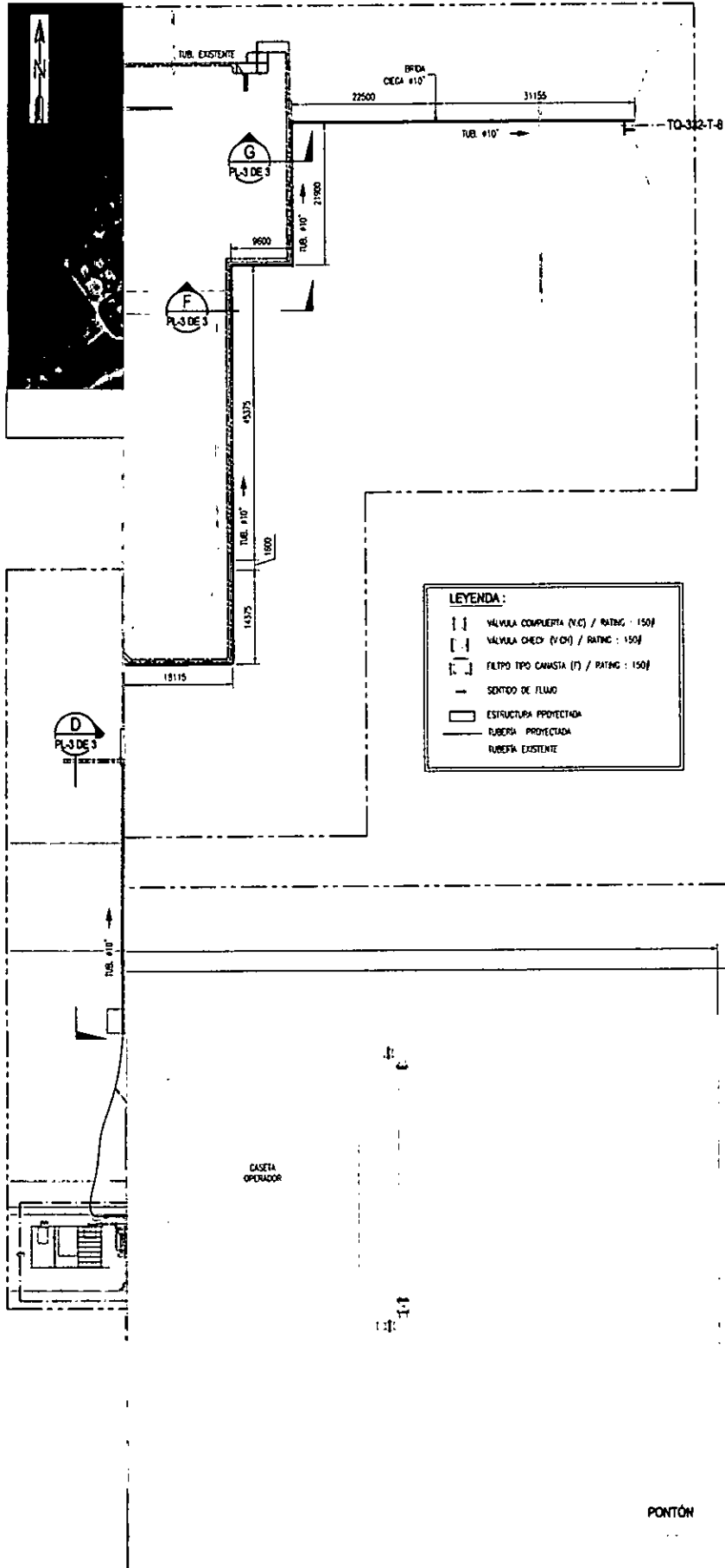
ITT

B Bornemann

Customer: ITT Peru
Plant:
Request-No.:
Project title: HC300
Project-No.:
Tag-No.:
Offer- / Order-No.: ND21400829 REV01



Anexo 8.5: Plano Layout del Sistema de Bombeo

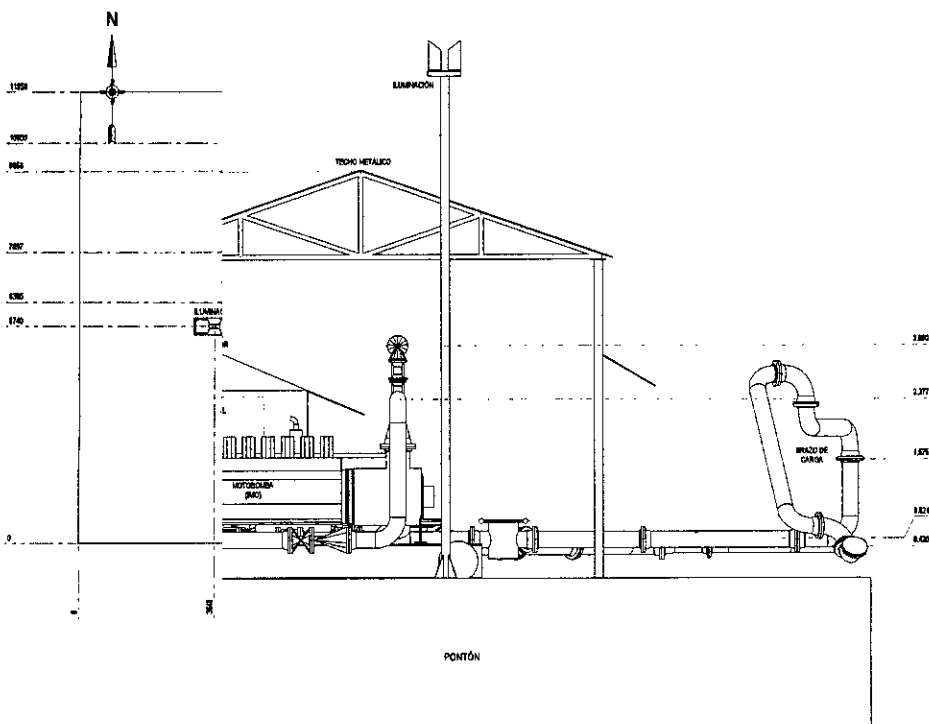


LEYENDA:

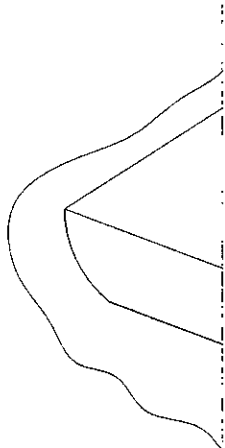
	VALVULA COMPLETA (V.C) / RATING : 150#
	VALVULA CHECK (V.CK) / RATING : 150#
	FILTRO TIPO CANASTA (F) / RATING : 150#
	SENTIDO DE FLUJO
	ESTRUCTURA PROTECTADA
	TUBERIA PROTECTADA
	TUBERIA EXISTENTE

CLIENTE: **PETROPERÚ**
 PROYECTO: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA EL TRANSPORTE DE 1500 BPH DE CRUDO DE GRAVEDAD 18.5 API EN LAS INSTALACIONES DE LA REFINERIA QUITOS**
 PLANO: **TUBERIAS
 PLANO SISTEMA DE BOMBEO
 LAYOUT GENERAL**
 ESCALA: **N PLANO** **1 DE 1** **REV: 0**

Anexo 8.6: Plano As Built de la Barcaza



VISTA DE ELEVACIÓN : AS BUILT MUELLE 01
Etc. : 150

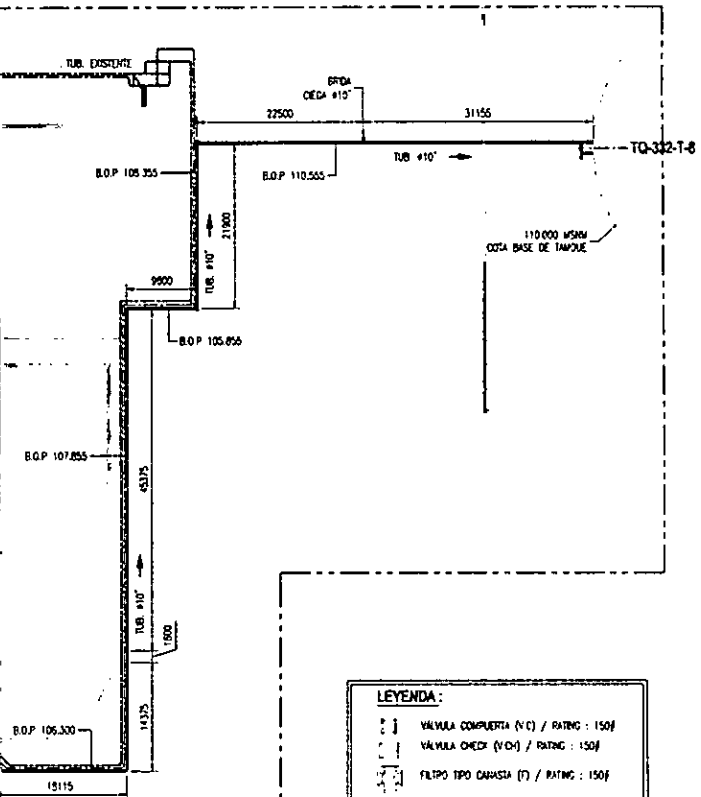


LISTA DE EQUIPOS	
DESCRIPCIÓN	MEDIDAS
MOTOBOMBA (M.O.) MODELO : G78 8208-08 6FGEM001 Ø succión : Ø12" X 150# Ø descarga : Ø12" X 150# P. succión : 7 P&A P. descarga : 150 P&A VELOCIDAD : 1740 / 1825 RPM	PATÍN LARGO : 4.774 m ANCHO : 1.855 m
MOTOBOMBA (ROOPER) MODELO : ORA-11418 Ø succión : Ø8" X 150# Ø descarga : Ø8" X 150#	PATÍN LARGO : 3.510 m ANCHO : 1.175 m
ELECTROBOMBA MODELO : S&B3 4X808L Mantenido : TRAFANCO 440 V Ø succión : Ø8" X 150# Ø descarga : Ø4" X 150# VELOCIDAD : 3600 RPM	PATÍN LARGO : 1.738 m ANCHO : 0.890 m
MOTOBOMBA DE DIESEL MODELO : RM 70 SERIE : 72280 Ø succión : Ø4" X 150# Ø descarga : Ø4" X 150#	PATÍN LARGO : 3.800 m ANCHO : 1.245 m
TANQUE DIARIO COMBUSTIBLE : DIESEL VOLUMEN : 737 GALONES	LARGO : 1.587 m ANCHO : 1.850 m ALTURA : 1.200 m
CAJETA OPERADOR	LARGO : 4.180 m ANCHO : 2.830 m ALTURA : 2.660 m
PONTÓN	LARGO : 50.808 m ANCHO : 11.850 m

LEYENDA:	
	VÁLVULA COMPUERTA (V.C.) / RATING : 150#
	VÁLVULA CHECK (V.CH.) / RATING : 150#
	FILTRO TIPO CAMASTA (F.) / RATING : 150#
	SENTIDO DE FLUJO

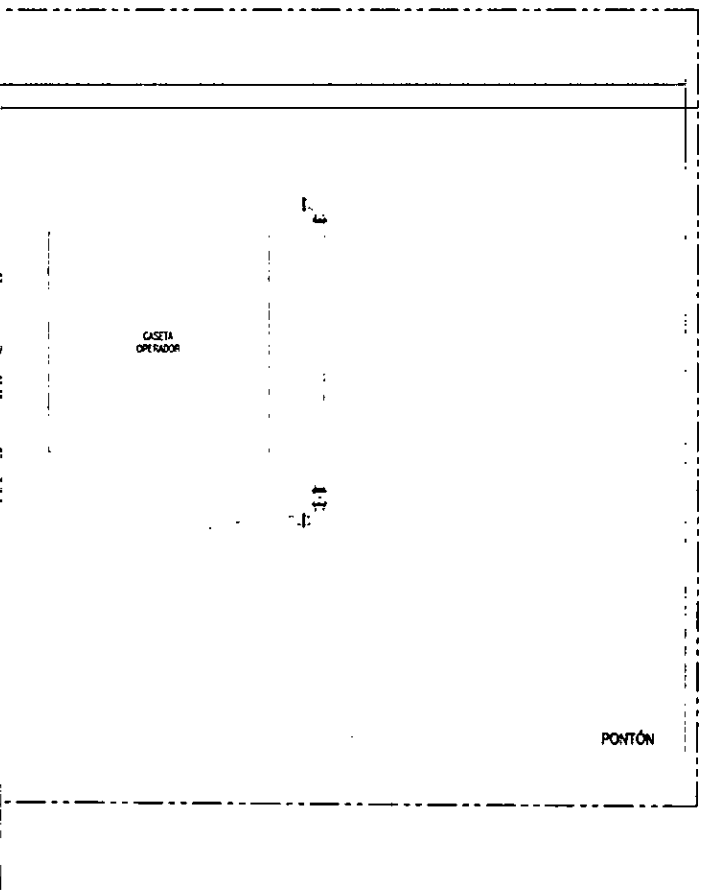
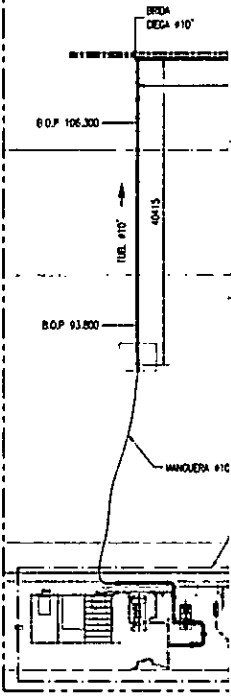
CLIENTE: **PETROPERÚ**
 PROYECTO: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA EL TRANSPORTE DE 1500 BPH DE CRUDO DE GRAVEDAD 18.5 API EN LAS INSTALACIONES DE LA REFINERÍA IQUITOS**
 PLANO: **TUBERÍAS**
PLANO SISTEMA DE BOMBEO COTAS GENERALES AS-BUILT - MUELLE 01

Anexo 8.7: Plano de Cotas Generales



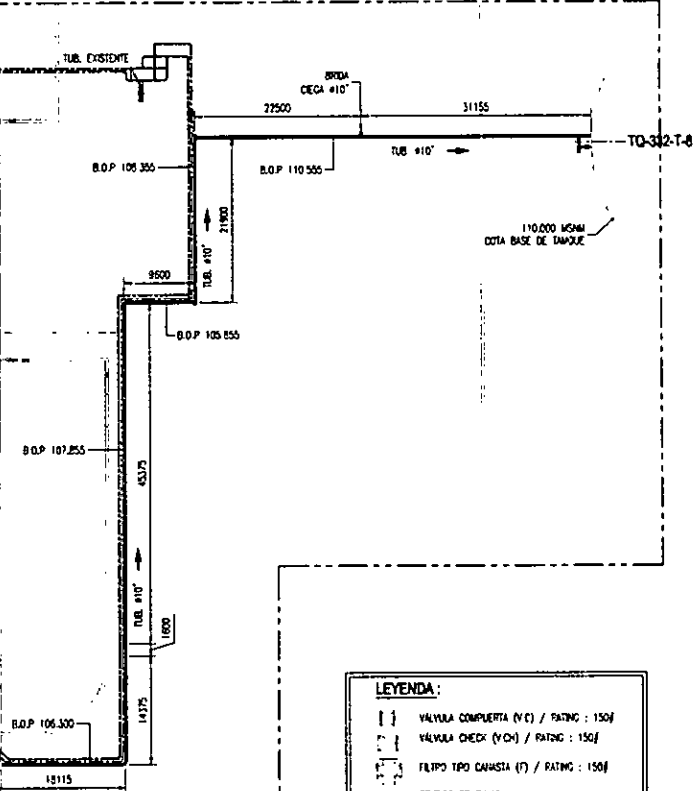
LEYENDA:

