



SUB GERENCIA REFINACIÓN SELVA
JEFATURA TÉCNICA
UNIDAD INGENIERÍA DE PROCESOS Y
PROYECTOS



DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASSETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DISCIPLINA: MECÁNICA

MEMORIA DE CÁLCULO DE ESPESORES DE TUBERÍAS

“EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASSETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM”

PROYECTO OS-0381

REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORADO POR ICESA	APROBADO POR ICESA	REVISADO POR PETROPERU	APROBADO POR PETROPERU
0	11/10/19	EMISIÓN INICIAL	L.J.M /J.P.	J.F	D.C	C.F
A	03/10/19	EMISIÓN INICIAL	L.J.M /J.P.	J.F	D.C	C.F
PETROPERÚ			OS-10-13-MCM-0381-020			
INGENIERÍA CARDÓN						

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASSETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

CONTENIDO

1.	OBJETIVO	4
2.	ALCANCE	4
3.	NORMAS TÉCNICAS Y DOCUMENTOS.....	4
3.1.	General	4
3.2.	Documentos y Planos de Referencia.....	5
4.	CRITERIOS DE DISEÑO	5
4.1.	Presión de Diseño	5
4.2.	Temperatura de Diseño.....	6
4.3.	Esfuerzo del Material.....	6
4.4.	Factor de Calidad	6
4.5.	Factor de Reducción de la Resistencia de la Junta Soldada	6
4.6.	Coeficiente Y.....	7
5.	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS	7
5.1.	Dimensiones	7
5.2.	Espesor de Pared	7
5.3.	Espesor Comercial	7
5.4.	Nivel de Especificación del Producto (PSL)	8
5.5.	Materiales de Fabricación.....	8
5.6.	Método de Fabricación de la Tubería	8
5.7.	Espesor de Diseño por Presión Interna	8
5.8.	Espesor de Pared Mínimo Requerido	9
5.9.	Prueba Hidrostática ASME B31.3.....	9
5.10.	Tolerancia por Corrosión.....	10
6.	ÍNDICE DE SERVICIO	10
6.1.	Condiciones de Operación	10
6.2.	Condiciones de Diseño	10
6.3.	Datos Generales de entrada	11
6.4.	Condiciones de Cálculo	11

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	2 de 20



**SUB GERENCIA REFINACIÓN SELVA
JEFATURA TÉCNICA
UNIDAD INGENIERÍA DE PROCESOS Y
PROYECTOS**



DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

7.	CÁLCULOS TÍPICOS.....	12
7.1.	Tuberías según ASME B31.3	12
7.2.	Determinación de las Condiciones de Diseño	12
7.3.	Espesor de Diseño por Presión Interna	13
7.4.	Espesor Comercial	14
7.5.	Presión de Prueba	14
8.	RESULTADO DE ESPESORES.....	14
8.1.	Espesores Mínimos por Cálculo y Comercial	14
8.2.	Espesores a Utilizar en el Proyecto	15
9.	ANEXOS	15
9.1.	Anexo 1 – Soportes de Cálculo Espesor de Tuberías Seca (Acero al Carbono)	15
9.2.	Anexo 2 – Soporte de Cálculo Espesor de Tubería Húmeda (Acero al Carbono Galvanizado)	15

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	3 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**

DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**

DISCIPLINA: **MECÁNICA**

1. OBJETIVO

Calcular los espesores de pared para las tuberías y accesorios necesarios para la construcción del Proyecto **“EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM”**, a ser desarrollado en el distrito de Punchana, Provincia de Maynas, Región Loreto; sobre la margen izquierda del río Amazonas, cumpliendo con las normas y/o regulaciones ambientales y de seguridad vigentes, para cumplir con eficiencia y eficacia los objetivos de la empresa.

2. ALCANCE

Seleccionar por cálculos, los espesores de pared para las tuberías y accesorios requeridos en la construcción del Proyecto **“EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM”**.

En los cálculos se consideran todos los diámetros de las tuberías requeridas para conducir el agua requerida, con sus condiciones de operación (presión y temperatura), para realizar una cortina de protección a la radiación.

