

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“DISEÑO DE UN DUCTO DE TRANSPORTE DE DIÉSEL B5 DESDE
PLANTA DE VENTAS CONCHAN HASTA LA ESTACIÓN DE SERVICIOS
KIO”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

SAAVEDRA SAAVEDRA, CESAR PEDRO

Villa El Salvador
2017

DEDICATORIA:

Dedico este trabajo a Dios por seguir permitiéndome llegar a momentos tan especiales como en el que me encuentro ahora.

A mi familia por su apoyo incondicional, en especial a mis abuelos Miguel y Susana por brindarme el calor de su hogar.

A mi padre que lo llevo siempre en mi corazón a quien perdí a los pocos meses de haber ingresado a la Universidad , le dedico todo mi esfuerzo en reconocimiento a todo el sacrificio entregado para que yo pueda tener una educación y formarme correctamente .

A mi madre por instruirme buenos valores, el compromiso y la fortaleza de siempre salir adelante.

A mi hermana por la preocupación de que siempre me encuentre bien en todo momento.

A mi amada, por estar conmigo en aquellos momentos en el que realizaba este proyecto el cual ocuparon mi tiempo y esfuerzo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los buenos docentes de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, siendo su ímpetu de docencia y la enseñanza de las materias de ingeniería un punto clave para formar buenos profesionales.

ÍNDICE	
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	3
1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.3.1 ESPACIAL.....	4
1.3.2 TEMPORAL	4
1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.5 OBJETIVOS.....	4
1.5.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.5.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	6
2.2 BASES TEÓRICAS	7
2.2.1 HIDRÁULICA DE TUBERÍA	7
2.2.2 VALVULAS ESTANDAR	26
2.2.3 BOMBAS.....	28
2.2.4 TUBERIAS Y TUBOS.....	39
2.3 MARCO CONCEPTUAL.....	50
CAPÍTULO III.....	51
3.1. SELECCIÓN DE TRAYECTORIA DEL DUCTO.....	51
3.1.1. POSIBLES RUTAS.....	51
3.1.2. EVALUACIÓN.....	51

3.1.3.	SELECCIÓN DE LA RUTA	55
3.2.	DEMANDA DE VENTAS	55
3.3.	SELECCIÓN DE VELOCIDAD DE DESPACHO	56
3.4.	DIMENSIONAMIENTO DEL DUCTO	57
3.5.	PRESUPUESTO POR IMPLEMENTACION DE PROYECTO	63
3.6.	ANALISIS DE COSTOS	65
3.7.	CONSOLIDACION DE RESULTADOS	68
	CONCLUSIONES	69
	RECOMENDACIONES.....	70
	BIBLIOGRAFÍA.....	71
	ANEXOS.....	72

LISTADO DE FIGURAS

Figura N° 1: Elemento de Fluido	10
Figura N° 2: Interpretación de la ecuación de Bernoulli.	12
Figura N° 3: Sistema de flujo de fluido que ilustra la ecuación general de la energía. Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott	13
Figura N° 4: Experimento de Osborn Reynolds.	15
Figura N° 5 : Rugosidad de la pared de un tubo.	17
Figura N° 6: Diagrama de Moody.....	19
Figura N° 7: Válvula de Globo. Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott	21
Figura N° 8: Válvula de Compuerta. Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott.....	22
Figura N° 9: Válvula de verificación-tipo bola.....	22
Figura N° 10: Válvula de Mariposa.	23
Figura N° 11: Codos de tubería y Tes estándar. Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott	23
Figura N° 12: Dibujo esquemático de bombas de desplazamiento positivo.	30
Figura N° 13: Comparación de las curvas características típicas de bombas dinámicas y de desplazamiento positivo.....	33
Figura N° 14: Esquema de una bomba centrífuga típica.....	35
Figura N° 15 Sección de una bomba de pistón axial.	36
Figura N° 16: Bomba de engranes.....	37
Figura N° 17: Bomba de tornillo.	38
Figura N° 18: Bombas Peristálticas.	39
Figura N° 19 Representación gráfica de una línea.	42
Figura N° 20 Representación gráfica de doble línea.....	43
Figura N° 21: Rutas propuestas para el ducto desde Planta de Ventas Conchan hasta la Estación de Servicio Kio.	52
Figura N° 22 Recorrido de Plantas de Ventas Conchan hacia Estación de Servicio Kio. Fuente: Visor de mapas de la Infraestructura de Datos Espaciales del Perú – IDEP, Febrero 2017.Elaboración propia.....	65
Figura N° 23 Recorrido desde Estación de Servicio Kio hacia Plantas de Ventas Conchan. Fuente: Visor de mapas de la Infraestructura de Datos Espaciales del Perú – IDEP, Febrero 2017.Elaboración propia.....	66