- VALVULA COMPLETA (V.C.) / RATING : 150F
- VALVULA CHECK (V.C.H.) / RATING : 150F
- FILTRO TIPO CARASTA (F) / RATING : 150F
- SENTIDO DE FLUJO
- ESTRUCTURA PROYECTADA
- TUBERIA PROYECTADA
- TUBERIA EXISTENTE



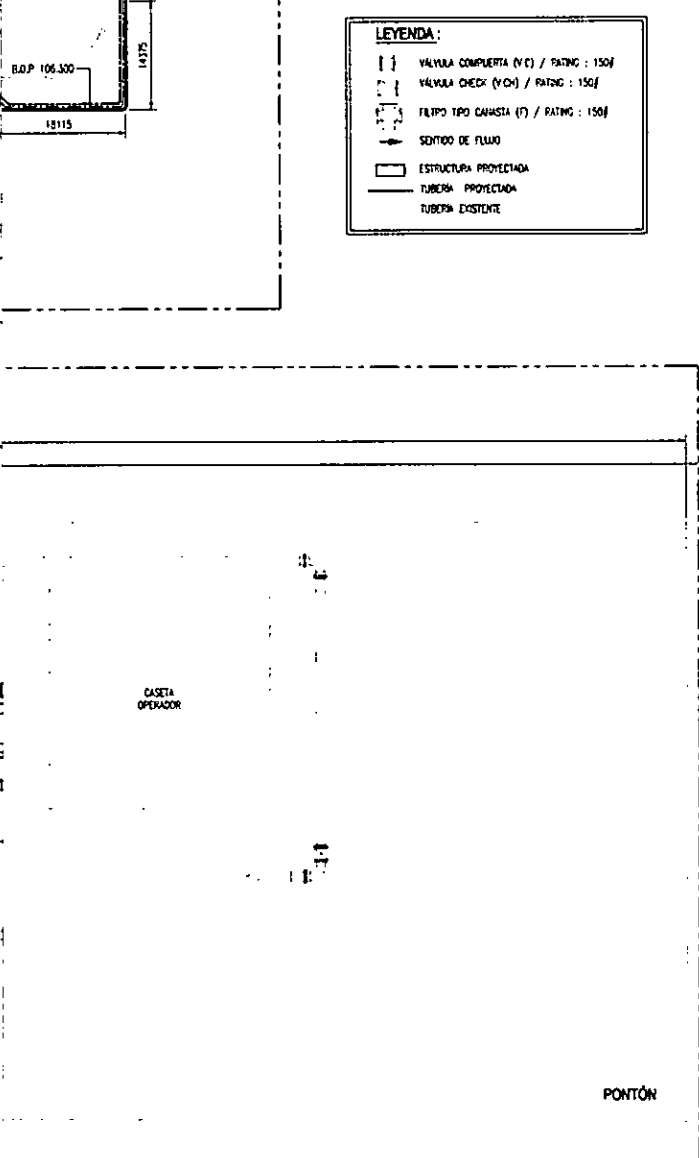
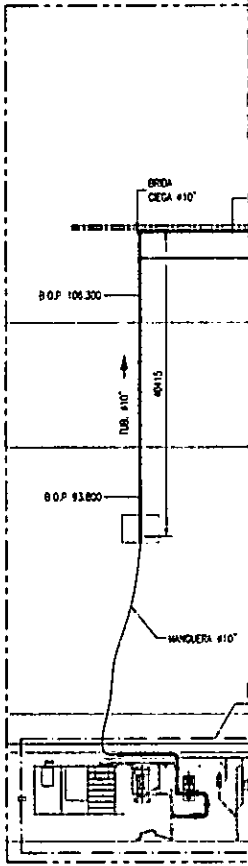
CLIENTE: **PETROPERÚ**
 PROYECTO: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA EL TRANSPORTE DE 1500 BPH DE CRUDO DE GRAVEDAD 18.5 API EN LAS INSTALACIONES DE LA REFINERIA IQUITOS**
 PLANO: **TUBERÍAS**
PLANO SISTEMA DE BOMBEO COTAS GENERALES PERIODO DE ESTIAJE
 ESCALA: **N PLANO**

HOJA: **1 DE 2** REV: **0**



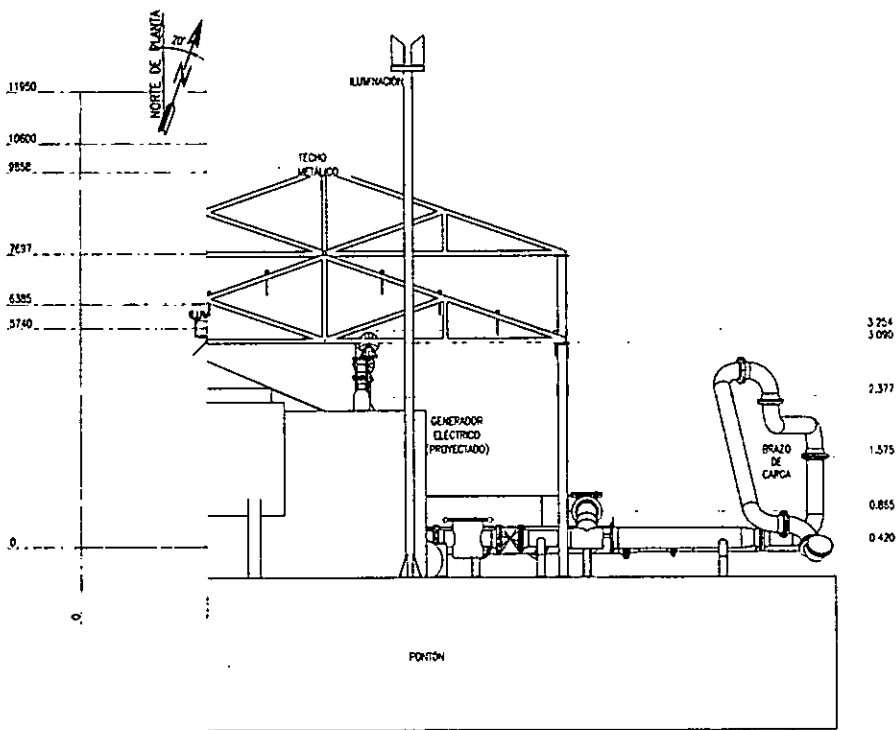
LEYENDA:

	VÁLVULA COMPLETA (V.C) / RATING : 150#
	VÁLVULA CHECK (V.CH) / RATING : 150#
	FILTRO TIPO CANNIST (F) / RATING : 150#
	SENTIDO DE FLUJO
	ESTRUCTURA PROYECTADA
	TUBERÍA PROYECTADA
	TUBERÍA EXISTENTE

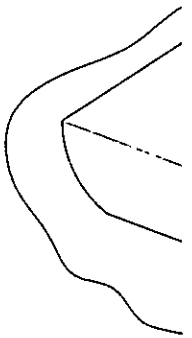


CUENTE: PETROPERÚ
 PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA EL TRANSPORTE DE 1500 BPH DE CRUDO DE GRAVEDAD 18.5 API EN LAS INSTALACIONES DE LA REFINERIA IQUITOS
 PLANO: TUBERÍAS
 PLANO SISTEMA DE BOMBEO COTAS GENERALES PERIODO DE CRECIENTE
 ESCALA: N° PLANO
 HOJA: 2 DE 2
 REV: 0

Anexo 8.8: Plano de Detalles Constructivos del Sistema de Bombeo



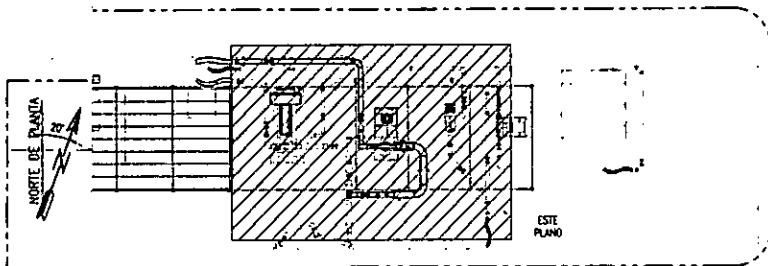
VISTA DE ELEVACIÓN : MUELLE 01
ESC. 1/100



LISTA DE EQUIPOS PROYECTADOS	
DESCRIPCION	MEDIDAS
SPID ELECTROBOMBA	FATM
BRANDE	LARGO : 4.00 m
MODELO : BOPNEWHY HC300-46	ANCHO : 2.00 m
S. motor : 216" 150#	
Ø motor : 215" 150#	
P. motor : 9.31 PSIG	
P. bomba : 133.12 PSIG	
MOTOR	
RPM : 1700	
POTENCIA : 400 HP	
FASES : 3	
FRECUENCIA : 60HZ	
VOLTAGE : 480VOLTS	

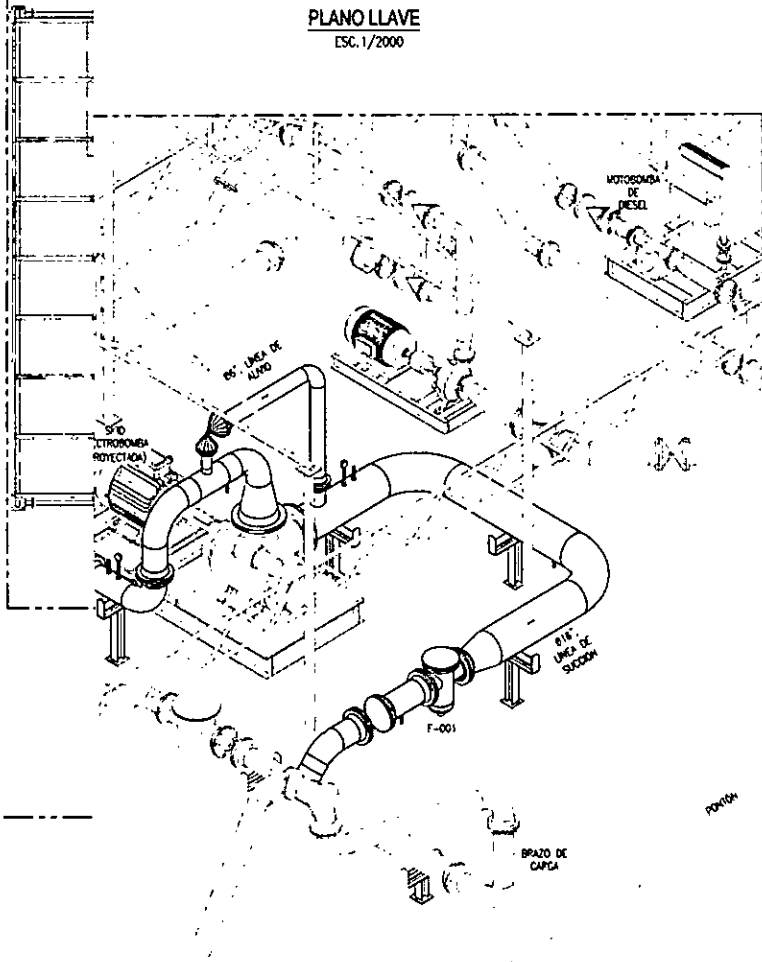
LEYENDA :	
	VALVULA CUBIERTA (V.C.) / RATING : 150#
	VALVULA CHECK (V.CH.) / RATING : 150#
	FILTRO TIPO CANASTA (F.) / RATING : 150#
	SENTIDO DE FLUJO
	ESTRUCTURA PROYECTADA
	TUBERIA PROYECTADA
	TUBERIA EXISTENTE

CLIENTE	PETROPERÚ		
PROYECTO	DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA EL TRANSPORTE DE 1500 BPH DE CRUDO DE GRAVEDAD 18.5 API EN LAS INSTALACIONES DE LA REFINERIA QUITOS		
PLANO	TUBERÍAS PLANO DE DETALLES CONSTRUCTIVOS DEL SISTEMA DE BOMBEO		
ESCALA	N. PLANO	HOJA	1 DE 3 REV. 0



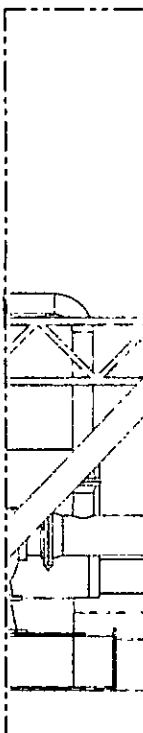
PLANO LLAVE

ESC. 1/2000



DESCARGA Y ALIVIO DE ELECTROBOMBA PROYECTADA

ESC. 1/40

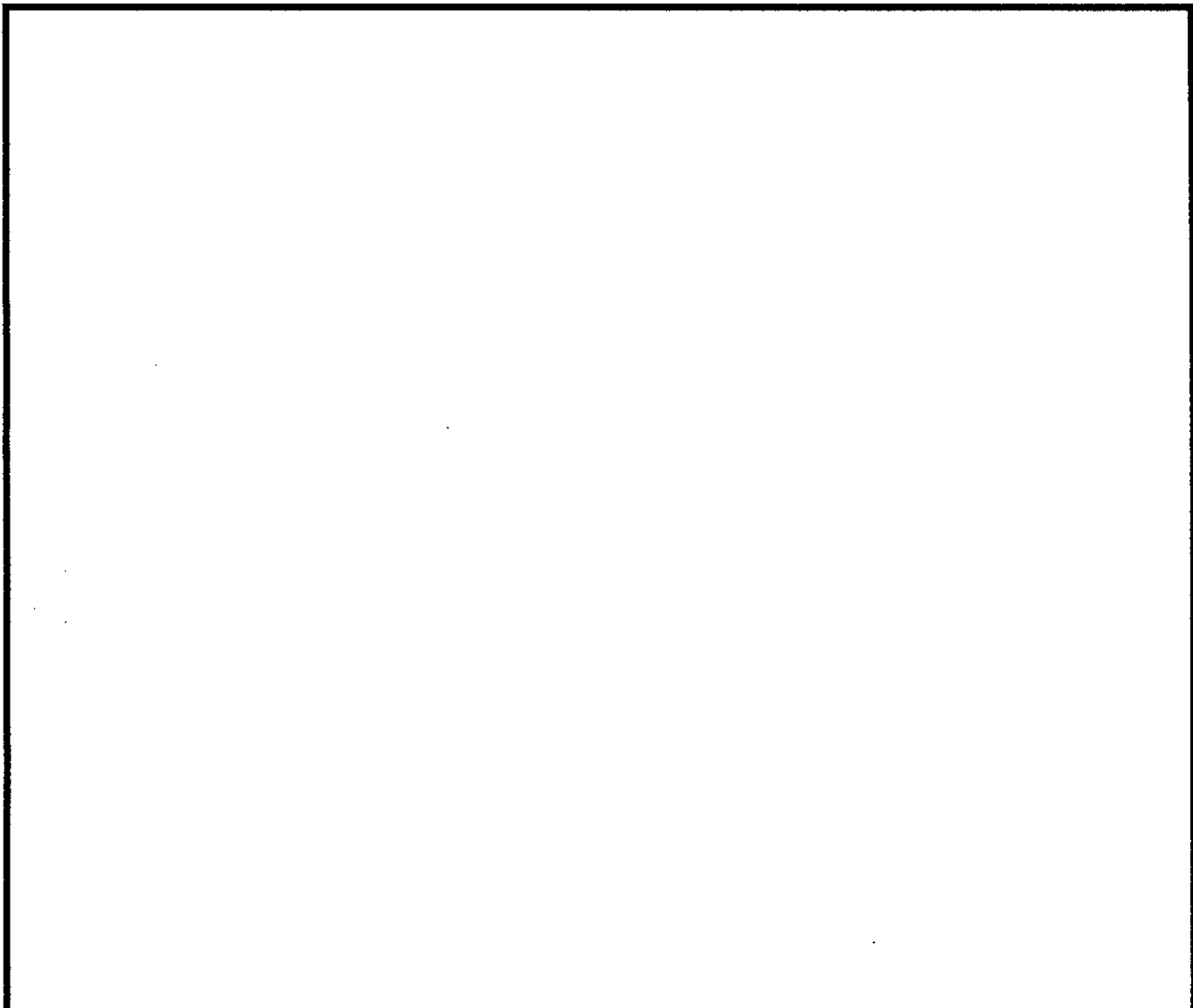


LISTA DE EQUIPOS PROYECTADOS	
DESCRIPCION	MEDIDAS
ELECTROBOMBA	PATIN
BOSNEMAN HC300-16	LARGO 4.00 m
Ø18" 150"	ANCHO 2.00 m
Ø18" 150"	
Ø31" PSC	
Ø35.12" PSC	
Ø1200	
400 HP	
Ø304	
Ø400	
Ø400	