Los espesores de tuberías, se calculan utilizando el ASME B31.3.

3. NORMAS TÉCNICAS Y DOCUMENTOS

3.1. General

El desarrollo de la Ingeniería de Detalle del proyecto **“EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM”**, se realiza con base en los documentos de referencia, normas, especificaciones y secciones aplicables de los códigos de diseño, estándares y prácticas de Ingeniería que se indican, incluyendo las revisiones, anexos y otros documentos incorporados como referencias, además se aplica, previa revisión y aprobación de **PETROPERÚ**, aquellos ya comprobados y aceptados que como consecuencia de los adelantos tecnológicos, superen o mejoren a las señaladas en costo, funcionamiento y calidad.

En el evento de que existan inconsistencias o diferencias entre las normas, códigos y los documentos de referencia o elementos de entrada suministrados por **PETROPERÚ**, prevalece aquel que contenga criterios más conservadores (de mayores factores de seguridad), siempre bajo el conocimiento y aceptación **PETROPERÚ**. En general el orden jerárquico de

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	4 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

prioridad establecido para las normas, códigos, especificaciones y estándares de Ingeniería aplicados para desarrollar el proyecto es:

- Normas Oficiales Peruanas o Decretos Supremos.
- Códigos, estándares y prácticas recomendadas internacionales (Ejemplo: ASME, API, ANSI, NFPA, etc.).

Normas Internacionales:

- American Society of Mechanical Engineers (ASME)

B31.3 Process Piping Guide.

Regulaciones y Leyes Nacionales

- DS N° 043-07-EM Reglamento de Seguridad para las Actividades de Hidrocarburos.
- DS N° 046-93 Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades de Hidrocarburos.
- DS N° 051-93 EM Reglamento de Normas para La Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos
- DS N° 052-93 Reglamento de Seguridad para Almacenamiento de Hidrocarburos y su Modificación D.S. 036-2003-EM.

3.2. Documentos y Planos de Referencia

OS-10-13-MCP-0381-010 Memoria de Cálculos de Proceso
OS-10-13-210-0381-025 Planta – Cortina de Agua en Caseta de Transferencia
OS-10-13-210-0381-026 Planta – Cortina de Agua en Caseta de Agua

4. CRITERIOS DE DISEÑO

4.1. Presión de Diseño

Para el cálculo de la presión de diseño de las líneas se considera la máxima presión de operación más la presión hidrostática debido al perfil de la tubería. Para el caso de tuberías conectadas a bombas, la presión de operación máxima considerada, es la presión de cierre de la bomba (shut off: presión a cero caudales).

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	5 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASSETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

La presión de diseño, es igual a la máxima presión de operación más 10% o 30 psig, lo que sea mayor, de acuerdo a las mejores prácticas de ingeniería.

P_{op} = Presión operación

$P_{max\ op}$ = Presión de máxima operación

P_d = Presión interna de diseño

TABLA 1. CONDICIONES PRESIÓN DE DISEÑO

$P_{max\ op}$	P_d
$P_{max\ op} = P_{op} * 10\%$	$P_d = P_{max\ op} * 10\%$ o $P_{max\ op} + 30\text{ psig}$, lo que sea mayor

Por normativas de **OSINERGMIN**, la menor presión de diseño, para tuberías de que llegan a tanques, no debe ser menor a 150 psig. En este proyecto, esto se asume para otros sistemas.

4.2. Temperatura de Diseño

Para determinar la temperatura de diseño se considera la temperatura de operación normal más 50 °F (10 °C).

4.3. Esfuerzo del Material

El esfuerzo admisible del material de fabricación de la tubería se toma de la Tabla A-1 del ASME B31.3 – “Tuberías de Proceso”, según la especificación del material y la temperatura del metal.

4.4. Factor de Calidad

El Factor de calidad básico para juntas longitudinales soldadas en tuberías y accesorios de acero al carbono, se determina de acuerdo con el párrafo 302.3.4(a) de la norma ASME B31.3. En el Anexo A, Tabla A-1B se selecciona el valor en función de la especificación API, el tipo y la descripción de la tubería (sin costura, soldada por resistencia eléctrica, soldada por fusión, entre otras).