LISTADO DE TABLA

Tabla 1: Valores de diseño de la rugosidad de tubos.	18
Tabla 2: Resistencia de válvulas y acoplamientos expresada como longitud equivalente en diámetro de tubería Le/D. Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott.....	25
Tabla 3: Factor de fricción en zona de turbulencia completa para tubería de acero comercial, nueva y limpia.Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott	26
Tabla 4 Colores de identificación de tuberías para transporte de fluidos en estado gaseoso o líquido n instalaciones terrestres y en naves.	40
Tabla 5 Propiedades de la tubería de cobre	46
Tabla 6 Clase 150 para presión de servicio 150psi.	47
Tabla 7: Composición química de los aceros aceptada por la norma ASTM A-53.Fuente Norma ASTM A53.....	49
Tabla 8: Demanda aproximada diaria de Diesel B5 S-50.	55

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, ha habido una mayor conciencia sobre las emisiones de agentes contaminantes. Siendo el CO₂ un GEI que en concentraciones elevadas en la atmosfera son perjudiciales contribuyendo al calentamiento global. El aumento de la temperatura en la superficie de la Tierra es considerada como una grave amenaza para la estabilidad política, económica y social de las naciones. Cada vez son más frecuentes las alteraciones climáticas, como las inundaciones, sequías, heladas más severas y extensas que amenazan nuestra seguridad y la seguridad del planeta. Lo mismo ocurre con la proliferación de enfermedades como la malaria, el dengue, la fiebre amarilla y otras derivadas de la ola de calor. Todo indica que éstas y otras señales del cambio climático aumentarán en este siglo. El Perú es el 3 país más vulnerable a los riesgos climáticos. En los últimos 30 años, hemos perdido el 22% de la superficie de nuestros glaciares, que son el 71 %de los glaciares tropicales del mundo. (MINAN, 2010)

Es necesario que sumemos esfuerzos y adoptemos acciones concretas para evitar un daño mayor al sistema climático. El estado peruano mitiga estas emisiones de gases contaminantes promoviendo leyes para salvaguardar la calidad del aire y la salud pública. La ley 28694, Ley que regula el contenido de azufre en el combustible Diesel promulgada en el 2006 prohibió la venta para el mercado interno de combustible diésel con contenido de azufre superior a los 5000 ppm y que a partir del 1 de enero de 2010 quedaba prohibida la comercialización para el consumo interno de combustible diésel cuyo contenido de azufre sea superior a las 50 ppm por volumen en las zonas geográficas que

estableciera el Ministerio de Energía y Minas; y posteriormente por el Grupo de Trabajo Multisectorial.