CUENTE	PETROPERÚ		
PROYECTO	DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA EL TRANSPORTE DE 1500 BPH DE CRUDO DE GRAVEDAD 18.5 API EN LAS INSTALACIONES DE LA REFINERIA IQUITOS		
PLANO	TUBERÍAS PLANO DE DETALLES CONSTRUCTIVOS DEL SISTEMA DE BOMBEO		
ESCALA	N° PLANO	HOJA	REV.
		2 DE 3	0

Anexo 8.9: Plano de Detalles de la Barcaza de Crudo

Anexo 8.10: Piping Class



0	Elaboración Final	15/03/2014	JOT	JTP	JOT	PETRO
REV./CANT	DESCRIPCIÓN	FECHA	PROY.	REV.	APROB.	CLIENTE

	PETROPERÚ					
	DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA REFINERÍA IQUITOS PIPING CLASS					

PETROPERÚ SE RESERVA LA PROPIEDAD DE ESTE DOCUMENTO CON PROHIBICIÓN DE REPRODUCIRLO, MODIFICARLO O TRANSFERIRLO EN TODO O EN PARTE.	Nº PETRO	14007-PETRO-ME-ET-001			
	ESC.: N/A	JOB: 14007			0 REVISIÓN

PROYECTO: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA - PIPING CLASS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA**1. OBJETIVO**

Esta especificación "PIPING CLASS" define los requisitos técnicos para los materiales de tuberías, válvulas y accesorios que se utilizarán en las instalaciones de PetroPerú.

2. ALCANCE

Esta especificación establece los requisitos técnicos de las tuberías, válvulas y accesorios que se deberá considerar para las instalaciones de PetroPerú.

PROYECTO: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA - PIPING CLASS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

TEMPERATURA LIMITE	°F	-20a100	200	300	400
PRESIÓN LIMITE	psig	285	255	230	200

CLASE DE BRIDA: **150 lbs**
 CORROSION: 0,126 pulg.
 MATERIAL: ACERO AL CARBONO (A.C.)
 NORMA: ASME B31.4

SERVICIO: HIDROCARBURO LIQUIDO Y GAS

DESCRIPCIÓN	MATERIAL	SCH.	CLASE	NORMA REF.	EXTREMOS	DIAMETRO	NOTAS
TUBERIA SIN COSTURA	API 5L Gr.B	160		ANSI B 36.10	PE	1/2"	(15)
TUBERIA SIN COSTURA		80		ANSI B 36.10	PE	3/4" - 1 1/2"	(15)
TUBERIA SIN COSTURA		40		ANSI B 36.10	BW	2"	(1)(15)(20)
TUBERIA SIN COSTURA		40		ANSI B 36.10	BW	2 1/2" - 6"	(1)(15)
TUBERIA SIN COSTURA		40		ANSI B 36.10	BW	8"	(1)
TUBERIA SIN COSTURA	API 5L Gr.B	40		ANSI B 36.10	BW	10" - 14"	(1)(17)
TUBERIA SIN COSTURA		40		ANSI B 36.10	BW	16" - 18"	(1)(17)
TUBERIA SOLDADA (ERW)	API 5L Gr.B	40		ANSI B 36.10	BW	20"-24"	(1)
TUBERIA SIN COSTURA (N		20		ANSI B 36.10	BW	30"	(1)
TUBERIA SIN COSTURA (N	ASTM A-106 Gr.B	XXS		ANSI B 36.10	NPT	1/2"	(10)
TUBERIA SIN COSTURA (N		160		ANSI B 36.10	NPT	3/4" - 2 1/2"	(10)
TUBERIA SIN COSTURA (N		80		ANSI B 36.10	NPT	3" - 4"	(10)
ACCESORIOS FORJADOS	ASTM A-105		6000#	ANSI B 16.11	SW / NPT	1/2"	(6) (7) (10)
ACCESORIOS FORJADOS	ASTM A-105		3000#	ANSI B 16.11	SW / NPT	3/4" - 1 1/2"	(6) (7) (10)
ACC. TUBERIA FORJADOS	ASTM A-234 Gr. WPB	(3)		ANSI B 16.9	BW	2" - 24"	(8)
ACC. TUBERIA FORJADOS	ASTM A-234 Gr. WPB	(3)		ANSI B 16.9	BW	30"	(8)
BRIDA	ASTM A-105	(3)	150#	ANSI B 16.5	SW / RF	1/2" - 1 1/2"	(2)
BRIDA	ASTM A-105		150#	ANSI B 16.5	SO / RF	2" - 24"	(2)
BRIDA	ASTM A-105	(3)	150#	ANSI B 16.5	WN / RF	2" - 24"	(2) (5)
BRIDA	ASTM A-105	(3)	150#	ANSI B 16.47	WN / RF	30"	(2)(18)
BRIDA CIEGA	ASTM A-105		150#	ANSI B 16.5	BLIND RF	1/2" - 24"	(2)
BRIDA CIEGA	ASTM A-105		150#	ANSI B 16.47	BLIND RF	30"	(2)(18)
BRIDA ORIFICIO	ASTM A-105	(3)	300#	ANSI B 16.36	WN / RF	1" - 24"	(2)
EMPAQUETADURAS	FLAT RING LAP	e=0,063 in		150#	ANSI B 16.21		(14)(23)
	"NON-ASBESTOS"	e=0,126 in		150#	ANSI B 16.21		(14)(23)
ESPARRAGOS	ASTM A-193 Gr. B7 ZINC.						(4)
TUERCAS	ASTM A-194 Gr. 2H ZINC.						
FIGURA 8	ASTM A-516 Gr. 70		150#	ANSI B 16.5	RF	1/2" - 30"	(2) (9)
ANILL DE GOTEO (DRIP RII	ASTM A-516 Gr. 70		150#	ANSI B 16.5	RF	1/2" - 30"	
JUNTA DIELECTRICA	ARAMIDA/NBR FIBER		150#	ANSI B 16.5	RF	1/2" - 30"	
WELDOLET	ASTM A-105	40		MSS-SP 97	BW	2" - 4"	
SOCKOLET	ASTM A-105		6000#	MSS-SP 97	SW	1/2"	
SOCKOLET	ASTM A-105		3000#	MSS-SP 97	SW	3/4" - 1 1/2"	
THREDOLET	ASTM A-105		6000#	MSS-SP 97	SW	1/2"	
THREDOLET	ASTM A-105		3000#	MSS-SP 97	SW	3/4" - 1 1/2"	
LATROLET	ASTM A-105		6000#	MSS-SP 97	SW	1/2"	
LATROLET	ASTM A-105		3000#	MSS-SP 97	SW	3/4" - 1 1/2"	
LATROLET	ASTM A-105	40		MSS-SP 97	BW	2" - 4"	
ELBOLET	ASTM A-105		6000#	MSS-SP 97	SW - NPT	1/2"	(10)
ELBOLET	ASTM A-105		3000#	MSS-SP 97	SW - NPT	3/4" - 1 1/2"	(10)
ELBOLET	ASTM A-105	40		MSS-SP 97	BW	2" - 4"	
NIPLE FORJADO	ASTM A-106 Gr. B	(3)		ANSI B 36.10	BW-PE-NPT	1/2" - 4"	(10) (16)
REFUERZO	ASTM A-106 Gr. B	(3)		ANSI B 36.10		6" - 14"	
TUBING	ASTM A-269			AISI-A304		1/4" - 1/2"	(21)
ACCESORIOS TUBING	ASTM A-269			AISI-A316	Conector Macho	1/4" - 1/2"	(22)

PROYECTO: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA - PIPING CLASS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICANOTAS:

- (1) EXTREMOS BISELADOS ACORDE ANSI B 16.25.
- (2) ACABADO DE CARA TIPO RANURADO CONCENTRICO.
- (3) ESPESOR SIMILAR A ESPESOR DE TUBERIA.
- (4) LONGITUD ACORDE ANSI B 16.5 (EXCEPTO PARA PSV, PLATO ORIFICIO, DRIP RING, VALVULAS TIPO WAFER).
- (5) BRIDAS WN RF SERÁN USADAS PARA TEMP. DE OPERACIÓN > 266°F O PARA TUBERÍAS DE COMPRESORES RECIPROCANTES.
- (6) EXTREMOS SW SERÁN USADOS PARA CODOS DE 90°, 45°, TEE, TEE RED., COUPLING, RED. COUPLING, INSERTOS RED.
- (7) EXTREMOS ROSCADOS SERAN USADOS PARA CUPLAS, CUPLAS LARGAS (LA LONGITUD SERÁ 1" MAYOR AL ESPESOR DEL AISLAMIENTO), TAPONES DE CABEZA HEXAGONAL, NIPLES HEXAGONALES.
- (8) EXTREMOS BW SERÁN USADOS PARA CODOS 90° L.R., 45° L.R., TEE, TEE RED., RED. CONCENTRICA, RED. EXCENTRICA, CAPS
- (9) AGUJERO DE DRENAJE, DEBE SER DE 1/2" DIAM. ROSCADO PARA TUBERIAS HASTA 3" Y 3/4" PARA TUBERIAS MAYORES A 3".
- (10) EXTREMO ROSCADO ACORDE ANSI B 1.20.1.
- (11) ELIMINADO.
- (12) BW EXTREMOS SERAN USADOS PARA DIAMETROS 1 1/2" Y MAS.
- (13) ERW: ELECTRICAL RESISTANCE WELDED (SOLDADURA POR RESISTENCIA ELECTRICA).
- (14) PARA EMPAQUETADURAS DE BRIDA ORIFICIO VER CLASE CB40.
- (15) SI LAS CONEXIONES ROSCADAS SON REQUERIDAS ,SE DEBEN USAR NIPLES SIN COSTURA CON EL ESPESOR ESPECIFICADO.
- (16) ESPESOR DEL EXTREMO ROSCADO SERÁ IGUAL AL ESPESOR DEL NIPLE SIN COSTURA.
- (17) ALTERNATIVAMENTE, SE PUEDE UTIZAR EL TUBO SOLDADO (ERW):
10" – SCH. 20
12" – SCH. 30
14"-16" – SCH. 20
18" – SCH. STD
- (18) TIPO "A".
- (19) TRATAMIENTO TERMICO: NORMALIZADO, MICROESTRUCTURA: FERRITA-PERLITA, COMPOSICIÓN QUIMICA: (WT %) C MIN 0.08 MAX 0.10, MN MIN 0.95 MAX 1.15, SI MIN 0.15 MAX 0.25, S MAX 0.005, P MAX 0.015, CR MAX 0.05, NI MAX 0.05, CU MAX 0.1, MO MAX 0.02, V MAX 0.06, NB MAX 0.005, TI MAX 0.02, AL MIN 0.01 MAX 0.040, SN MAX 0.015, N MIN 0.008 MAX 0.013, B MAX 0.0005, PROPIEDADES DE TRACCIÓN: COMO ESTA ESPECIFICADO EN LA TABLA 3 DE API SPEC 5L (EDICION DE ABRIL 01,1995), PRUEBAS DE TENACIDAD: DE ACUERDO CON EL REQUERIMIENTO COMPLEMENTARIO SR5 (APÉNDICE F) DE API SPEC 5L (EDICIÓN ABRIL 01,1995). LOS SIGUIENTES REQUISITOS SON OBLIGATORIOS: PROMEDIO MIN. ENERGIA CHARPY:50 LB-PIE (68J) A 32 °F (0 °C) PROMEDIO MIN. ANGULO DE CORTE: 70% AT 32 °F (0 °C).
- (20) PRESIÓN DE DISEÑO DE TUBERIA DIA. 2" SCH. 40 = 142 psig @ -20 a 400 °F.
- (21) RECOCIDO SIN COSTURA. TUBING 0.035"
- (22) SWAGelok O EQUIVALENTE
- (23) RF, SPIRAL WOUND. OPCIONAL RF FLEXITALLIC STYLE CG O EQUIVALENTE

PROYECTO: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA - PIPING CLASS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

TEMPERATURA LIMIT °F	-20a100	200	300	400
PRESIÓN LIMITE psig	285	255	230	200

 CLASE BRIDA: 160 lbs
 Corrosión: 0,126 pulg.

SERVICIO: HIDROCARBURO LIQUIDO Y GAS

VALVULAS ESFERICAS (C)

BF, FF, BFL, FFL : BRIDA
 BR , FR , BRL , FRL: NPT

DIAMETRO	1/2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3"	4"	6"	8"	10" y DIAM >	NOTAS	
PARTES												
CUERPO	ASTM A-105 O ASTM A-216 Gr. WCB		ASTM A-105 o A-216 Gr. WCB o A-350 LF2				ASTM A-216 Gr. WCB o A-350 LF2					
VASTAGO	ACERO INOXIDABLE AISI 316								ACERO INOXIDABLE AISI 316 o 17-4-PH W/ 0,001" ENP			
ASIENTO	TEFLON O DELRIN								METAL CON INSERTO DE TEFLÓN O VITON			
ESFERA	ASTM A-351 CF8M o AISI 316		ACERO INOXIDABLE AISI 316									
CARACTERÍSTICAS	DESCRIPCIÓN											
TIPO	AGUJERO REDUCIDO CONTRA FUEGO (B)											
ESFERA GUIADA (TRUNNION)	NO								SI			
OPERADOR	LLAVE							ENGRANAJE				
EXTREMOS	NPT (A)			BRIDA RF ACORDE CON ANSI B16.5								
CLASE	2000 CWP-250°F				150#-250°F							
FABRICANTE												

NOTAS:

- (A) EN CASOS ESPECIALES SE PUEDE USAR EXTREMOS CON BRIDA 150# RF
- (B) PASO TOTAL SI ESTÁ INDICADO EN EL P&ID
- (C) NO USAR PARA TUBERIAS CON TEMPERATURA DE OPERACIÓN SOBRE 266 °F.
- (D) EXTREMOS 2000 WOG o 800# NPT, PUEDEN SER USADOS EN CASOS ESPECIALES.

PROYECTO: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA - PIPING CLASS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

TEMPERATURA LIMIT °F	-20a100	200	300	400
PRESIÓN LIMITE psig	285	255	230	200

 CLASE BRIDA: 150 lbs
 Corrosión: 0,126 pulg.