4.5. Factor de Reducción de la Resistencia de la Junta Soldada

Para la tubería de acero al carbono, se utiliza el factor obtenido de la Tabla 302.3.5 del ASME B31.3, para el grupo del material y la temperatura de diseño del componente.

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	6 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

4.6. Coeficiente Y

El valor de este coeficiente se toma de la Tabla 304.1.1 de la norma ASME B31.3, según el grupo del material y la temperatura de diseño de la tubería de acero al carbono.

5. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

Las tuberías de acero cumplen con la última edición de las normas: ASTM A-53, o ASTM A-106 y las dimensiones cumple con los requerimientos de ANSI/ASME B36.10.

El proyecto considera el uso de tubería fabricada según ASTM A-53 Grado B y ASTM A-106 Grado B, como sustituto se utilizan tuberías API-5L (no expandida) de Grado de acuerdo a los requerimientos del proyecto.

La preparación de los extremos soldables a tope (tubería de acero al carbono), son según la Norma ASME B16.25.

No se considera el uso de diámetros no comerciales. En general los tamaños de tubería permitidos son: ½", ¾", 1", 1½", 2", 2½", 3", 4" y 6".

5.1. Dimensiones

Las dimensiones nominales de las tuberías de acero al carbono cumplen con la última edición del código ANSI/ASME B36.10; excepto cuando se especifique otra norma.

5.2. Espesor de Pared

Para efectos de fabricación, los espesores de pared de tuberías de acero al carbono, en cualquier punto de la tubería, deben estar en el rango de -6% a +8% del espesor nominal.

5.3. Espesor Comercial

Se establece que las tuberías de acero al carbono de diámetros comprendidos entre ½ y 2 pulgadas deben tener como mínimo el espesor dado para el Schedule 80 y las tuberías de 3 hasta 6 pulgadas el espesor dado para el Schedule Estándar (STD), aun cuando por cálculo resulten espesores menores.

Se selecciona del ASME B36.10 un espesor comercial igual o superior al espesor (t_m) calculado, pero teniendo en consideración lo descrito en el párrafo anterior.

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	7 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

5.4. Nivel de Especificación del Producto (PSL)

La selección del nivel PSL de un determinado sistema de tuberías depende de factores como: propiedades del fluido, condiciones de servicio, código de diseño, requerimientos legales, entre otros. En la Tabla 2, se presenta la clasificación utilizada para seleccionar el nivel PSL según la especificación API 5L.

TABLA 2. CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN DEL NIVEL PSL SEGÚN API 5L

Tipo de Servicio	Condiciones	Nivel de Especificación
Agua	Cualquier presión	PSL1

5.5. Materiales de Fabricación

Las tuberías se fabrican de acero al carbono.

Las propiedades químicas y mecánicas del material de las tuberías de acero al carbono, cumplen con lo establecido en la especificación ASTM A-53/A-106 y/o API 5L.

5.6. Método de Fabricación de la Tubería

Los procesos utilizados para la fabricación de las tuberías son los siguientes:

- Soldadura por Resistencia Eléctrica (ERW), aplica para tuberías de diámetro menor o igual a 16", con costura longitudinal.
- Fabricación por extrusión de tochos o lingotes de acero al carbono, aplica para tuberías de diámetro menor o igual a 12".

En ambos casos, el acero utilizado para la fabricación de las tuberías debe ser totalmente calmado y la materia prima (tira, plancha o bobina) no debe tener ninguna reparación por soldadura.

5.7. Espesor de Diseño por Presión Interna

El cálculo del espesor de diseño por presión, según el párrafo 304.1.2 de la norma ASME B31.3, se realiza mediante la siguiente ecuación (fórmula (3a) de la referida norma):

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S \cdot E \cdot W + P \cdot Y)} \quad \text{Ec. 5.7.1}$$

Dónde:

D = Diámetro externo de la tubería, pulg.