A la fecha esta prohibición se viene ejerciendo en la Provincia Constitucional del Callao y en los departamentos de Lima, Arequipa, Cusco, Puno, Madre de Dios, Junín, Tacna y Moquegua, Ancash, Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Huancavelica, Ica, Lambayeque y Pasco. (Sistema peruano de información jurídica, 2016)

En el 2013 PETROPERU galardona con un reconocimiento a la Estación de Servicios Kio por vender un millón de galones tan solo en el mes de enero (Petroperu, 2013), marcando así un hito importante en la venta de combustibles al público a nivel nacional. Este acontecimiento y la creciente demanda de diésel nos hacen prever de un sistema de abastecimiento autónomo. La construcción del ducto que transportara Diésel B5 se localizara en el distrito de Lurín y recorrerá el tramo que va desde planta de ventas Conchan hasta la Estación de Servicios Kio, eliminando así los gases emitidos por el transporte de camiones cisternas y mejorando el sistema de abastecimiento de Diesel B5 a dicha Estación de Servicio.

La estructura que hemos seguido en este proyecto se comporta de 3 capítulos. El Primer Capítulo comprende el Planteamiento del Problema, el Segundo Capítulo el Desarrollo del Marco Teórico y el Tercer Capítulo corresponde al desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

En la actualidad se comercializa Combustibles líquidos a proveedores de ventas al público a través de camiones cisternas lo que exige una mayor logística de procesos para su abastecimiento hasta dichas estaciones de servicio o grifos. Con lo cual dicho procedimiento de abastecimiento emite gases contaminantes y contribuye con todos los efectos que puede tener el congestionamiento vehicular que estos producen.

El aumento de agentes de contaminantes ha hecho que el estado peruano se vea en la obligación de mitigar dichos efectos mediante leyes.

Para dar solución con estos problemas el diseño de transporte de Diesel B5 a través de un ducto permitirá que sea un procedimiento que contribuirá con la protección al sistema climático.

1.2 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la actualidad al aumentar la demanda de combustibles en la Estación de Servicios Kio ha aumentado su abastecimiento por camiones cisternas.

Dicho procedimiento es susceptible a eventualidades, inseguro y aumenta la congestión vehicular por ser de dimensiones grandes y lentas en su movilización; además de contaminar el medio ambiente emitiendo gases como Dióxido de Carbono (CO₂) que en grandes cantidades contribuye con el efecto invernadero y Dióxido de Azufre (SO₂) que al interactuar con las lluvias da lugar a las lluvias ácidas.

Es por ello que se plantea el diseño de transporte de Diesel B5 mediante un ducto con lo cual se estaría abasteciendo de forma autónoma, permanente en armonía con el ambiente y garantizando la demanda futura.

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 ESPACIAL

El proyecto será desarrollado en el tramo que va desde la Planta de Ventas Conchan hasta la Estación de Servicios Kio, que se encuentran ubicados en el distrito de Lurín, provincia de Lima, departamento de Lima.

1.3.2 TEMPORAL

La investigación comprende el periodo de enero a diciembre de 2016.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo desarrollar el diseño de un ducto de transporte de Diesel B5 desde plantas de Ventas Conchan hasta la Estación de servicio Kio como medio de despacho?

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar el ducto de transporte de Diesel B5 proveyéndolo de un sistema autónomo que mejorara el sistema de despacho de Diesel B5 y eliminara los gases emitidos por el abastecimiento de camiones cisternas a la Estación de Servicio Kio.

1.5.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Determinar la ruta de mayor viabilidad y economía del ducto de transporte de Diesel B5.
- Realizar los cálculos y seleccionar los materiales que impliquen dicho diseño en lo concerniente a las materias de Mecánica y Eléctrica.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

(Valer Rojas, 2011), En su informe de suficiencia “Diseño de un ducto de transporte de turbo A1 desde Panta de Terminal Callao hasta Planta de Combustibles del Aeropuerto Jorge Chávez”, para optar el título de Ingeniero Mecánico, en la Universidad Nacional de ingeniería, concluye que: “La ingeniería conceptual analizada recomienda un ducto de 8 pulgadas como el diámetro óptimo. La nueva instalación proporciona a PETROPERU una autonomía en el manejo de suministro del combustible versus la alternativa del transporte por cisternas como se realiza actualmente, en adición a que se rentabiliza la operación del conjunto de la empresa estatal”

De lo señalado por el autor de la tesis podemos establecer que sí es posible mejorar el suministro de abastecimiento de combustible desde una planta de abastecimiento hacia un consumidor propio a través de un ducto de transporte de combustible.