SERVICIO: HIDROCARBURO LIQUIDO Y GAS

VALVULAS TIPO COMPUERTA

EF , EFL, EFE : BRIDA
ER ; ERL: NPT

DIAMETRO	1/2" hasta 3/4"	1" hasta 1 1/2"	2" hasta 10"	12" y DIAM > 12"	NOTAS (VENDOR)
PARTES	MATERIAL				
CUERPO	ASTM A-105		ASTM A-216 Gr. WCB		
BONETE EMPERNADO	ASTM A-105 (A)		ASTM A-216 Gr. WCB (A)		
VASTAGO ASCENDENTE	AISI 316		AISI 410		
ASIENTO DE RECAMBIO	AISI 316		AISI 410		
CUÑA	AISI 316		ACERO AL CARBONO (C.S.) WITH AISI 410		
EMPAQUE	GRAFOIL o EQUIVALENT (B)		JHON CRANE 3871 o EQUIVALENT (B)		
CARACTERISTICAS	DESCRIPCIÓN				
OPERADOR	VOLANTE			ENGRANES	
EXTREMOS	NPT (C)		BRIDA RF ACORDE A ANSI B16.5		
CLASE	2000# CWP-350°F		150#-250°F		
JUNTA DEL CUERPO BONETE	AISI 304 CON GRAFOIL		AISI 304		
FABRICANTE					

NOTAS :

- (A) TORNILLO EXTERIOR Y YUGO
- (B) ADECUADO PARA EL REEMPAQUE BAJO PRESIÓN EN POSICIÓN ABIERTA.
- (C) EN CASOS ESPECIALES SE PUEDE USAR EXTREMOS CON BRIDA 150# RF
- (D) EXTREMOS 800# NPT PUEDEN SER USADOS EN CASOS ESPECIALES

PROYECTO: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA - PIPING CLASS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

 TEMPERATURA LIMIT °F
 PRESIÓN LIMITE psig

-20a100	200	300	400
285	255	230	200

 CLASE BRIDA: 160 lbs
 Corrosión: 0,126 pulg.

SERVICIO: HIDROCARBURO LIQUIDO Y GAS

VALVULAS TIPO GLOBO

 GF: BRIDA
 GR: NPT

DIAMETRO	1/2" hasta 3/4"	1" hasta 1 1/2"	2" hasta 6"	8" y DIAM > 8"	NOTAS (VENDOR)
PARTES	MATERIAL				
CUERPO	ASTM A-105		ASTM A-216 Gr. WCB		
BONETE EMPERNADO	ASTM A-105 (A)		ASTM A-216 Gr. WCB (A)		
VASTAGO ASCENDENTE	AISI 316		AISI 410		
ASIENTO DE RECAMBIO	AISI 316		AISI 410		
TAPÓN	AISI 316		ACERO AL CARBONO (C.S.) CON AISI 410		
EMPAQUE	GRAFOIL o EQUIVALENTE (B)		JHON CRANE 387i o EQUIVALENTE (B)		
CARACTERISTICAS	DESCRIPCIÓN				
OPERADOR	VOLANTE ASCENDENTE			ENGRANAJE	
EXTREMOS	NPT (C)		BRIDA RF ACORDE A ANSI B16.5		
CLASE	2000# CWP-350°F		150#-250°F		
JUNTA DEL CUERPO BONETE	AISI 304 CON GRAFOIL		AISI 304		
FABRICANTE					

NOTAS :

- (A) TORNILLO EXTERIOR Y YUGO
- (B) ADECUADO PARA EL REEMPAQUE BAJO PRESIÓN EN POSICIÓN ABIERTA.
- (C) EN CASOS ESPECIALES SE PUEDE USAR EXTREMOS CON BRIDA 150# RF
- (D) EXTREMOS 800# NPT PUEDEN SER USADOS EN CASOS ESPECIALES

PROYECTO: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA - PIPING CLASS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

 TEMPERATURA LIMIT °F
 PRESIÓN LIMITE psig

-20a100	200	300	400
285	255	230	200

 CLASE BRIDA: 150 lbs
 Corrosión: 0,126 pulg.

SERVICIO: HIDROCARBURO LIQUIDO Y GAS

VALVULAS TIPO RETENCIÓN (CHECK)

 R: BRIDA, WAFER
 RR: NPT

DIAMETRO	1/2" TO 3/4"	1" TO 1 1/2"	2" y DIAM > 2"	NOTAS (VENDOR)
PARTES	MATERIAL			
CUERPO	ASTM A-105	ASTM A-105	ASTM A-216 Gr. WCB	
TAPON / DISCO	AISI 316	AISI 316	AISI 316	
TAPA EMPERENADA	ASTM A-105	ASTM A-105	-	
RESORTE	-	-	INCONEL X-750	
ASIENTO DE RECAMBIO	AISI 316	AISI 316	AISI 316	
CARACTERISTICAS	DESCRIPCIÓN			
TIPO	PISTON	PISTON	CLAPETA TIPO CHECK	
POSICION	HORIZONTAL	HORIZONTAL	HORIZONTAL	
EXTREMOS	NPT		BRIDA RF ACORDE A ANSI B16.5	
CLASE	2000# CWP-350°F		150#-250°F	
JUNTA DEL CUERPO BONETE	AISI 304 CON GRAFOIL	AISI 304 CON GRAFOIL		
FABRICANTE				

NOTAS :

(A) PARA SER MONTADO ENTRE BRIDAS RF, ACORDE CON ANSI B16.5

PROYECTO: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA - PIPING CLASS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

 TEMPERATURA LIMIT °F
 PRESIÓN LIMITE psig

-20a100	200	300	400
285	255	230	200

 CLASE BRIDA: 150 lbs
 Corrosión: 0,126 pulg.

SERVICIO: HIDROCARBURO LIQUIDO Y GAS

VALVULAS TIPO AGUJA

 NF: BRIDA
 NR: NPT

DIAMETRO	1/4" hasta 1/2"	1/2" TO 3/4"	1" TO 1 1/2"	NOTAS (VENDOR)
PARTES	MATERIAL			
CUERPO	AISI A-316	ASTM A-105		
BONETE	AISI A-316	ASTM A-105		
VASTAGO ASCENDENTE	AISI 316 CON STELLITE			
TUERCA DE BONETE	AISI A-316	ASTM A-105		
EMPAQUE	GRAFOIL			
CARACTERISTICAS	DESCRIPCIÓN			
VOLANTE	ELEVACION	ELEVACION	ELEVACION	
EXTREMOS	NPT-HEMBRA-HEMBRA		BRIDA RF ACORDE A ANSI B16.5 (A)	
CLASE	6000# CWP@350 °F	5000 psi @ 450°F	150#	
FABRICANTE				

NOTAS:

(A) EXTREMOS NPT WOG 5000 PUEDEN SER USADOS EN CASOS ESPECIALES

PROYECTO: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA - PIPING CLASS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

TEMPERATURA LIMIT °F	-20a100	200	300	400
PRESIÓN LIMITE psig	285	255	230	200

CLASE BRIDA: 160 lbs
Corrosión: 0,125 pulg.

SERVICIO: HIDROCARBURO LIQUIDO Y GAS

VALVULAS TIPO MARIPOSA

MW: WAFER

ML: LUG

MLX: FIRESAFE LUG

DIAMETRO		3" hasta 6"	8" hasta 24" (NOTE E)	NOTAS (VENDOR)
PARTES		MATERIAL		
CUERPO		ASTM A-216 Gr. WCB	ASTM A-216 Gr. WCB	
DISCO		ASTM A351 Gr. CF8M		
EJE		ASTM A693 UNSS 17400 TIPO 630		
ASIENTO (A)	F.S.D.	FLEXIBLE O-ANILLO ENCAPSULADO W/ RPTFE + INCONEL X750		
	N.F.S.D.	FLEXIBLE O-ANILLO ENCAPSULADO W/ RPTFE		
CARACTERISTICAS		DESCRIPCIÓN		
EXTREMOS		WAFER TIPO (C) / TIPO LUG		
OPERADOR		LLAVE	ENGRANAJE	
CLASE		VER NOTA F		
ANILLO DE EMPAQUE (A)	F.S.D.	GRAFITO		
	N.F.S.D.	PTFE		
CONSTRUCCION STD		API 609 / ASME B16.34		
FABRICANTE				

NOTAS:

(A) REFERENCIAS: F.S.D.: FIRE SAFE DESIGN - ACORDE CON STD API 607.
N.F.S.D.: NON FIRE SAFE DESIGN.

(B) LAS VALVULAS DEBERAN CUMPLIR CON STD API 609 - Categoría B.

(C) PARA SER MONTADO ENTRE BIRDAS RF, ACORDE CON ANSI B16.5

(D) LAS VALVULAS TIPO LUG DEBERAN SER ADECUADAS PARA SERVICIO BI-DIRECCIONAL TERMINAL.

(E) API 609 CATEGORIA B CUBRE DIAMETROS DESDE 3" A 24".

(F) EL RANGO DE PRESIÓN-TEMPERATURA DEBERA SER MAS BAJO DEL RANGO CUBIERTO, RANGO DEL ASIENTO Y RANGO DE PRESIÓN DIFERENCIAL. COMO EL RANGO DE PRESIÓN-TEMP. PUEDEN SER DIFERENTES A LAS ESTABLECIDAS EN EL PIPING CLASS, SE DEBERA TENER PRECAUCIÓN CUANDO SE DEFINA LA PRESIÓN-TEMP. DE DISEÑO Y LOS VALORES PARA LAS PRUEBAS DE PRESIÓN

PROYECTO: ESPECIFICACIÓN TÉCNICA - PIPING CLASS

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA

 TEMPERATURA LIMIT *F
 PRESIÓN LÍMITE psig

-20a100	200	300	400
285	255	230	200

 CLASE BRIDA: 160 lbs
 Corrosión: 0,126 pulg.

SERVICIO: HIDROCARBURO LIQUIDO Y GAS

VALVULAS TIPO DIAFRAGMA (VER NOTA A)
HF : BRIDA

DIAMETRO	1" TO 2"	3" hasta 4"	6"	8" hasta 10"	NOTAS (VENDOR)
PARTES	MATERIAL				
CUERPO	ASTM A-216 Gr. WCB				
BONETE	ASTM A-126 Gr. CLA				
VASTAGO	SAE 12L14 (C)			SAE 12L14 (C, D)	
DIAFRAGMA	VITON (VER NOTA F)				
REVESTIMIENTO INTERNO	VITON (VER NOTA F)				
CARACTERISTICAS	DESCRIPCIÓN				
OPERADOR	VOLANTE CON INDICADOR LOCAL			VOLANTE	
VASTAGO TIPO	TIPO SALIENTE			ESTANDAR	
EXTREMOS	BRIDA RF ACORDE A ASME B16.5 (B, E)				
BRIDA CLASE	150#				
MÁXIMA PRESIÓN DE TRABAJO	10 kg/cm ² g		6.1 kg/cm ² g	3.5 kg/cm ² g	
TIPO	TIPO RECTO				
FABRICANTE					

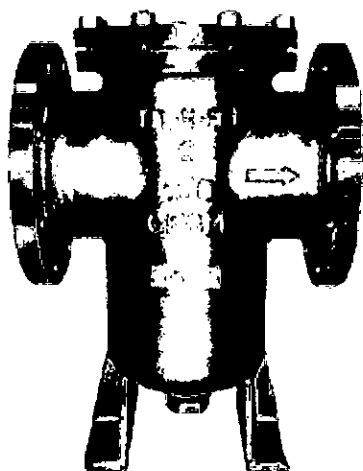
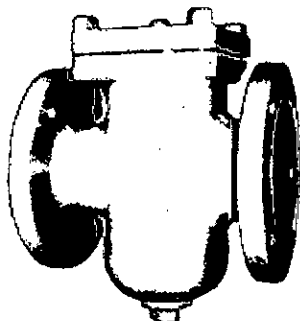
NOTAS :

- (A) VER MÁXIMA PRESIÓN DE TRABAJO DE LÍNEA.
- (B) BRIDAS RF DEBEN ESTAR RECUBIERTAS CON VITON
- (C) LUBRICADO Y AISLADO DESDE EL EXTERIOR
- (D) SELLADO CON ANILLO DE VITON.
- (E) EN CASOS ESPECIALES USAR BRIDAS 150# FF REVESTIDAS CON VITON
- (F) LA TEMPERATURA MAXIMA NO DEBERA EXCEDER 176 *F.
- (G) COMO EL RANGO DE PRESIÓN-TEMPERATURA PUEDEN SER DIFERENTES A LAS ESTABLECIDAS EN EL PIPING CLASS, SE DEBERA TENER PRECAUCIÓN CUANDO SE DEFINA LA PRESIÓN-TEMPERATURA DE DISEÑO Y LOS VALORES PARA LAS PRUEBAS DE PRESIÓN (VER NOTA A & F)

Anexo 8.11: Evaluación Económica Detallada del Proyecto

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANT	PRECIO UNITARIO (US\$)	PRECIO TOTAL (US\$)
1.00	General (PRECOM, COM. Y OTROS)				20,300.00
1.10	Trazo y Replanteo	Glb	1.0	1,500.00	1,500.00
1.20	Elaboración de dossier de calidad(Incluye As Built)	Glb	1.0	2,300.00	2,300.00
1.30	Pruebas y Puesta en Marcha	Glb	1.0	1,500.00	1,500.00
1.40	Gestión, Supervisión y Seguridad del Proyecto	Glb	1.0	5,000.00	5,000.00
1.50	Transporte de Equipos y/o materiales	Glb	1.0	5,000.00	10,000.00
2.00	Procura de Equipos				326,815.00
2.10	Bomba + Motor + Smart Pump + Generador	Glb	1.0	326,815.00	326,815.00
3.00	Mecánica				103,560.92
3.10	Desmontaje de Equipos y Tuberías	Glb	1.0	1,567.00	1,567.00
3.20	Fabricación de Tuberías	Glb	1.0	68,493.92	68,493.92
3.30	Montaje de Equipos y Tuberías	Glb	1.0	33,500.00	33,500.00
4.00	Materiales Mecánicos				83,393.16
4.10	Tuberías y Accesorios	Glb	1.0	81,804.21	81,804.21
4.20	Soportes	Glb	1.0	1,588.95	1,588.95
5.00	Estructural				8,468.57
5.10	Fabricación de Tijerales	Glb	1.0	5,863.57	5,863.57
5.20	Montaje de Estructuras	Glb	1.0	2,595.00	2,595.00
6.00	Techo Metálico				3,359.10
5.10	Material Estructural	Glb	1.0	3,359.10	3,359.10
7.00	Electricidad				14,450.00
7.10	Instalaciones Eléctricas	Glb	1.0	8,950.00	8,950.00
7.20	Montaje de Equipos Eléctricos	Glb	1.0	1,350.00	5,500.00
8.00	Materiales Eléctricos				12,096.74
7.10	Material para Línea Eléctrica	Glb	1.0	12,096.74	12,096.74
TOTAL COSTO DIRECTO US\$					572,433.48
GG+UT 20%					114,486.70
TOTAL SIN IGV					686,920.18
IGV 18%					123,645.63
COSTO TOTAL DEL PROYECTO					810,565.81

Anexo 8.12: Información Técnica de filtro seleccionado

TITAN**SIMPLEX BASKET STRAINER • FLANGED ENDS****Class 150 • Carbon and Stainless Steel****6" BS 85-SS***(Support legs are standard on 6" units and above)***3" BS 85-CS****Models:****BS 85-CS** (Carbon Steel)**BS 85-SS** (Stainless Steel)

Size Range: 2" ~ 12"

WORKING PRESSURES & TEMPERATURE - NON-SHOCK

ANSI 150 lb Class	BS 85-CS	BS 85-SS
WOG (Water, Oil, Gas)	285 PSI @ 100 °F	275 PSI @ 100 °F
Saturated Steam	150 PSI @ 366 °F	150 PSI @ 366 °F
MAX Liquid	80 PSI @ 800 °F	20 PSI @ 1000 °F

Features:

- BOLTED COVER DESIGN WITH PLUGGED (STANDARD) SAFETY VENT IN COVER
- OPTIONAL QUICK-OPENING COVERS ARE ALSO AVAILABLE
- BOW-SHAPED BASKET HANDLE ENSURES TIGHT SEAL
- INLET AND OUTLET FLANGE BOSSES PROVIDED FOR GAUGE TAPS
- PLUGGED BOTTOM DRAIN/BLOW-OFF CONNECTION IS STANDARD
- OPTIONAL OPEN BOTTOM BASKET DESIGN - ALLOWS FOR AUTOMATIC OR MANUAL BLOW-OFF VALVE INSTALLATION
- STRAIGHT THROUGH FLOW DESIGN WITH AN OPEN AREA THAT IS MANY TIMES GREATER THAN CORRESPONDING PIPE SIZE ENSURES MINIMAL PRESSURE LOSS
- CARBON STEEL UNITS ARE EPOXY PAINTED
- SIZES 6" AND ABOVE ARE PROVIDED WITH SUPPORT LEGS
- USED FOR APPLICATIONS WHERE DEBRIS LOADING IS HIGH AND THE COLLECTION OF SOLIDS IS REQUIRED

***Ideal Design for Applications Where Easy Maintenance
and Large Capacity are Required***



TITAN FLOW CONTROL
LUMBERTON, NC USA

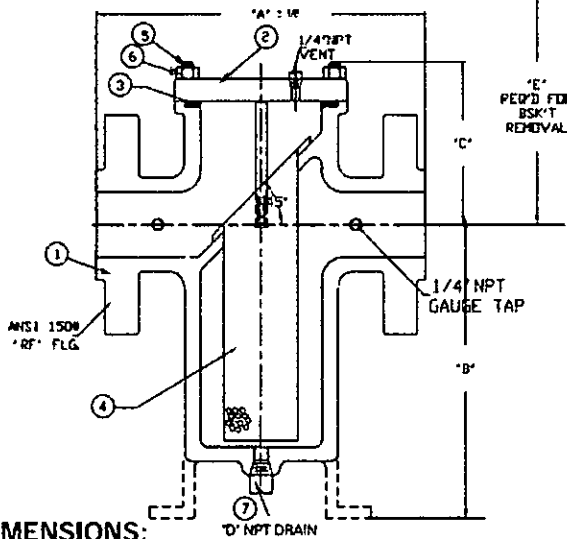
SIMPLEX BASKET STRAINER

BS 85-CS (Carbon Steel)

BS 85-SS (Stainless Steel)

Flanged Ends • Raised Face • Carbon & Stainless Steel

ANSI Class 150 lb



DIMENSIONS:

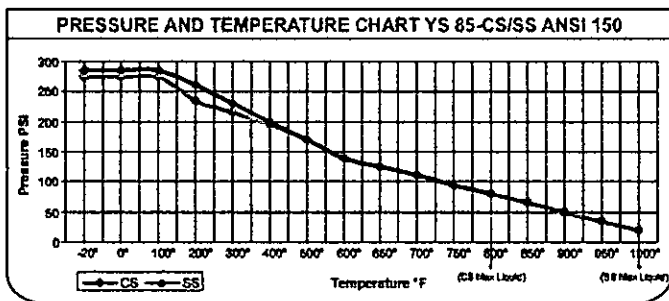
SIZE	in	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12
	mm	50	65	80	100	125	150	200	250	300
A DIMENSION FACE TO FACE	in	8.50	8.00	8.75	11.125	13.125	13.875	17.375	22.00	26.00
	mm	216	204	223	283	334	353	442	559	661
B DIMENSION CTR. LINE TO BOTTOM	in	5.875	5.437	5.25	7.875	10.25	13.125	16.375	18.25	23.75
	mm	150	139	134	201	261	334	416	464	604
C DIMENSION CTR. LINE TO TOP	in	4.75	4.25	5.50	6.00	5.625	5.812	7.312	10.375	12.375
	mm	121	108	140	153	143	148	186	264	315
D DIMENSION NPT BLOW-OFF	in	.50	.75	.75	1.00	1.00	1.25	1.50	1.50	2.00
	mm	15	20	20	20	20	32	40	40	50
E DIMENSION SCREEN REMOVAL	in	9.00	10.00	10.00	15.00	15.00	16.00	19.00	19.00	28.00
	mm	229	254	254	381	381	407	483	483	712
ASSEMBLED WEIGHT	lb	28.0	30.0	38.0	64.0	108.0	128.0	268.0	352.0	446.0
	kg	12.7	13.6	17.2	29.0	48.9	58.0	121.4	159.5	202.1
Flow Coefficient	C _v	43	85	135	285	495	755	1600	3300	5300

BILL OF MATERIALS			
No.	PART	BS 85-SS	BS 85-CS
1	BODY	CF8M-A351	WCB-A216
2	COVER	CF8M-A351	WCB-A216
3	GASKET*	SPIRAL WOUND SS NON-ASBESTOS	
4	BASKET*	304 STAINLESS STEEL	
5	STUDS	T316-SS	A193-B7
6	NUTS	T316-SS	A194-2H
7	PLUG	T316-SS	STEEL

**Recommended spare parts:*

Notes:

- Steam jacketed design and special materials available - C/F
- Quick opening covers available - C/F
- Drain connection furnished with plug is standard
- Sizes 6" and above furnished with support legs
- 1/4" plugged NPT vent standard
- 1/4" plugged NPT gauge tap is optional



•CS not recommended for prolonged use above 800 °F
•SS not recommended for prolonged use above 1000 °F

TESTING:

Strainers are individually, hydrostatically tested at 1.5 x the 100 °F rating, rounded off to the next higher 25 PSI measurement.

WORKING PRESSURES & TEMPERATURE - NON-SHOCK		
ANSI 150 lb Class	BS 85-CS	BS 85-SS
WOG (Water, Oil, Gas)	285 PSI @ 100 °F	275 PSI @ 100 °F
Saturated Steam	150 PSI @ 366 °F	150 PSI @ 366 °F
Max Liquid	80 PSI @ 800 °F	20 PSI @ 1000 °F

STANDARD SCREEN SELECTIONS				
Sizes	Liquid	Open Area	Steam	Open Area
2" - 3"	1/16	37%	3/64	36%
4" - 12"	1/8	40%	30 mesh	41%

APPLICABLE STANDARDS	
Design	ANSI B16.5
Shell Wall Thickness	ANSI B16.34
Pressure vs. Temp. Rating	ANSI B16.34

NIC INDUSTRIAL S.A.C.
 PHONO: 0051-1-436-9558 / 436-9536
 FAX: 0051-1-436-8289
ventas@nicindustrial.com
www.nicindustrial.com



TITAN FLOW CONTROL, INC.
Engineering Specification Submittal

SIMPLEX BASKET STRAINER • BS 85-CS & BS 85-SS

Series	Size	Part No.	Material Trim Code	Drawing No.
				BS 85-CS & BS 85-SS



TECHNICAL AND PERFORMANCE DATA

PRESSURE DROP CHARTS ♦ WYE & BASKET STRAINERS

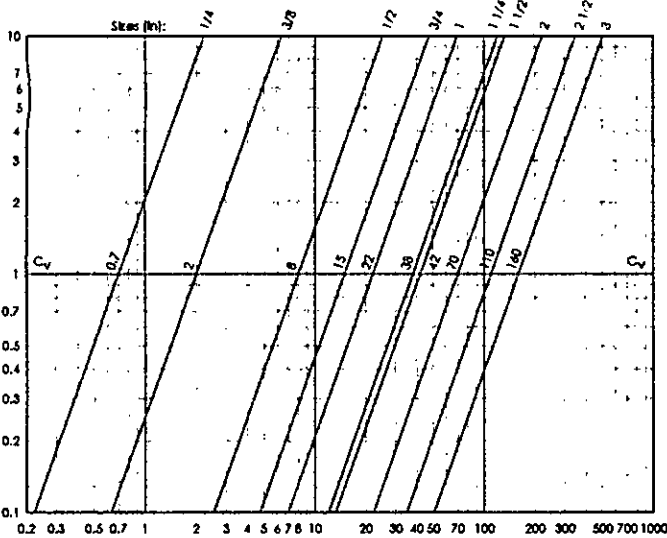
TITAN FLOW CONTROL, INC.

WYE Strainers - Small Models

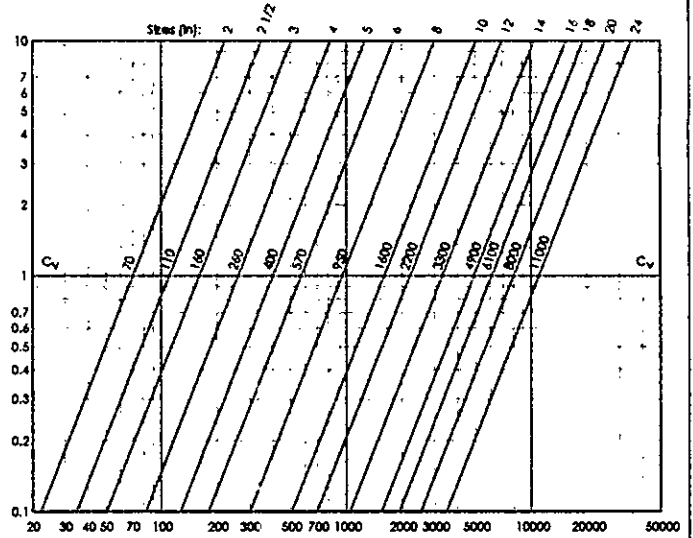
Models: YS12 - YS52 - YS55 - YS56 - YS81 - YS82

WYE Strainers - Large Models

Models: YS58 - YS59 - YS54 - YS61 - YS62 - YS63 - YS64 - YS65



Legend: Pressure Drop - PSI (y - axis) versus Flow Rate - GPM (x - axis)



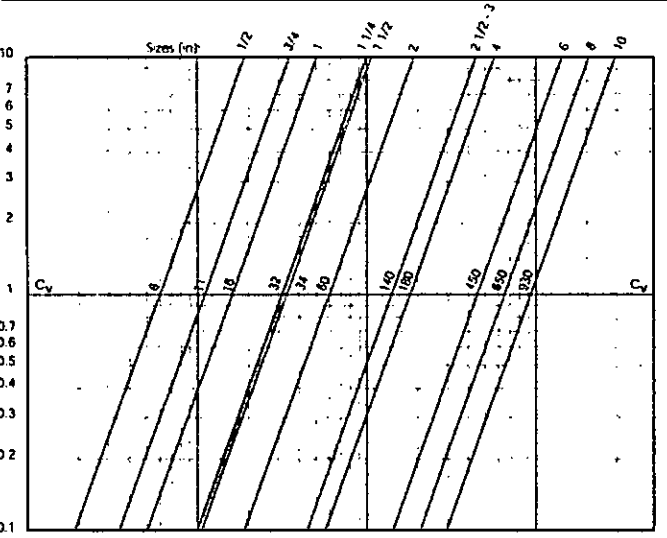
Legend: Pressure Drop - PSI (y - axis) versus Flow Rate - GPM (x - axis)

WYE Strainers - High Pressure - Class 900 & 1500

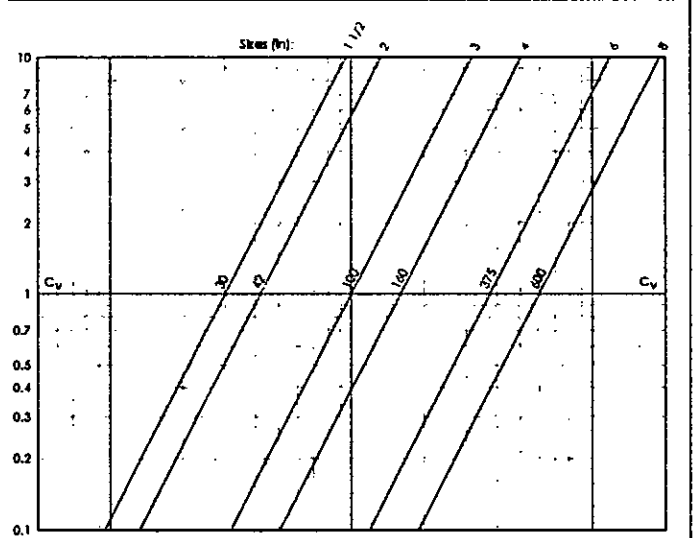
Models: YS66 - YS67 - YS68 - YS69 - YS83 - YS84

WYE Strainers - High Pressure - Class 2500

Models: YS70 - YS71 - YS85 - YS86



Legend: Pressure Drop - PSI (y - axis) versus Flow Rate - GPM (x - axis)



Legend: Pressure Drop - PSI (y - axis) versus Flow Rate - GPM (x - axis)

Pressure Drop Equation for Liquids:

$$\Delta P = G \times (Q / C_v)^2 \times C_r$$

ΔP = Pressure drop (psi)

C_v = Flow coefficient factor

G = Specific gravity of liquid

C_r = Correction factor for mesh and viscosity

Q = Flow rate (GPM)

- These curves are theoretical; actual results may vary depending on installation conditions and other variables. Use these values for reference only.
- The above pressure drop charts are based upon 1/8" perforated screens and baskets handling clean water at 60 °F during ideal inlet and outlet conditions. Therefore, they should only be used for estimation purposes.
- For fluids other than water, multiply the pressure drop (ΔP) obtained from the charts by the specific gravity of the fluid in question.
- For mesh lined screens, multiply the pressure drop (ΔP) obtained from the charts by the corresponding correction factor shown in the C_v correction table.

TITAN FLOW CONTROL, INC.

Tel: 910-735-0000 ♦ Fax: 910-738-3848 ♦ titan@titanfci.com ♦ www.titanfci.com
290 Corporate Drive ♦ PO Box 7408 ♦ Lumberton, NC 28358

Anexo 8.13: Reporte de Análisis de Crudo (18.5°API)

INFORME DE ENSAYO

Mostris:	Cruza Lote 95
Cliente:	Gran Tierra Energy Peru S.R.L.
Fecha de recepción de la muestra:	23.02.2013
Fecha de Emisión de Informe:	05.03.2013
Identificación de las muestras:	7 167,167 207,21
MATA circ:	Qualcod
Código:	00302000113,0129

ENSAYOS	UNIDAD	METODO ASTM	RESULTADOS
Gravedad API a 60°F	°API	D-1298	11.6
Gravedad Específica a 15°C	g/ml	D-1556	0.8427
Acido Total	mg/ml	D-4294	0.457
Punto de Vapor	ppm	D-379	9.8
Viscosidad Cinematográfica a 50°C	mm²/s	D-445	181
Agua y Sedimentos	%Vol	D-1008	0.66
Sales	ppm	D-3790	177
Verdeco	ppm	D-6509	2.2
Cloro	ppm	D-6635	34.2
Aluminio	ppm	D-6606	28.2
Sodio	ppm	D-6630	1.3
Níquel, ppm	ppm	D-6606	5.4

OBSERVACIONES:

1. LOS RESULTADOS CORRESPONDEN SOLO A LA MUESTRA ANALIZADA, PRODUCTO.

2. LA REGISTRA HA SIDO PROPORCIONADA POR EL CLIENTE.



<p>ELABORADO POR:</p>  <p>DORIS MERY LOPEZ CODIA 55437</p>	<p>APROBADO POR:</p>  <p>JOSE M. SANCHEZ CORTÉS INGE UNICO LABORATORIO C/TALE Nº 62006 CIP Nº 61163</p> <div style="text-align: right;"> <p>63 23 04-13</p> </div>
--	---





CRUDO LOTE 95 DESTILADO DEL 24/02/13 AL 01/03/13
LOTE 95-OPAN, TIERRA ENERGY PERU SRL.
 % Volumen y Peso al Total de la Camp.