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	8 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

- S = Esfuerzo del material (psi), Tabla A-1 del código ASME B31.3.
E = Factor de calidad, valor tomado de la Tabla A-1B del ASME B31.3.
W = Factor de reducción de la resistencia de la junta de soldadura, tomado de la Tabla 302.3.5 de la norma ASME B31.3.
Y = Coeficiente tomado de la Tabla 304.1.1 del código ASME B31.3.

TABLA 3. DATOS DE DISEÑO SEGÚN B31.3

S (psi)	E	W	Y	C (pulg)
20.000	1	1	0,4	0,0625

5.8. Espesor de Pared Mínimo Requerido

Para obtener el espesor de pared mínimo requerido, se toma el valor del espesor de diseño por presión interna y se agrega el sobre espesor por corrosión y la tolerancia por fabricación.

$$t_o = t + c \quad \text{Ec. 5.8.1}$$

$$t_m = t_o * t_f \quad \text{Ec. 5.8.2}$$

Dónde:

- t_o = Espesor calculado incluyendo el sobre espesor por corrosión (pulg).
- c = Espesor por corrosión permitida (pulg).
- t_m = Espesor mínimo requerido (pulg).
- t_f = Tolerancia por fabricación (12,5% según norma ASME B31.3).

5.9. Prueba Hidrostática ASME B31.3

La presión de prueba hidrostática en cualquier punto de un sistema metálico de tuberías, cuando la temperatura de diseño sea mayor que la temperatura de prueba, se calcula como sigue:

$$P_p = 1,5 \times P_d \times \frac{S_{Td}}{S_{Ta}} \quad \text{Ec. 5.9.1}$$

Dónde:

- P_p = Presión de prueba hidrostática.
- P_d = Presión de diseño.

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	9 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

- S_{Td} = Esfuerzo permisible a la temperatura de prueba.
- S_{Ta} = Esfuerzo permisible a la temperatura de diseño.

5.10. Tolerancia por Corrosión

La corrosión permisible para todos los sistemas de tuberías de acero al carbono se considera según lo descrito en la norma ASME B31.3 “Process Piping”, Capítulo II, Parte 2, punto 304, del año 2010.

Aunque la tubería a utilizar es galvanizada, se considera, una tolerancia a la corrosión de 0,0625 pulg (1,6 mm) para el cálculo de los espesores de pared de los sistemas de tuberías.

6. ÍNDICE DE SERVICIO

6.1. Condiciones de Operación

Las tuberías a instalar serán diseñadas para manejar agua de enfriamiento del SCI requerido en la refinería. Las condiciones de operación (temperatura y presión) de cada uno de los sistemas considerados, son las indicadas en la siguiente tabla.

TABLA 4. CONDICIONES DE OPERACIÓN

SERVICIO	CONDICIONES DE OPERACIÓN	CONDICIONES DE MÁXIMA OPERACIÓN
Agua	P= atm/200 psi	P= 16.2/220 psi
	T= 82 °F	T= 82 °F

6.2. Condiciones de Diseño

Las condiciones de diseño (temperatura y presión) de cada uno de los sistemas considerados, son las indicadas en la siguiente tabla.

TABLA 5. CONDICIONES DE DISEÑO

SERVICIO	CONDICIÓN DE DISEÑO (TEÓRICA)	CONDICIÓN DISEÑO (REAL)
Agua	P= 46,2/250 psi	P= 150/250 psi
	T= 132 °F	T= 132 °F

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASSETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**

DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**

DISCIPLINA: **MECÁNICA**

6.3. Datos Generales de entrada

En la Tabla siguiente se muestran los datos de entrada, condiciones de operación, etc., necesarios para el desarrollo de los cálculos típicos de los espesores de pared de las tuberías.