(JIMENEZ SUANCHA, ESTUPIÑAN ROJAS, PINEDA LARA, & PRIETO NARANJO, 2012)“La evolución del transporte de mercancías, la cual responde a la necesidad básica del hombre de trasladar sus productos y hacer puentes de intercambio económico con otras regiones, se evidencia a lo largo de la historia la preocupación por innovar en la forma y diseño de dichos sistemas de transporte, de manera que optimicen los procesos de acuerdo al producto transportado. Es así como aparece el sistema de transporte por ductos que atiende inicialmente a la necesidad de trasladar hidrocarburos y otros materiales

potencialmente peligrosos, de una manera segura y confiable. La historia y orígenes de cada uno de los componente que hacen parte del transporte por ductos, nos da a conocer la evolución de los mismos y lo que podrían llegar a hacer en un futuro no muy lejano”

De lo señalado por el autor de la tesis podemos establecer que el transporte de hidrocarburos por tubería, viene siendo una práctica que se da desde hace varias décadas porque ofrece seguridad en el traslado a un costo razonable y de conformidad con el medio ambiente.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 HIDRÁULICA DE TUBERÍA

2.2.1.1 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS FLUIDOS

(L.Mott, 2006) Las propiedades de un fluido son las que definen el comportamiento y características del mismo tanto en reposo como en movimiento. A continuación se muestran algunas propiedades de los fluidos.

➤ Viscosidad

La ley de viscosidad de Newton expresa que el esfuerzo cortante sobre una superficie tangente a la dirección de circulación del fluido, es proporcional a la razón de cambio de la velocidad del fluido con respecto a la dirección normal.

$$\tau = \mu * \frac{\partial v}{\partial n} \quad (1)$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante (N/m²)

u: Constante de proporcionalidad o coeficiente de viscosidad dinámica(kg/ms)

$\frac{\partial v}{\partial n}$: Variación de la velocidad del fluido con respecto a la dirección normal al flujo (s-1).

En otras palabras la viscosidad expresa la facilidad de un fluido para fluir cuando se aplica una carga externa. La viscosidad es la propiedad originada en los esfuerzos cortantes de los fluidos en movimiento y es una causa de pérdidas de presión estática de flujo en tuberías.

➤ Viscosidad cinemática

Es el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad.

$$\nu = \frac{u}{\rho} \left(\frac{m}{s^2} \right) \quad (2)$$

La unidad más utilizada es el centiStock = 10^{-2} Stock $\nu = 1 \frac{m^2}{s} = 10^6$ cst.

Es importante resaltar que la viscosidad no varía en forma considerable con la presión, pero sí lo hace con la temperatura. La viscosidad de los líquidos disminuye con la temperatura, mientras que en los gases ocurre lo contrario, la viscosidad aumenta con la temperatura.

➤ Densidad

Es la cantidad de masa por unidad de volumen de una sustancia.

$$\rho = \frac{m}{v} \left(\frac{kg}{m^3} \right) \quad (3)$$

Donde:

p: Densidad del fluido (kg/m^3)

m: Masa del fluido (kg)

v : Volumen del fluido (m^3)

➤ **Peso específico**

Es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia.

$$\gamma = \frac{m \cdot g}{v} = \rho * g \left(\frac{N}{m^3} \right) \quad (4)$$

Donde:

γ = Peso específico ($\frac{N}{m^3}$)

g = Aceleración de la gravedad ($\frac{m}{s^2}$)

v = Volumen (m^3)

2.2.1.2 FLUJO VOLUMETRICO

El flujo volumétrico (Q) es el volumen de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo. Su relación es:

$$Q = A * V \quad (5)$$

Siendo: a : sección de la tubería (m^2)

Q : caudal (m^3/s)