Destilación	Secuencia	1 (180-230)	2 (230-280)	3 (280-300)	1 (300-330)	2 (330-350)	3 (350-400)	1 (400-450)	2 (450-490)	3 (490-550)		
Corte (temp. °C)		1 (25-190)										
Corte (temp. °F)												
Gravedad	0.9437	0.7932	0.8509	0.8786	0.8975	0.8990	0.9716	0.9210	0.9313	0.9478	0.9951	
Especificidad (15°C)	13758.3	90	240.5	427.8	840.9	947.2	9999.9	188.4	1117.1	685.4	3140.6	
Volumen (ml)	14578.8	120.0	270.0	485.0	1087.0	1980.0	10098.4	200.0	1117.0	688.0	3158.0	
Volumen (%)	100.0%	0.8%	1.8%	3.3%	7.4%	13.5%	69.2%	1.4%	7.7%	4.7%	21.8%	
Peso	100.0%	0.65%	1.75%	4.40%	6.09%	8.85%	72.65%	2.34%	15.73%	9.85%	44.24%	

Resultados dados por el Equipo TBP.

 
 LABORATORIO TBP
 CARLOS ALBERTO MURILLO CERÓN
 L-000-8888888888

 
 LABORATORIO TBP
 CARLOS ALBERTO MURILLO CERÓN
 L-000-8888888888

**Anexo 8.14: Análisis Técnico del Sistema de Recepción de Crudo
del Lote 95 en RFIQ**

PETRÓLEOS DEL PERÚ – PETROPERÚ SA



Análisis Técnico del sistema de Recepción de Crudo del Lote 95 en RFIQ

Informe Técnico

PETROLEOS DEL PERÚ – PETROPERÚ S.A.

26/05/2014

3	26/05/2014	22	R. Manrique	R. Silva	D. Valdiviezo
Rev.	Fecha	Pág.	Elaborado	Revisado	Aprobado



INDICE

1	OBJETIVOS.....	3
2	ANTECEDENTES	3
3	BASES DE DISEÑO	3
4	CONSIDERACIONES.....	4
5	METODOLOGÍA.....	4
5.1	CÁLCULO DE NPSH DISPONIBLE.....	4
5.2	CÁLCULO DE LA POTENCIA AL FRENO.....	4
6	MEMORIA DE CÁLCULOS.....	5
6.1	LÍNEA DE SUCCIÓN	5
6.1.1	<i>Descripción de Facilidades</i>	5
6.1.2	<i>Cálculo hidráulico</i>	8
6.2	LÍNEA DE DESCARGA	11
6.2.1	<i>Descripción de facilidades</i>	11
6.2.2	<i>Cálculo Hidráulico</i>	11
6.3	SISTEMA MOTRIZ	12
7	CONCLUSIONES	13
8	RECOMENDACIONES.....	13
ANEXO I.	ASSAY CRUDO LOTE 95	14
ANEXO II.	DIAGRAMA DE INSTALACIONES	17
ANEXO III.	DATASHEET BOMBA DE RECEPCIÓN.....	18
ANEXO IV.	PLANO TÍPICO DE BARCAZA	20
ANEXO V.	CAUDAL VOLUMÉTRICO SEGÚN VISCOSIDAD Y VELOCIDAD DE GIRO.....	21
ANEXO VI.	NPSH REQUERIDO SEGÚN VISCOSIDAD Y VELOCIDAD DE GIRO.....	22

Índice de Figuras

Figura 1	Diagrama de instalaciones de recepción de crudo en los muelles de RFIQ.....	17
Figura 2	Plano Típico de una barcaza de 1500 m ³ (~10,000 barriles)	20

Índice de Tablas

Tabla 1	Especificaciones del crudo para Cálculos Hidráulicos.....	3
Tabla 2	Válvulas y accesorios en el Muelle N° 02.....	5
Tabla 3	Tuberías, válvulas y accesorios en Barcaza Tipo 1	6
Tabla 4	Tuberías, válvulas y accesorios en Barcaza Tipo 2	6
Tabla 5	Tuberías, válvulas y accesorios en Barcaza Tipo 3.....	7
Tabla 6	Tuberías, válvulas y accesorios en Barcaza Tipo 3.....	7
Tabla 7	Tuberías, válvulas y accesorios en Barcaza Tipo 4.....	8



	INFORME TÉCNICO PTCS-011-2014 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CRUDO DEL LOTE 95 EN RFIQ	FECHA: 26.05.2014
		REV. 3

Tabla 8 Pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios en el Muelle 02 @ 870 rpm y 650 cSt	8
Tabla 9 Pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios en la Barcaza Tipo 1 @ 870 rpm y 650 cSt.....	9
Tabla 10 Pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios en la Barcaza Tipo 2 @ 870 rpm y 650 cSt.....	9
Tabla 11 Pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios en la Barcaza Tipo 3 @ 870 rpm y 650 cSt.....	9
Tabla 12 Pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios en la Barcaza Tipo 4 @ 870 rpm y 650 cSt.....	9
Tabla 13 Pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios en la Barcaza Tipo 5 @ 870 rpm y 650 cSt.....	10
Tabla 14 Resultados para los cinco casos analizados para 870 rpm y 650 cSt.....	10
Tabla 15 Resultados para cinco casos analizados para 930 rpm y 350 cSt	10
Tabla 16 Viscosidad mínima para operación de descarga directa con un caudal de 1500 BPH	11
Tabla 17 Tuberías, válvulas y accesorios en el Muelle y Patio de Tanques.....	11
Tabla 18 Pérdidas de carga en el muelle y patio de tanques	12
Tabla 19 Presión diferencial y potencia teórica	12
Tabla 20 Datos del Accionamiento Mecánico	12
Tabla 21 Caudal volumétrico según viscosidad y velocidad de giro.....	21
Tabla 22 NPSHr según viscosidad cinemática y velocidad de giro	22

	INFORME TÉCNICO PTCS-011-2014 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CRUDO DEL LOTE 95 EN RFIQ	FECHA: 26.05.2014
		REV. 3

Análisis Técnico del Sistema de Recepción de Crudo del Lote 95 en RFIQ

1 Objetivos

Encontrar una alternativa técnica viable para la recepción de petróleo crudo del Lote 95 en la Refinería Iquitos (RFIQ).

2 Antecedentes

En el mes de diciembre de 2005 la Cía. Interplant elaboró el informe técnico Especificaciones de Motobomba, en el cual muestra los ensayos técnicos a los que se sometió la motobomba Warren GTS-268-66.6 S/N 91556 adquirida por Petroperú para descarga de distintos fluidos: Crudo, Gasolina y Diesel principalmente.

Las pruebas fueron realizadas con 3 tipos de fluidos, de características similares a los requeridos por Petroperú, y consistieron en recopilar datos de una serie de pruebas para distintos puntos de operación y trazar las curvas Caudal - Presión y Potencia al freno – Presión. También se calcularon las curvas de eficiencia en base a la información obtenida.

Los parámetros operativos de la bomba de recepción para los cálculos hidráulicos fueron proporcionados por el fabricante mediante el documento Especificaciones Técnicas de Motobomba de Recepción, entre los cuales tenemos la viscosidad, caudal y NPSHr a determinada velocidad de giro.

3 Bases de Diseño


El presente informe se ha elaborado considerando los siguientes documentos:

- Informe de Ensayo de Crudo del Lote 95 (operado por la Cía. Gran Tierra Energy Perú S.R.L) realizado en los laboratorios de Refinería Conchán con fecha de emisión el día 05.03.2013. A continuación se indican la información más importante para los cálculos hidráulicos, en el Anexo I se puede encontrar el reporte completo.

Tabla 1 Especificaciones del crudo para Cálculos Hidráulicos

N°	Parámetro	Valor
1	Gravedad API	Mínimo 18.5°, posible 19°
2	Contenido de Azufre	Máximo 0.5% masa
3	Contenido de Sal	Máximo 10 PTB
4	Contenido de BSW	Máximo 1%
5	Viscosidad	650 cSt a 25° C
6	Presión de Vapor REID	0.6 psia

- Diagrama Esquemático RS-UING-001, con medidas referenciales de Muelle 1 y 2 de descarga de RFIQ (el plano con limitaciones para su lectura). Este plano también tiene una leyenda con un metrado de las instalaciones hidráulicas en la succión y descarga de la bomba, este metrado ha sido utilizado para calcular las pérdidas hidráulicas en la instalación. Ver Anexo II.
- Especificaciones técnicas de Motobomba de Recepción instalada en el Muelle 02 de RFIQ Warren GTS-268-66.6 S/N 91556. Ver Anexo III.
- Plano "CASCO 388" de una barcaza de 1500 m³ (aproximadamente 10,000 barriles) para la determinación de pérdidas de carga en la succión de la bomba de recepción. Ver Anexo IV.
- Planos de barcazas de 1848 m³ con espacio suficiente para la instalación de bombas dentro de la barcaza y con lazos de dilatación en caso de transportar fluido caliente.

	INFORME TÉCNICO PTCS-011-2014 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CRUDO DEL LOTE 95 EN RFIQ	FECHA: 26.05.2014
		REV. 3

- Nota Informativa de Refinería Iquitos, correspondiente a las visita de la Cía. Gran Tierra Energy Perú a las instalaciones de Refinería Iquitos del día 03.02.2014. En este documento se indica que el caudal de descarga mínimo aceptable para las operaciones de embarque y desembarque en las facilidades portuarias de la refinería es de 1500 BPH. Este valor se ha fijado con la finalidad de evitar congestión y/o retrasos en las operaciones comerciales de la Refinería Iquitos.

4 Consideraciones

- Se ha considerado que la barcaza acoderada en el muelle para descarga se encuentra a temperatura ambiental y el crudo no será calentado.
- Se evaluarán mayores diámetros del sistema de tuberías en las barcasas de referencia, con la finalidad de no restringir el análisis a un NPSH disponible y permitir posibles modificaciones en las tuberías colectoras de bodegas y manifolds de las barcasas.
- Para el cálculo de la presión positiva mínima de succión, se ha considerado una diferencia entre la NPSHd y la NPSHr igual a 1 m según las buenas prácticas en ingeniería, este valor estará destinado a cubrir las variaciones de viscosidad del fluido, desniveles no considerados, el efecto de curvatura de las mangueras, etc.

5 Metodología

La metodología de cálculo se ha dividido en dos partes: el cálculo del NPSH disponible en la succión de la bomba de recepción en el pontón y el cálculo de potencia al freno necesaria para la descarga.

5.1 Cálculo de NPSH disponible

A partir del metrado indicado en la Figura 1 del Anexo II se han calculado las pérdidas de carga primarias en tuberías para un flujo laminar y las pérdidas de carga secundarias en los accesorios a través del método de las longitudes equivalentes. A la suma de pérdidas primarias y secundarias se le denomina pérdidas en la succión, la fórmula para encontrar el NPSH disponible es la siguiente:

$$NPSH_{disponible} = \frac{P_{atm}}{\rho g} - \left(h_{succión} + \Delta Z_s + \frac{P_v}{\rho g} \right)$$

Donde:

P_{atm} : presión atmosférica, 101.325 kPa.

ΔZ_s : diferencia de cotas entre la toma de la tubería de succión en las bodegas de la barcaza y el eje de la brida de la bomba de recepción en el pontón.

$h_{succión}$: pérdidas en la succión.

P_v : presión de vapor del fluido, en el cálculo realizado se ha tomado la presión de vapor REID.


Se deberá encontrar el caudal de la bomba, y por ende, la velocidad de giro del motor que satisfaga la siguiente ecuación:

$$NPSH_{disponible} - NPSH_{requerido} \geq 1$$

El $NPSH_{requerido}$ la debe proporcionar el fabricante para una velocidad de giro específica, en el numeral 6.1.2 encontraremos mayor información.

5.2 Cálculo de la Potencia al freno

Al igual que el cálculo de las pérdidas de carga en el sistema de tuberías de succión, se procederá con el cálculo de las pérdidas primarias y secundarias según la Figura 1 del Anexo II. La cabeza total que debe proporcionar la bomba viene dada por la siguiente ecuación.

	INFORME TÉCNICO PTCS-011-2014 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CRUDO DEL LOTE 95 EN RFIQ	FECHA: 26.05.2014
		REV. 3

$$THD = \Delta Z_d + h_{descarga} + \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

TDH : Total Discharge Head (cabeza total de descarga).

ΔZ_d : diferencia de cotas entre el eje de la brida de descarga de la bomba de recepción del pontón y el nivel superior del tanque de almacenamiento en la Estación de Bombeo.

$h_{descarga}$: pérdidas en la descarga.

v : velocidad del fluido en la tubería de descarga.

La potencia de la bomba se calcula con la siguiente fórmula:

$$P_b = \frac{(Q \times TDH \times \rho \times g)}{\eta_h}$$

Donde:

Q : Caudal

η_h : Eficiencia hidráulica de la bomba

P_b : Potencia en el eje de la bomba.

La potencia calculada debe ser mayor a la potencia que puede entregar el motor a una velocidad específica.

6 Memoria de Cálculos

6.1 Línea de succión


6.1.1 Descripción de Facilidades

La línea de succión inicia en la tubería colectora de la barcaza y termina en el sistema de tuberías y mangas del muelle de descarga. Como caso base se ha considerado una barcaza típica de doble fondo que se utilizará para esta operación. Con la finalidad de mejorar el NPSH disponible se evaluará el circuito de succión con diámetros superiores.

En la Tabla 2 se muestran los accesorios y válvulas instalados en el Muelle N° 2 de RFIQ, aguas abajo de la brida de succión de la bomba de recepción.

Tabla 2 Válvulas y accesorios en el Muelle N° 02

Descripción	DN (inch)	De (mm)	SCH	Th (mm)	Di (mm)	L (m)	#Unid.
<i>Tuberías</i>							
Tubería de acero	10	273	40	9.27	254.46	5.5	
Tubería de acero	8	219.1	40	8.18	202.74	7	
Manguera	8	219.1	40	8.18	202.74	9	
<i>Accesorios</i>							
Codo Radio Largo 45 o 90°	10	273	40	9.27	254.46	4.08	6
Codo Radio Largo 45 o 90°	8	219.1	40	8.18	202.74	3.23	4
Válvula compuerta - Topen	10	273	40	9.27	254.46	2.04	2
Válvula compuerta - Topen	8	219.1	40	8.18	202.74	1.62	2
Ampliación de 8 a 10	10	273	40	9.27	254.46		1
Filtro	10	273	40	9.27	254.46		1

	INFORME TÉCNICO PTCS-011-2014 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CRUDO DEL LOTE 95 EN RFIQ	FECHA: 26.05.2014
		REV. 3

Para la evaluación de las pérdidas en las tuberías de las barcazas se han considerado 5 Casos de Estudio, los cuales se describen a continuación:

Caso 1: Barcaza Tipo 1 – Barcaza Gran Tierra

El plano del Anexo IV muestra una barcaza típica de doble fondo para el servicio de transporte de crudo del Lote 95, su capacidad es de 1500 m³ (aproximadamente 10,000 barriles). En la Tabla 3 se indican las características del sistema de tuberías de la barcaza del Anexo IV, la cual denominaremos Barcaza Tipo 1.

La Barcaza Tipo 1 tiene un colector de 6", el cual recoge los ramales de las bodegas de la barcaza (8 bodegas distribuidas en 4 filas y 2 columnas). Este tipo de barcaza si considera una bomba de refuerzo instalada en el interior de su casco, sin embargo tiene un by-pass para conexión directa a la bomba de recepción del muelle. Adicionalmente la diferencia de cotas entre la toma de los ramales de las bodegas y a brida final en la barcaza es de 3 metros.