TABLA 6. CONDICIONES DE DISEÑO

Servicio	Agua (Tubería de A.C.)		Agua (Tubería A.C. Galvanizada)	
Diámetro (pulg)	2		½, 1, 1½, 2	
E			1	
Y			0,4	
Corrosión (pulg)			0,0625	
Servicio Parámetro	Agua (Tubería de A.C.)		Agua (Tubería A.C. Galvanizada)	
	P (psig)	T (°F)	P (psig)	T (°F)
Condición Operación	200	82	Atm	82
Condición Máxima Operación	220	82	16,2	82
Condición Diseño (Teórica)	250	132	46,2	132
Condición Diseño (Real)	250	132	150	132
Condición de Diseño (Presión Shut off)	230	132		

6.4. Condiciones de Cálculo

Para el cálculo de los espesores, se toma en consideración lo siguiente:

- Lo determinado por OSINERGMIN, la menor presión de diseño es de 150 psig.
- El punto de shut off de las bombas.

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	11 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

Cuando el punto de shut off de las bombas sea mayor a 150 psig, entonces se considerará este último o la mayor presión de diseño que se obtenga en el sistema.

Para este caso la presión de diseño que se calcula (250 psig) es mayor que la presión de shut off de la bomba (230 psig), por lo que se usa la mayor (250 psig).

7. CÁLCULOS TÍPICOS

Para el cálculo del espesor de pared del sistema de tuberías se utiliza una hoja de cálculo sencilla creada en Microsoft Excel.

7.1. Tuberías según ASME B31.3

Se realiza el cálculo típico para una especificación de tubería de acero al carbono según la norma ASME B31.3.

Para realizar el ejemplo, se toma la línea de 2" que va desde la red principal (línea 10"-079-FW), hasta la válvula de diluvio.

7.2. Determinación de las Condiciones de Diseño

- Línea de 2" que va desde el ramal principal (10"-079-FW), hasta la válvula de diluvio.

La temperatura de diseño se calcula de la siguiente fórmula:

$$T_d = T_o + 50^{\circ}F \quad \text{Ec. 7.2.1}$$

Dónde:

T_d = Temperatura de diseño ($^{\circ}F$).

$T_{opm\acute{a}x}$ = Temperatura de operación máxima ($^{\circ}F$)

$$T_d = 82 + 50^{\circ}F$$

$$T_d = 132^{\circ}F$$

La presión de diseño es:

$$P = P_{max\ op} * 10\% \quad \text{Ec. 7.2.2}$$

$$P = (200 * 1,1) * 1,1$$

$$P = 242\ psig$$

Se comprueba la segunda condición:

$$P = P_{max\ op} + 30 \quad \text{Ec. 7.2.3}$$

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	12 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

$$P = (200 * 1,1) + 30$$

$$P = 250 \text{ psig}$$

250 > 242, por lo que, para este caso, se tomara la segunda condición, es decir, P = 250 psi.

NOTA: La presión de shut off de las bombas del SCI, es de 230 psig, lo que significa que este valor es menor al valor de presión de diseño calculado (250 psig).

Para la tubería húmeda (acero al carbono), la presión de diseño es de 250 psig.

Para las tuberías secas (acero al carbono galvanizado), por estar abiertas a la atmósfera, la presión de diseño es de 150 psig.

7.3. Espesor de Diseño por Presión Interna

El cálculo del espesor de diseño por presión, según el párrafo 304.1.2 de la norma ASME B31.3, se realiza mediante la siguiente ecuación (fórmula (3a) de la referida norma):

Para esto se consideran las ecuaciones descritas como: 5.7.1, 5.8.1 y 5.8.2

$$t = \frac{P * D}{2 * (S * E * W + P * Y)} \quad \text{Ec. 5.7.1}$$

$$t_o = t + c \quad \text{Ec. 5.8.1}$$

$$tm = t_o * tf \quad \text{Ec. 5.8.2}$$

Sustituyendo en las ecuaciones anteriores, se tiene:

$$t = \frac{2,375 * 250}{2 * (20.000 * 1 * 1 + 250 * 0,4)}$$

$$t = 0,015 \text{ pulg}$$

$$t_o = 0,015 + 0,0625$$

$$t_o = 0,077 \text{ pulg}$$

$$tm = 0,077 * \left(\frac{1}{1 - 0,125} \right)$$

$$tm = 0,088 \text{ pulg}$$

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	13 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**

DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**

DISCIPLINA: **MECÁNICA**

7.4. Espesor Comercial

De acuerdo a lo establecido en el punto 5.3, las tuberías de acero al carbono de diámetros comprendidos entre $\frac{3}{4}$ y 2 pulgadas deben tener como mínimo el espesor dado para el Schedule 80 y las tuberías de 3 hasta 6 pulgadas el espesor dado para el Schedule Estándar (STD), aun cuando por cálculo resulten espesores menores.