V : velocidad media (m/s)

2.2.1.3 FLUJO EN PESO

Flujo en Peso (W) es el peso del fluido que circula en una sección por unidad de tiempo. Su relación es:

$$W = \gamma * Q \quad (6)$$

Siendo: γ : peso específico (N/m^3)

W : flujo en peso (N/s)

q : caudal (m^3/s)

2.2.1.4 FLUJO MASICO

El flujo másico (M) es la masa de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo. Su relación es:

$$M = \rho * Q \quad (7)$$

Siendo: ρ : densidad del fluido (Kg/m^3)

M : flujo másico (Kg/s)

q : caudal (m^3/s)

2.2.1.5. TEOREMA DE BERNOULLI

El teorema de Bernoulli considera los cambios en la carga de presión, carga de elevación y la carga de velocidad entre dos puntos en un sistema de flujo de fluido. Suponiendo que no hay pérdidas o adiciones de energía entre dos puntos, por lo que la carga total permanece constante.

El teorema de Bernoulli es aplicable para flujos incompresibles entre dos secciones de interés en donde no existe:

- Aumento o retiro de energía por parte de dispositivos de mecánicos.
- Transferencia de calor hacia el fluido.
- Pérdida de energía debido a la fricción.

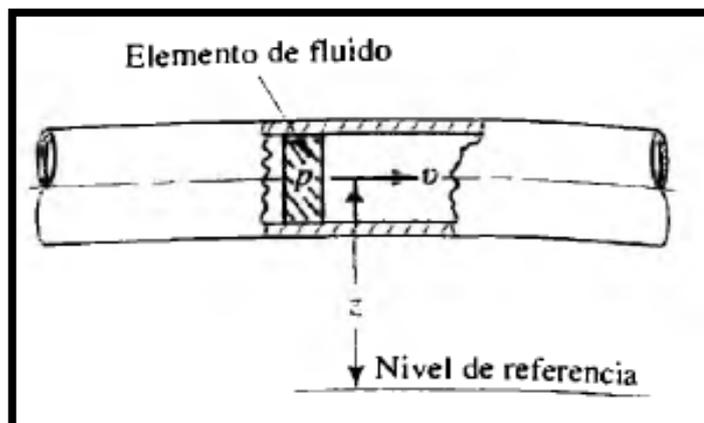


Figura N° 1: Elemento de Fluido
Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

Hay tres formas de energía que se toman siempre en cuenta cuando se analiza un problema de flujo en tuberías. Considerando un elemento de fluido como el que ilustramos en la Figura N° 2, dentro de una tubería en un sistema de flujo. Se localiza a cierta elevación z , tiene velocidad v y presión p . El elemento de fluido posee las formas de energía siguientes:

Energía Potencial del elemento debido a su elevación en relación con algún nivel de referencia es:

$$EP = w * z \quad (8)$$

Energía Cinética del elemento debido a su velocidad:

$$EC = w * \frac{v^2}{2 * g} \quad (9)$$

Energía de flujo: A veces llamada trabajo de flujo o energía de presión, y representa la cantidad de trabajo necesario para mover el elemento de fluido a través de cierta sección contra la presión p