Tabla 3 Tuberías, válvulas y accesorios en Barcaza Tipo 1

Descripción	DN (inch)	De (mm)	SCH	Th (mm)	Di (mm)	L (m)	#Unid.
<i>Tuberías</i>							
Tubería de acero		6	168.3	40	7.11	154.08	32
<i>Válvulas y Accesorios</i>							
Codo Radio Largo 45 o 90°		6	168.3	40	7.11	154.08	2.47
Tee Std (troncal)		6	168.3	40	7.11	154.08	3.08
Tee Std Ramal		6	168.3	40	7.11	154.08	9.24
Válvula compuerta - Topen		6	168.3	40	7.11	154.08	1.23

Caso 2: Barcaza Tipo 2 – Barcaza Gran Tierra Modificada


La Barcaza Tipo 2, tiene un sistema de tuberías (igual longitud de líneas) similar al de la Barcaza Tipo 1, sin embargo el diámetro de las tuberías es de 10". La diferencia de cotas también es de 3 metros

Tabla 4 Tuberías, válvulas y accesorios en Barcaza Tipo 2

Descripción	DN (inch)	De (mm)	SCH	Th (mm)	Di (mm)	L (m)	#Unid.
<i>Tuberías</i>							
Tubería de acero		10	273	40	9.27	254.46	32
<i>Válvulas y Accesorios</i>							
Codo Radio Largo 45 o 90°		10	273	40	9.27	254.46	4.08
Tee Std (troncal)		10	273	40	9.27	254.46	5.09
Tee Std Ramal		10	273	40	9.27	254.46	15.27
Válvula compuerta - Topen		10	273	40	9.27	254.46	2.04

Caso 3 Barcaza Tipo 3 – Barcaza de Colector Corto de 12"

En la Tabla 5 se indican las características de una barcaza de mayor capacidad (1848 m³), que denominaremos Barcaza Tipo 3. Este tipo de barcaza no dispone de un sistema de bombeo propio, por lo tanto las características geométricas de las tuberías se diseñan para tener mínimas pérdidas hidráulica de manera que el NPSHd sea el mayor posible.

	INFORME TÉCNICO PTCS-011-2014 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CRUDO DEL LOTE 95 EN RFIQ	FECHA: 26.05.2014
		REV. 3

Para este tipo de barcaza se ha considerado un manifold de tubería recta con tomas en cada uno de los compartimientos. Además, la tubería que sube a la plataforma de la barcaza está ubicada en la mitad de la nave, de manera de tener menos longitud en el colector dentro de la barcaza y en el manifold sobre borda.

La diferencia de cotas entre la toma del ramal en cada bodega y la brida de salida de la barcaza es igual a 3.23 metros.

Tabla 5 Tuberías, válvulas y accesorios en Barcaza Tipo 3

Descripción	DN (inch)	Dext (mm)	SCH	Thk (mm)	Di (mm)	L (m)	#Unid.
<i>Tuberías</i>							
Tubería horizontal	12	323.8	40	10.31	303.18	25.38	
Tubería Vertical	12	323.8	40	10.31	303.18	3.86	
<i>Válvulas y Accesorios</i>							
Codo Radio Largo 45 o 90°	12	323.8	40	10.31	303.18	4.85	2
Tee Std (troncal)	12	323.8	40	10.31	303.18	6.07	5
Tee Std Ramal	12	323.8	41	10.31	303.18	18.20	2
Válvula compuerta - Topen	12	323.8	42	10.31	303.18	2.43	1
Válvula Mariposa	12	323.8	43	10.31	303.18	10.61	1

Caso 4 Barcaza Tipo 4 – Barcaza de Colector Largo de 12”

En la Tabla 6 se muestra la Barcaza Tipo 4, la cual tiene la toma en uno de los extremos de la embarcación, por tanto se ha considerado mayor longitud de tubería de 12”. La diferencia de cotas es de 3.23 metros

Tabla 6 Tuberías, válvulas y accesorios en Barcaza Tipo 3

Descripción	DN (inch)	De (mm)	SCH	Th (mm)	Di (mm)	L (m)	#Unid.
<i>Facilidades en la Barcaza</i>							
<i>Tuberías</i>							
Tubería horizontal	12	323.8	40	10.31	303.18	51.69	
Tubería Vertical	12	323.8	40	10.31	303.18	3.86	
<i>Accesorios</i>							
Codo Radio Largo 45 o 90°	12	323.8	40	10.31	303.18	4.85	2
Tee Std (troncal)	12	323.8	40	10.31	303.18	6.07	9
Tee Std Ramal	12	323.8	41	10.31	303.18	18.20	2
Válvula compuerta – Topen	12	323.8	42	10.31	303.18	2.43	1
Válvula Mariposa	12	323.8	43	10.31	303.18	10.61	1

Caso 5 Barcaza Tipo 5 – Barcaza con Lazos de expansión

Finalmente en la Tabla 7 se muestra la Barcaza Tipo 3, la cual tiene la toma en un extremo de la barcaza y está acondicionada para transportar fluidos calientes; por lo que en el recorrido del colector de succión se han incorporado lazos de expansión.


	INFORME TÉCNICO PTCS-011-2014 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CRUDO DEL LOTE 95 EN RFIQ	FECHA: 26.05.2014
		REV. 3

Tabla 7 Tuberías, válvulas y accesorios en Barcaza Tipo 4

Descripción	DN (inch)	De (mm)	SCH	Th (mm)	Di (mm)	L (m)	#Unid.
<i>Tubería Interna</i>							
Tubería horizontal	12	323.8	40	10.31	303.18	59.874	
Tubería Vertical	12	323.8	40	10.31	303.18	3.86	
<i>Válvulas y Accesorios</i>							
Codo Radio Largo 45 o 90°	12	323.8	40	10.31	303.18	4.85	22
Tee Std (troncal)	12	323.8	40	10.31	303.18	6.07	7
Tee Std Ramal	12	323.8	41	10.31	303.18	18.20	2
Válvula compuerta – Topen	12	323.8	42	10.31	303.18	2.43	1
Válvula Mariposa	12	323.8	43	10.31	303.18	10.61	1

6.1.2 Cálculo hidráulico

Los valores de Caudal y NPSHr para distintas velocidades de giro y viscosidades del fluido se han interpolado siguiendo la tendencia lineal de estos dos parámetros, típicos de una bomba de desplazamiento positivo. Los valores calculados pueden apreciarse en la Tabla 21 y Tabla 22 del Anexo V y Anexo VI, respectivamente.

En la Tabla 8 se indican los cálculos de pérdidas hidráulicas en cada uno de los elementos de la tubería de succión del muelle para una velocidad de giro igual a 870 rpm y una viscosidad de 650 cSt.

Tabla 8 Pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios en el Muelle 02 @ 870 rpm y 650 cSt

Descripción	DN (inch)	L (m)	#Unid.	U (m/s)	h (m)	P (Pa)
<i>Tuberías</i>						
Tubería de acero	10	5.5		1.31	0.24	2182
Tubería de acero	8	7		2.06	0.74	6891
Manguera	8	9		2.06	0.96	8860
<i>Válvulas y Accesorios</i>						
Codo Radio Largo 45 o 90°	10	4.08	6	1.31	1.05	9722
Codo Radio Largo 45 o 90°	8	3.23	4	2.06	1.37	12723
Válvula compuerta - Topen	10	2.04	2	1.31	0.17	1615
Válvula compuerta - Topen	8	1.62	2	2.06	0.35	3193
Ampliación de 8 a 10	10		1	1.31		
Filtro	10		1	1.31	0.15	1379

A continuación se muestran los resultados de pérdidas hidráulicas para cada uno de los 5 casos descritos en el numeral anterior, ver Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12 y Tabla 13.



INFORME TÉCNICO PTCS-011-2014
ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CRUDO
DEL LOTE 95 EN RFIQ

FECHA: 26.05.2014

REV. 3

Tabla 9 Pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios en la Barcaza Tipo 1 @ 870 rpm y 650 cSt

Descripción	DN (inch)	L (m)	#Unid.	U (m/s)	h (m)	P (Pa)
<i>Tuberías</i>						
Tubería de acero	6	32		3.57	10.05	92958
<i>Válvulas y Accesorios</i>						
Codo Radio Largo 45 o 90°	6	2.47	4	3.57	3.15	29107
Tee Std (troncal)	6	3.08	2	3.57	1.96	18170
Tee Std Ramal	6	9.24	3	3.57	8.84	81763
Válvula compuerta - Topen	6	1.23	2	3.57	0.79	7268

Tabla 10 Pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios en la Barcaza Tipo 2 @ 870 rpm y 650 cSt

Descripción	DN (inch)	L (m)	#Unid.	U (m/s)	h (m)	P (Pa)
<i>Tuberías</i>						
Tubería de acero	10	32			1.31	1.35
<i>Válvulas y Accesorios</i>						
Codo Radio Largo 45 o 90°	10	4.08	4	4	1.31	0.70
Tee Std (troncal)	10	5.09	2	2	1.31	0.44
Tee Std Ramal	10	15.27	3	3	1.31	1.96
Válvula compuerta - Topen	10	2.04	2	2	1.31	0.17

Tabla 11 Pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios en la Barcaza Tipo 3 @ 870 rpm y 650 cSt

Descripción	DN (inch)	L (m)	#Unid.	U (m/s)	h (m)	P (Pa)
<i>Tuberías</i>						
Tubería de acero	12	25.38		0.92	0.62	5756
<i>Válvulas y accesorios</i>						
Codo Radio Largo 45 o 90°	12	4.85	2	0.92	0.21	1908
Tee Std (troncal)	12	6.07	5	0.92	0.65	5970
Tee Std Ramal	12	18.20	2	0.92	0.77	7164
Válvula compuerta - Topen	12	2.43	1	0.92	0.05	478
Válvula Mariposa	12	10.61	1	0.92	0.23	2088

Tabla 12 Pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios en la Barcaza Tipo 4 @ 870 rpm y 650 cSt

Descripción	DN (inch)	L (m)	#Unid.	U (m/s)	h (m)	P (Pa)
<i>Tuberías</i>						
Tubería de acero	12	51.69		0.92	1.17	10812
<i>Válvulas y Accesorios</i>						
Codo Radio Largo 45 o 90°	12	4.85	2	0.92	0.21	1908
Tee Std (troncal)	12	6.07	9	0.92	1.16	10747
Tee Std Ramal	12	18.20	2	0.92	0.77	7164
Válvula compuerta - Topen	12	2.43	1	0.92	0.05	478
Válvula Mariposa	12	10.61	1	0.92	0.23	2088


	INFORME TÉCNICO PTCS-011-2014 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CRUDO DEL LOTE 95 EN RFIQ	FECHA: 26.05.2014
		REV. 3

Tabla 13 Pérdidas de carga en tuberías, válvulas y accesorios en la Barcaza Tipo 5 @ 870 rpm y 650 cSt

Descripción	DN (inch)	L (m)	#Unid.	U (m/s)	h (m)	P (Pa)
Facilidades en la Barcaza						
<i>Tubería Interna</i>						
Tubería de acero	12	63.104		0.92	1.17	10812
<i>Válvulas y Accesorios</i>						
Codo Radio Largo 45 o 90°	12	4.85	22	0.92	0.21	1908
Tee Std (troncal)	12	6.07	7	0.92	1.16	10747
Tee Std Ramal	12	18.20	2	0.92	0.77	7164
Válvula compuerta - Topen	12	2.43	1	0.92	0.05	478
Válvula Mariposa	12	10.61	1	0.88	0.22	2001

En la Tabla 14 se muestra el NPSH disponible y se compara con el NPSH requerido. Nótese que la bomba cavita para los 5 tipos de barcaza. Para poder operar con esta barcaza sin presencia del fenómeno de cavitación se deberá instalar una bomba de refuerzo, tal como está previsto en el plano del Anexo IV.

Tabla 14 Resultados para los cinco casos analizados para 870 rpm y 650 cSt


Parámetro Hidráulico	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
ΔZ	3.50	3.50	3.23	3.23	3.23
$h_{\text{pérdidas succión}}$	29.81	9.66	7.56	8.62	10.60
p_{atm}/γ	10.95	10.95	10.95	10.95	10.95
P_v/γ	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
NPSHd	-23.10	-2.95	-0.58	-1.64	-3.62
Diferencia mínima	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
NPSHr	2.48	2.48	2.48	2.48	2.48
Presencia de cavitación	SI	SI	SI	SI	SI

Adicionalmente se ha preparado un cálculo para crudo de 350 cSt. Los resultados se muestran en la Tabla 15. Como se puede apreciar, la bomba cavita para los 5 casos.

Tabla 15 Resultados para cinco casos analizados para 930 rpm y 350 cSt

Parámetro Hidráulico	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
ΔZ	3.50	3.50	3.23	3.23	3.23
$h_{\text{pérdidas succión}}$	16.15	5.28	4.14	4.72	5.78
p_{atm}/γ	10.95	10.95	10.95	10.95	10.95
P_v/γ	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74
NPSHd	-9.44	1.43	2.83	2.26	1.19
Diferencia mínima	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
NPSHr	2.25	2.25	2.25	2.25	2.25
Presencia de cavitación	SI	SI	SI	SI	SI

Debido a que ninguna de las barcasas alcanza la suficiente NPSH disponible para anular el fenómeno de cavitación, no se puede bombear directamente desde la barcaza, sino que se debe utilizar una bomba booster o una bomba de descarga instaladas en la mínima cota de la barcaza.

	INFORME TÉCNICO PTCS-011-2014 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CRUDO DEL LOTE 95 EN RFIQ	FECHA: 26.05.2014
		REV. 3

En la siguiente tabla se muestra la viscosidad necesaria para superar el NPSH requerido por la bomba de recepción del pontón. El cálculo se realizó para los 5 tipos de embarcaciones y para un caudal mínimo de 1500 BPH.

Tabla 16 Viscosidad mínima para operación de descarga directa con un caudal de 1500 BPH

Parámetro Hidráulico	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
h_pérdidas succión	10.64	3.51	3.74	3.70	3.67
p_atm/gamma	10.95	10.95	10.95	10.95	10.95
NPSHd	-3.93	3.20	3.24	3.28	3.30
NPSHr	2.16	2.16	2.23	2.20	2.16
Presencia de cavitación	SI	NO	NO	NO	NO
Viscosidad, cSt	230	230	310	270	220

El Caso 1 cavita incluso con fluidos del orden de 220 cSt de viscosidad cinemática.

6.2 Línea de descarga

6.2.1 Descripción de facilidades

La línea del sistema de descarga inicia en la brida de descarga de la bomba, en el muelle, y se dirige hacia los tanques de almacenamiento. Se ha identificado que la descarga hacia el Tanque 332-T-8, representa la peor condición, dado que este tanque tiene la cota más alta.

Tabla 17 Tuberías, válvulas y accesorios en el Muelle y Patio de Tanques

Descripción	DN (inch)	De (mm)	SCH	Th (mm)	Di (mm)	L (m)	#Unid.
<i>Tuberías</i>							
Tubería de acero	12	323.8	40	10.31	303.18	57	
Tubería de acero	10	273	40	9.27	254.46	604.3	
<i>Válvulas y Accesorios</i>							
Codo Radio Largo 45 o 90°	12	323.8	40	10.31	303.18	4.85	1
Codo Radio Largo 45 o 90°	10	273	40	9.27	254.46	4.08	27
Válvula compuerta - Topen	12	323.8	40	10.31	303.18	2.43	2
Válvula compuerta - Topen	10	273	40	9.27	254.46	2.04	5
Válvula Check Swing	10	273	40	9.27	254.46	12.74	1

6.2.2 Cálculo Hidráulico

Los cálculos hidráulicos han sido realizados para un fluido con viscosidad igual a 650 cSt y un caudal de 1800 BPH. En la Tabla 18 se indican las pérdidas de carga en las tuberías, válvulas y accesorios del sistema de descarga. En la Tabla 19 se indica la altura total y potencia teórica de la bomba de desplazamiento positivo.