Se selecciona del ASME B36.10 un espesor comercial igual o superior al t_m calculado, pero teniendo en consideración lo descrito en el párrafo anterior.

El espesor comercial (T_c), tomado del ASME B36.10 es el siguiente:

$$T_c = 0,218 \text{ pulg (Sch STD)}$$

7.5. Presión de Prueba

Si la temperatura de diseño del metal utilizado en la fabricación de las tuberías es superior a la temperatura de realización de la prueba, la presión de prueba hidrostática se determina mediante la ecuación 5.9.1.

$$P_p = 1,5 \times P_d \times \frac{S_{T_d}}{S_{T_a}} \quad \text{Ec. 5.9.1}$$

Adicionalmente, OSINERGMIN solicita que para la prueba hidrostática se simplifique la ecuación anterior, quedando de la siguiente manera:

$$P_p = 1,5 \times P_d$$

Sustituyendo en la ecuación anterior, queda:

$$P_p = 1,5 \times 250$$

$$P_p = 375 \text{ psig}$$

Nota: Para las tuberías secas (acero al carbono galvanizado), se toma como presión de prueba hidrostática 200 psig, tal como lo indicado en la NFPA.

8. RESULTADO DE ESPESORES

Basado en la tabla 6, se toman los datos para realizar los cálculos de espesores de tuberías.

8.1. Espesores Mínimos por Cálculo y Comercial

En la Tablas siguiente, se muestra el resumen de los resultados obtenidos del mínimo espesor comercial según ASME B36.10, para los diferentes regímenes del proyecto:

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	14 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

TABLA 7. ESPESOR MÍNIMO POR CÁLCULO Y ESPESOR COMERCIAL

Agua		
Ø (pulg)	Esp. Min. Req. (pulg)	Esp. Comer. (pulg)
½	0,075	0,109
1	0,077	0,133
1½	0,080	0,145
2	0,082	0,154

8.2. Espesores a Utilizar en el Proyecto

Tomando en consideración lo descrito en el punto 5.3, en la tabla siguiente, se muestran los diámetros de tuberías, espesores comerciales, mínimos requeridos y tipo de materiales a utilizar en el proyecto:

TABLA 8. ESPESORES COMERCIALES A UTILIZAR

Diámetro (pulg)	Espesor (pulg)	Schedule (Sch)	Presión de Prueba Hidrostática (psig)	Material
2	0,218	80	375	ASTM A-106 Gr. B
½	0,147	80	200	ASTM A-106 Gr. B Galvanizado
1	0,179	80	200	ASTM A-106 Gr. B Galvanizado
1½	0,200	80	200	ASTM A-106 Gr. B Galvanizado
2	0,218	80	200	ASTM A-106 Gr. B Galvanizado

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1 – Soportes de Cálculo Espesor de Tuberías Seca (Acero al Carbono)

9.2. Anexo 2 – Soporte de Cálculo Espesor de Tubería Húmeda (Acero al Carbono Galvanizado)

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	15 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASSETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

Anexo 1 – Soportes de Cálculo Espesor de Tuberías Seca (Acero al Carbono)

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

CALCULO DE ESPESOR DE TUBERIAS

PROYECTO: I.D. PROTECCIÓN CASSETAS DE BOMBAS

TUBERÍA 2" A.C

DATOS:

PRESIÓN DE TRABAJO (PSI) (P)= 206.61 227.27 250.00
TEMPERATURA DE TRABAJO (°F) (T)= 82.00 82.00 132.00
FACTOR DE CORROSIÓN (PULG) (FC)= 0.0625