$$EF = w * p / \gamma \quad (10)$$

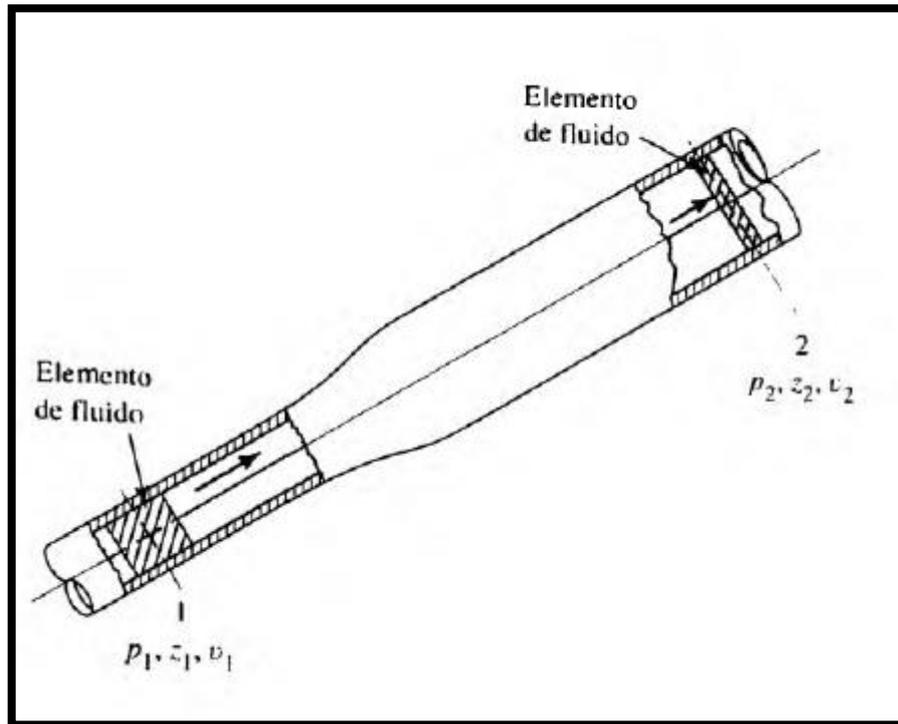


Figura N° 2: Interpretación de la ecuación de Bernoulli.
Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

La energía total de estas tres formas que posee el elemento de fluido es la suma E:

$$E = EF + EP + EC$$

$$E = w * \frac{p}{\gamma} + wz + w * \frac{v^2}{2 * g}$$

Se da principio de la conservación de la energía si no hay energía que se agregue o pierda en el fluido entre las secciones 1 y 2 :

$$E1 = E2$$

$$w * \frac{p_1}{\gamma} + wz_1 + w * \frac{v_1^2}{2 * g} = w * \frac{p_2}{\gamma} + wz_2 + w * \frac{v_2^2}{2 * g}$$

Al dividir la ecuación entre el peso w nos quedaría la siguiente ecuación más conocida como la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \quad (11)$$

2.2.1.6. ECUACION GENERAL DE LA ENERGIA

La ecuación general de la energía es una extensión de la ecuación de Bernoulli, se aplica a sistemas reales en donde existen bombas, pérdidas de energía por fricción, válvulas, accesorios (Te, codo, reductor o expensor), motores de fluidos; la ecuación de Bernoulli no aplica para este tipo de sistemas como se describió anteriormente.

En la figura Figura N° 3 se observa la interpretación lógica de la ecuación de la energía la cual representa un sistema de flujo. Los términos E'_1 y E'_2 denotan la energía que posee el fluido por unidad de peso en las secciones 1 y 2, respectivamente. Se muestran las energías agregadas, removidas y perdidas h_A , h_R y h_L . Para un sistema como el descrito, la expresión del principio de conservación de la energía es:

$$E'_1 + h_A - h_R - h_L = E'_2$$

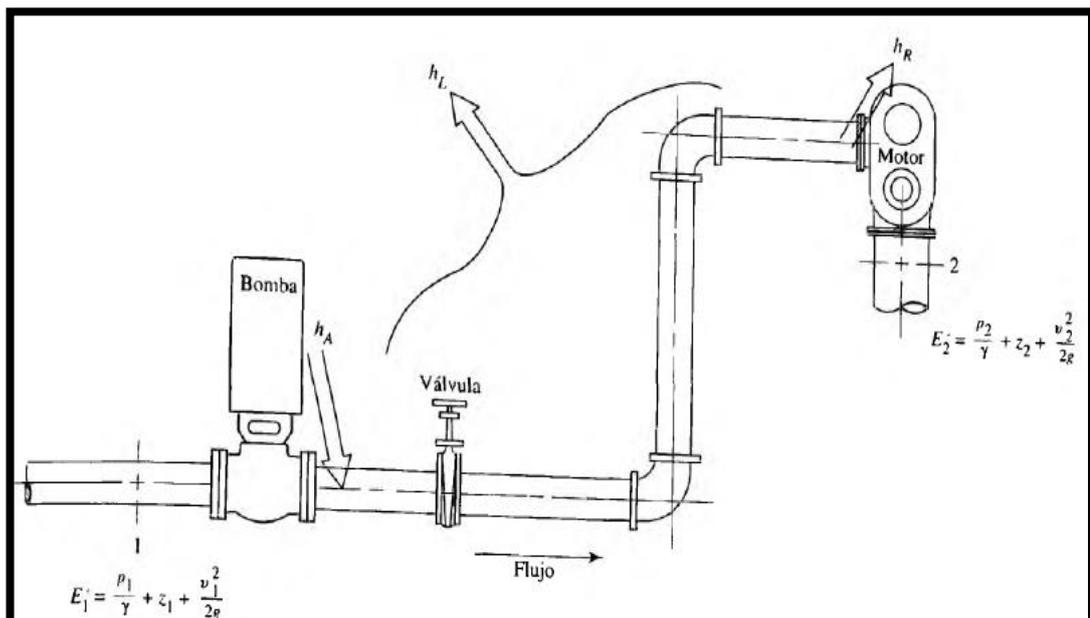


Figura N° 3: Sistema de flujo de fluido que ilustra la ecuación general de la energía. Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

La energía que posee el fluido por unidad de peso es:

$$E' = \frac{p}{\gamma} + z + \frac{v^2}{2 \cdot g} \quad (12)$$

Entonces la ecuación xxxx se convierte en

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} \quad (13)$$

Siendo:

h_A = Energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico, como una bomba; es frecuente que se le denomine carga total sobre la bomba.

h_R = energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico como un motor de fluido

h_L = pérdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías o pérdidas menores por válvula y otros accesorios.

2.2.1.7. REGIMEN DE FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERIAS

Para apreciar los tipos de flujo, Reynolds desarrollo un montaje como el mostrado en la Figura N° 4, en la cual se establece un flujo de agua en un tubo transparente donde se puede controlar la velocidad del fluido, al inyectar tinta de peso específico similar al del agua, se observa que dependiendo de la velocidad del fluido la tinta se mueve a través del fluido formado un filamento, dándose a conocer la naturaleza ordenada del flujo (flujo laminar). Al aumentar la velocidad, la tinta asume un movimiento fluctuante (flujo en transición); si se aumenta aún más la velocidad, la tinta se dispersa en el fluido, observándose un flujo irregular conocido como turbulento.