	INFORME TÉCNICO PTCS-011-2014 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CRUDO DEL LOTE 95 EN RFIQ	FECHA: 26.05.2014
		REV. 3

Tabla 18 Pérdidas de carga en el muelle y patio de tanques

Descripción	DN (inch)	L (m)	#Unid.	U (m/s)	h (m)	P (Pa)
<i>Tuberías</i>						
Tubería de acero	12	57		1.10	1.45	13380
Tubería de acero	10	604.3		1.56	30.89	285859
<i>Válvulas y Accesorios</i>						
Codo Radio Largo 45 o 90°	12	4.85	1	1.10	0.12	1138
Codo Radio Largo 45 o 90°	10	4.08	21	1.56	4.38	40573
Válvula compuerta - Topen	12	2.43	1	1.10	0.06	570
Válvula compuerta - Topen	10	2.04	5	1.56	0.52	4816
Válvula Check Swing	10	12.74	1	1.56	0.65	6027

Tabla 19 Presión diferencial y potencia teórica

ΔZ	4.5	m
Altura del Tanque	10	m
h_descarga	38	m
H_bomba	53	m
Presión Diferencial	4.87	bar
Potencia Teórica	38.62	kW
Potencia al freno	61.31	kW

6.3 Sistema motriz

La situación actual del accionamiento mecánico de la bomba es la siguiente:


Tabla 20 Datos del Accionamiento Mecánico

Descripción	Unidad	Detalle
Marca		Detroit Diesel
Tipo		Series 60 12.7L
Modelo		6063MK74
Cilindrada	l	12.7
Potencia Nominal	hp	450 hp @ 2100 rpm (335.5 kW)
Tipo de Acoplamiento		Directo

Este arreglo motor – bomba se ajusta al requerimiento de la operación de recepción para alcanzar caudales mayores a 1500 BPH, incluso para viscosidades del fluido de hasta 650 cSt.

Como segunda alternativa, se podría considerar su reemplazo por un motor eléctrico con variador de frecuencia, con la finalidad de operar la bomba desde 900 rpm sin limitaciones mecánicas. Esta alternativa es válida siempre y cuando exista la suficiente reserva de potencia eléctrica para el arranque y operación del motor, en el sistema de generación y distribución eléctrica de la zona.

Estas alternativas son válidas toda vez que el diseño de las tuberías de la barcaza sea el adecuado, es decir con bombas de refuerzo instaladas en la barcaza. El tipo de bomba booster sería una bomba centrífuga que sea capaz de cubrir el NPSH requerido por la bomba de dos tornillos del muelle (incluir la holgura predefinida de 1 metro entre NPSH disponible y requerida).

	INFORME TÉCNICO PTCS-011-2014 ANÁLISIS TÉCNICO DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN DE CRUDO DEL LOTE 95 EN RFIQ	FECHA: 26.05.2014
		REV. 3

7 Conclusiones

El sistema de tuberías de succión dentro de las bodegas de la barcaza, la calidad del crudo por desembarcar y los parámetros de operación mínimos establecidos imposibilitan la operación de descarga de crudo del Lote 95 de manera directa, es decir sin una bomba booster o de refuerzo (por ejemplo una bomba centrífuga), o también mediante bombeo directo desde la barcaza (una bomba de desplazamiento positivo, por el tipo de fluido y bajo NPSHr).

La presión del sistema de descarga está muy por debajo de la presión nominal de la bomba, 4.8 bares comparados con aproximadamente 11 bares. Incluso la presión ha sido calculada para el caso más desfavorable, es decir el tanque con mayor cota, sin embargo se ha determinado que los tanques que servirán para el almacenamiento del crudo del Lote 95 sea el Tanque 101.

8 Recomendaciones

Con la finalidad de cumplir con el requerimiento mínimo de descarga de 1500 BPH, se recomienda instalar bombas de refuerzo (booster) en las barcasas o bombas nuevas en el muelle con el NPSH necesario, de esta manera se proporcionará la presión suficiente en la succión de la bomba principal del muelle y se evitará su cavitación.

Anexo 8.15: Propuesta Económica ITT



Goulds Pumps NY Inc
Sucursal del Perú

Av. Canaval y Moreyra 654, Piso 6.
San Isidro, Lima 27.
tel 51-1-4756910
fax 51-1-4757010
Gustavo.Navarro@itt.com
+51-1-989 168 323

Janu 25th, 2015

GRAN TIERRA ENERGY PERU S.R.L.
Calle Andres Reyes 437-Piso 7
Edificio Paltinium Plaza - Torre II
San Isidro - Lima

Attn: Ernesto Yance
Project: Crude Oil Transfer – Barges to Iquitos Refinery
Proposal: GN2014-035-Rev2

Dear Mr. Yance,

We are pleased to provide you with our formal quotation for the equipment hereby described, in response to your subject inquiry. You will see that our offer includes a suitable pumping solution.

Our scope of supply has included our model Bornemann HC 300 – 46/1/N, a Class 1, Div. 2 motor, both installed on a common baseplate, a PumpSmart VFD (ABB ACS800 platform) and a 450 kW diesel generator.

We thank you for this opportunity to offer our pumping equipment's and look forward to discuss our offer.

Very truly yours,

Gustavo Navarro
Product Specialist



TABLE OF CONTENTS

COMMERCIAL & TECHNICAL PROPOSAL

- GENERAL COMMERCIAL TERMS
- TECHNICAL-COMMERCIAL PROPOSAL
 - Pumping Units and Services Pricing
 - Detailed Proposal
 - Pump Drawing
 - Pump Curves
 - Other Equipments' Technical Information
- ITT STANDARD TERMS AND CONDITIONS



GENERAL COMMERCIAL TERMS

BID VALIDITY

Quotation valid for **15 days**, after that period delivery time and prices may be subject to review.

PRICE ESCALATION

All pricing agreed upon at time of order will be firm through shipment of the goods.

PAYMENT TERMS

We would like to propose the following payment terms:

- 25% of P.O. Value with the reception of P.O.
- 25% of P.O. Value with the delivery of General Arrangement Drawings
- 50% of P.O. Value with the delivery of equipment.

DRAWINGS / DATA SUBMITTAL & EQUIPMENT LEAD-TIME

The lead-time for the provision is offered as follows:

- | | |
|--|--------------|
| 1. Bill of Materials and Extended Technical Information: | 02 Weeks ARO |
| 2. General Arrangement Drawing: | 04 Weeks ARO |
| 3. Units delivery FCA-Lima / Callao, Peru: | |
| 3.1 Solution A: | 12 Weeks ARO |
| 3.2 Solution B: | 26 Weeks ARO |

Note: Drawings and technical information for record only. Fabrication will start immediately after the reception of a Purchase Order.

SHIPPING POINT

Pumps hereby offered are delivered at: **FCA-Lima/Callao, Peru.**

WARRANTY

Goulds Warranty is **12 months** from initial operation date but no more than **18 months** from date of shipment. No other warranties, except stated herein, there are no warranties, express or implied, including the implied warranties or merchantability and fitness for a particular purpose. This warranty applies to workmanship and materials, replacement parts will be returned at ex works-factory condition. All expenses incurred for removal, freight and reinstallation will be customer responsibility.

TERMS AND CONDITIONS

Please find attached our Standard Terms and Conditions. Those terms will apply if an order is placed as result of this quotation. If any discrepancy with your standard procedures is detected, we will be glad to negotiate any change or amendment required to evolve a mutually agreement.



TECHNICAL-COMMERCIAL PROPOSAL

Solution A: Twin Screw Pump & Electric Motor on Skid + PumpSmart VFD + Generator:

Item	Qty.	Description	Unit Price	Total Price
1	1	Bormemann HC 300-46, 1,500-2,000 bph, 11 bar, 353 hp Max, NPSHR = 1.8 m @ 1,500 bph, 2.1 m @ 2,000 bph. 650 Cst.	117,780.00	117,780.00
2	1	400 hp Class 1, Div 2, 1200 RPM Electric Motor. Gould's Choice among Weg, Toshiba, US Motors, Baldor	34,637.00	34,637.00
3	1	Baseplate, Coupling, Accessories, Assembly & Alignment	31,538.00	31,538.00
4	1	450 hp PumpSmart VFD over ACS800 Platform, 6-Pulse with Reactor, in IP55 Floor Standing Cabinet	37,207.00	37,207.00
5A	1	410 kW Prime Rating, Cummins Diesel Engine Driven Electric Generator, with Enclosure	105,653.00	105,653.00
TOTAL PRICE, with 410 kW Cummins Generator, US DOLLARS:				326,815.00
5B	1	OPTIONAL: 320 Kw Prime Rating, CAT Diesel Engine Driven Electric Generator, with Enclosure	104,133.00	104,133.00
TOTAL PRICE, with 320 kW CAT Generator, US DOLLARS:				325,295.00

Delivery Time, at Lima/Callao = 12 Weeks.



Solution B: Twin Screw Pump, Gear Box & Zone 2 Diesel Engine on Skid:

Item	Qty	Description	Unit Price	Total Price
1	1	Bornemann HC 300-46, 1,500-2,000 bph, 11 bar, 353 hp Max, NPSHR = 1.8 m @ 1,500 bph, 2.1 m @ 2,000 bph. 650 Cst.	111,580.00	111,580.00
2	1	(*) Diesel Engine: Cummins QSM Zone 2 or CAT C15 Zone 2.	200,000.00	200,000.00
3	1	Gear Box, COTTA Gear GR16E.	82,308.00	82,308.00
4	1	Engineering, Baseplate manufacturing, Couplings, Assembly & Alignment, Quality Assurance & Documentation	63,077.00	63,077.00
TOTAL PRICE, US DOLLARS:				456,965.00

Delivery Time, at Lima/Callao estimated at 26 Weeks.

(*) Price to be confirmed.



Services Pricing

We offer 05 days of service at a total price of **US\$14,000**, which will be invoiced separately from the goods.

The services will be performed by a Field Service Engineer and a Field Service Technician.

The services included are the following:

- Pre-commissioning (installation checklist)
- Start-Up Supervision
- Commissioning (start-up checklist and report)
- Training to Operations staff.

The included expenses are the following:

- Transportation to Iquitos.
- Medical checks at Lima

The following expenses must be covered by the customer:

- Transportation and living expenses to/from/at the Oil Field.

The services time schedule is proposed as follows:

01 Field Service Trip to Job Site:

- Day 1: Transportation to the mine and security screening and training.
- Day 2: Pre-commissioning
- Day 3: Observations resolution
- Day 4: Start-up Supervision and Commissioning
- Day 5: Training to Operations staff

Anexo 8.16: Reporte de Análisis de Crudo Liviano

SGS

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INDECOPI - SNA CON REGISTRO N° LE - 002



Registro N° LE-002

FECHA: 11/07/2014

SGS Oil, Gas and Chemicals

Av. Elmer Faucett
3348, Callao 1
Perú
PO Box 27-0125
t (51-1) 517 1900
f (51-1) 575 4089
www.pe.sgs.com

GRAN TIERRA ENERGY PERU S.R.L.

CALLE ANDRES REYES NRO 437 (PISO 8 PLATINUM II)
LIMA - SANTISIDRO
PERU

Informe de Ensayo con Valor Oficial: CA1400996.001

CLIENTE ORDEN NO :	660937-5	SGS ORDEN NO.:	-
CLIENTE ID :	Petróleo Crudo	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO :	Acete crudo
LOCALIDAD :	CALLAO	MUESTREADO POR :	Cliente
ORIGEN DE LA MUESTRA :	Como se suministra	RECIBIDO :	26/05/2014
TIPO DE MUESTRA :	Tal como fue presentado	COMPLETADO :	11/07/2014
MUESTREADO :	17/02/2014	CANTIDAD :	500 ml
ANALIZADO :	11/07/2014		
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA :	Botella de vidrio		
NO PRECINTO :	0535505		
COMENTARIO MUESTRA :	TK Pozo 90 % / Gasolina Natural 10%		

ANÁLISIS	MÉTODO	RESULTADO UNIT
Contenido Total Azufre	ASTM D 4284 - 10 (2010)	0.449 % m/m
API a 60°F (*)	ASTM D 4052 - 11(2011)	21.8 °API
Viscosidad cinemática a 20°C (68°F)	ASTM D 445 - 2012 (2012)	350.0 cSt
Viscosidad Cinemática a 25°C (77°F)	ASTM D 445 - 2012 (2012)	220.6 cSt
Viscosidad Cinemática a 50°C (122°F)	ASTM D 445 - 2012 (2012)	58.10 cSt
Viscosidad Cinemática a 75°C (167°F)	ASTM D 445 - 2012 (2012)	22.01 cSt
Contenido de Cloruro (*)	ASTM D 3230 - 13 (2013)	28 PTB
Agua y Sedimentos en Aceites Crudos por la Centífuga	ASTM D 4007 - 11 e1 (2011)	0.30 % v/v
Compatibilidad - 10% de disolvente y 90% de Crudo (*)	SGS-OGC-ME-01 (2009)	2 Rating
Presión de Vapor Reid - Procedimiento <26 psia	ASTM D 323 - 08 (2008)	1.90 PSI

** Fin De Los Resultados Analíticos **

(*) El método indicado no ha sido acreditado por el INDECOPI-SNA, para la matriz en mención.

FIRMA AUTORIZADA



YSABEL C. BABILONIA
Coordinador de Laboratorio OGCH
CIP 87792

1107201420120000006019

Página 1 / 1

OGC-ES_REPORT_NLOGO-2012-05-05-V48

Este documento no podrá ser reproducido total ni parcialmente sin autorización de SGS del Perú S.A.C.
 Los resultados mencionados en este documento proceden de muestras proporcionadas por el cliente o por un tercero a nombre del cliente. La compañía no es responsable del origen o fuente de la cual las muestras han sido tomadas.
 El informe de ensayo sólo es válido para la muestra del prototipo o del lote sometida a análisis, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido ensayado.
 Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 SGS Laboratorios Callao está acreditado por Indecopi conforme a los requisitos de NTP ISO/IEC 17025 para los ensayos especificados en el alcance de acreditación, el cual se puede encontrar en www.indecopi.gob.pe
 Este documento es emitido por la Compañía bajo sus Condiciones Generales de Servicio, que pueden encontrarse en la página http://www.sgs.com/terms_and_conditions.htm Son especialmente importantes las disposiciones sobre limitación de responsabilidad, pago de indemnizaciones y jurisdicción definidos en dichas Condiciones Generales de Servicio.
 Se informa a cualquier persona que tenga en su poder este documento, que el contenido del mismo, refleja los hallazgos de la Compañía solo al momento de su intervención y dentro de los límites de las instrucciones del Cliente, el mismo es únicamente responsable ante el Cliente y este documento no sirve a las partes de una transacción de ejercer todos sus derechos y obligaciones en virtud de los documentos de la transacción.
 Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados con el máximo rigor de la ley.
 No obstante lo estipulado en la Cláusula 8 de las Condiciones Generales de Servicio de SGS, todos los conflictos que se originen en, o que tengan relación con las Resoluciones Contractuales reguladas por este contrato, se regirán y serán interpretados de acuerdo con la ley sustantiva de Perú, resolviendo cualquier disputa legal con respecto a los conflictos de leyes y se resolverán finalmente mediante un Arbitraje de Derecho de acuerdo al Reglamento del Centro de Arbitraje Nacional e Internacional de la Cámara de Comercio de Lima, por uno o más árbitros designados de acuerdo con las reglas. El arbitraje tendrá lugar en Lima (Perú) y será en el idioma español.

SGS del Perú S.A.C. | Av. Elmer Faucett 3348 - Callao 1 t (51-1) 517 1900 f (51-1) 575 4089 www.pe.sgs.com

Última revisión Abril 2010

Miembro del Grupo SGS (Société Générale de Surveillance)

COD. 310