FLUIDO: GAS/CRUDO/DRENAJE

DIAMETRO EXTERNO (PULG.) (D)= 2.375

ESFUERZO DE FLUENCIA MAT. (PSI) (S)= 20,000.00

NORMA DE DISEÑO= ANSI B 31.3

FACTOR DE REDUCCIÓN POR TIPO DE JUNTA (E)= 1.00 (para soldadura de arco sumergido)

COEFICIENTE. DEPENDIENTE MAT. Y TEMP. (Y)= 0.40

TOLERANCIA DE FABRICACIÓN= 12.50%

PRESIONES MAXIMAS PERMISIBLES (PSI)

PRESIÓN REQUERIDA (PSI)	ESPESOR PARED (IN)		OBSERVACIONES
			FACTOR DE DISEÑO
206.61	0.075	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
206.61	0.012	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
206.61	0.085	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN
227.27	0.076	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
227.271	0.013	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
227.271	0.087	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN
250.00	0.077	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
249.9981	0.015	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
249.9981	0.088	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

Anexo 2 – Soportes de Cálculo Espesor de Tuberías Húmeda (Acero al Carbono Galvanizado)

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

CALCULO DE ESPESOR DE TUBERIAS

PROYECTO: I.D. PROTECCIÓN CASETAS DE BOMBAS

TUBERÍA 1/2" GALV

DATOS:

PRESIÓN DE TRABAJO (PSI) (P)= 124.00 136.40 150.04
TEMPERATURA DE TRABAJO (°F) (T)= 82.00 82.00 132.00
FACTOR DE CORROSIÓN (PULG) (FC)= 0.0625

FLUIDO: GAS/CRUDO/DRENAJE

DIAMETRO EXTERNO (PULG.) (D)= 0.840

ESFUERZO DE FLUENCIA MAT. (PSI) (S)= 20,000.00

NORMA DE DISEÑO= ANSI B 31.3

FACTOR DE REDUCCIÓN POR TIPO DE JUNTA (E)= 1.00 (para soldadura de arco sumergido)

COEFICIENTE. DEPENDIENTE MAT. Y TEMP. (Y)= 0.40

TOLERANCIA DE FABRICACIÓN= 12.50%

PRESIONES MAXIMAS PERMISIBLES (PSI)

PRESIÓN REQUERIDA	ESPESOR PARED		OBSERVACIONES
(PSI)	(IN)		FACTOR DE DISEÑO
124.00	0.065	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
124	0.003	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
124	0.074	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN
136.40	0.065	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
136.4	0.003	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
136.4	0.075	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN
150.04	0.066	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
150.04	0.0031	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
150.04	0.075	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN



SUB GERENCIA REFINACIÓN SELVA
JEFATURA TÉCNICA
UNIDAD INGENIERÍA DE PROCESOS Y
PROYECTOS



DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

CALCULO DE ESPESOR DE TUBERIAS

PROYECTO: I.D. PROTECCIÓN CASSETAS DE BOMBAS

TUBERÍA 1" GALV.

DATOS:

PRESIÓN DE TRABAJO (PSI) (P)= 124.00 136.40 150.04
TEMPERATURA DE TRABAJO (°F) (T)= 82.00 82.00 132.00
FACTOR DE CORROSIÓN (PULG) (FC)= 0.0625

FLUIDO: GAS/CRUDO/DRENAJE
DIAMETRO EXTERNO (PULG.) (D)= 1.315
ESFUERZO DE FLUENCIA MAT. (PSI) (S)= 20,000.00
NORMA DE DISEÑO= ANSI B 31.3
FACTOR DE REDUCCIÓN POR TIPO DE JUNTA (E)= 1.00 (para soldadura de arco sumergido)
COEFICIENTE. DEPENDIENTE MAT. Y TEMP. (Y)= 0.40

TOLERANCIA DE FABRICACIÓN= 12.50%

PRESIONES MAXIMAS PERMISIBLES (PSI)

PRESIÓN REQUERIDA (PSI)	ESPESOR PARED (IN)		OBSERVACIONES
			FACTOR DE DISEÑO
124.00	0.067	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
124	0.004	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
124	0.076	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN
136.40	0.067	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
136.4	0.004	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
136.4	0.077	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN
150.04	0.067	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
150.04	0.005	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
150.04	0.077	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	18 de 20



SUB GERENCIA REFINACIÓN SELVA
JEFATURA TÉCNICA
UNIDAD INGENIERÍA DE PROCESOS Y
PROYECTOS



DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

CALCULO DE ESPESOR DE TUBERIAS

PROYECTO: I.D. PROTECCIÓN CASSETAS DE BOMBAS

TUBERÍA 1½" GALV

DATOS:

PRESIÓN DE TRABAJO (PSI) (P)= 124.00 136.40 150.04
TEMPERATURA DE TRABAJO (°F) (T)= 82.00 82.00 132.00
FACTOR DE CORROSIÓN (PULG) (FC)= 0.0625

FLUIDO: GAS/CRUDO/DRENAJE
DIAMETRO EXTERNO (PULG.) (D)= 1.900
ESFUERZO DE FLUENCIA MAT. (PSI) (S)= 20,000.00
NORMA DE DISEÑO= ANSI B 31.3 (

FACTOR DE REDUCCIÓN POR TIPO DE JUNTA (E)= 1.00 (para soldadura de arco sumergido)
COEFICIENTE. DEPENDIENTE MAT. Y TEMP. (Y)= 0.40

TOLERANCIA DE FABRICACIÓN= 12.50%

PRESIONES MAXIMAS PERMISIBLES (PSI)

PRESIÓN REQUERIDA (PSI)	ESPESOR PARED (IN)		OBSERVACIONES
			FACTOR DE DISEÑO
124.00	0.068	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
124	0.006	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
124	0.078	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN
136.40	0.069	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
136.4	0.006	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
136.4	0.079	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN
150.04	0.070	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
150.04	0.007	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
150.04	0.080	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN

PETROPERÚ	OS-10-13-MCM-0381-020	Revisión	0	Página
INGENIERÍA CARDÓN		Fecha	Oct. 19	19 de 20

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

NOMBRE DEL PROYECTO: **EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS E INGENIERÍA DE DETALLE PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CASETAS DE BOMBAS DE ACUERDO AL D.S. N° 023-2015-EM**
DOCUMENTO: **MEMORIA DE CÁLCULOS DE ESPESORES DE TUBERÍAS**
DISCIPLINA: **MECÁNICA**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

CALCULO DE ESPESOR DE TUBERIAS

PROYECTO: I.D. PROTECCIÓN CASSETAS DE BOMBAS

TUBERÍA 2" GALV

DATOS:

PRESIÓN DE TRABAJO (PSI) (P)=	124.00	136.40	150.04
TEMPERATURA DE TRABAJO (°F) (T)=	82.00	82.00	132.00
FACTOR DE CORROSIÓN (PULG) (FC)=	0.0625		
 FLUIDO: GAS/CRUDO/DRENAJE			
DIAMETRO EXTERNO (PULG.) (D)=	2.375		
ESFUERZO DE FLUENCIA MAT. (PSI) (S)=	20,000.00		
NORMA DE DISEÑO=	ANSI B 31.3		
FACTOR DE REDUCCIÓN POR TIPO DE JUNTA (E)=	1.00	(para soldadura de arco sumergido)	
COEFICIENTE. DEPENDIENTE MAT. Y TEMP. (Y)=	0.40		
 TOLERANCIA DE FABRICACIÓN=	12.50%		

PRESIONES MAXIMAS PERMISIBLES (PSI)

PRESIÓN REQUERIDA (PSI)	ESPESOR PARED (IN)		OBSERVACIONES
			FACTOR DE DISEÑO
124.00	0.070	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
124	0.007	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
124	0.080	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN
136.40	0.071	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
136.4	0.008	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
136.4	0.081	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN
150.04	0.071	tm	CONSIDERANDO EL FACTOR DE CORROSION
150.04	0.009	t	SIN CONSIDERAR EL FACTOR DE CORROSION
150.04	0.082	tm	CON TOLERANCIA DE FABRICACIÓN