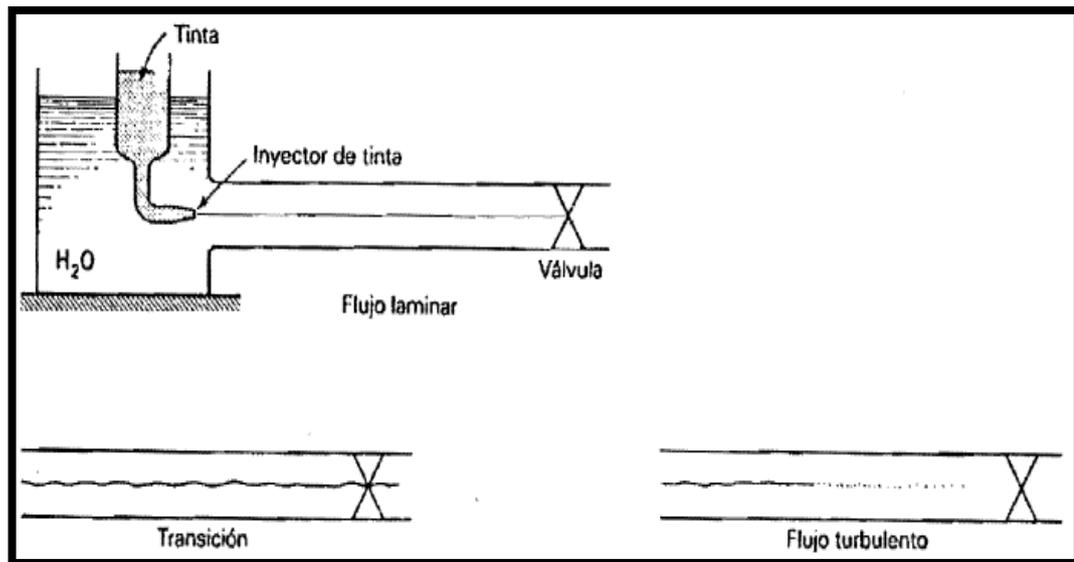


Figura N° 4: Experimento de Osborn Reynolds.
Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

En el flujo laminar, donde el fluido se mueve en forma ordenada, solamente hay intercambio de momentum molecular, pero en el flujo turbulento donde las partículas se mueven en forma desordenada e inestable hay intercambio de momentum transversa, violento, en régimen turbulento es más importante el esfuerzo cortante surgido por el movimiento desordenado del flujo que los mismos esfuerzos cortantes viscosos.

2.2.1.8. NUMERO DE REYNOLDS

Las pérdidas de energía de un fluido depende si el flujo es laminar o turbulento. Debemos tener en cuenta las unidades para asegurar que el número de Reynolds sea adimensional.

Para aplicaciones prácticas del flujo en tuberías, encontramos que si el número de Reynolds para el flujo es menor que 2000, este será laminar. Si el número de Reynolds es mayor que 4000, el flujo será turbulento.

El número de Reynolds viene representado como se muestra a continuación:

$$N_R = \frac{v * D * \rho}{n} = \frac{V * D}{\nu} \quad (14)$$

Siendo:

V : Velocidad (m/s)

D : Diámetro (m)

ρ : Densidad del fluido (Kg/m³)

ν : Viscosidad cinemática (m²/s)

n : Viscosidad dinámica ($\frac{kg}{m*s}$)

En aplicaciones prácticas de flujo de tuberías, encontramos que si el número de Reynolds para el flujo es menor que 200, este será laminar. Si el número de Reynolds es mayor que 4000, el flujo será turbulento.

Si $N_R < 2000$, el flujo es laminar

Si $N_R > 4000$, el flujo es turbulento.

2.2.1.8.1. Pérdida de fricción en el flujo laminar

La pérdida de energía debido a la fricción puede calcularse con la ecuación de Hagen-Poiseuille es válida solo para el flujo laminar.

$$h_L = \frac{32 * n * L * V}{\gamma * D^2} \quad (15)$$

O con la ecuación de Darcy,

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{V_2^2}{2 * g} \quad (16)$$

En la que $f = 64 / N_R$

2.2.1.8.2. Pérdida de fricción en el flujo turbulento

Es más conveniente usar la ecuación de Darcy cuando hay flujo turbulento en tuberías para calcular la pérdida de energía debido a la fricción. El flujo turbulento es caótico y varía en forma constante. Por estas razones, para determinar el valor de f debemos recurrir a los datos experimentales.

Los datos obtenidos han mostrado que el número adimensional f depende de otras cantidades adimensionales, el número de Reynolds y la rugosidad relativa de la tubería. La rugosidad relativa es la relación del diámetro de la tubería D a la rugosidad promedio de su pared ϵ . En la Figura N° 5 se observa de forma exagerada la rugosidad de la pared de la tubería como la altura de los picos de las irregularidades de la superficie. El estado de la superficie de la tubería depende sobre todo del material de que esta hecho el tubo y el método de fabricación. Debido a que la rugosidad es algo irregular, con el fin de obtener su valor global tomaremos valores promedio.

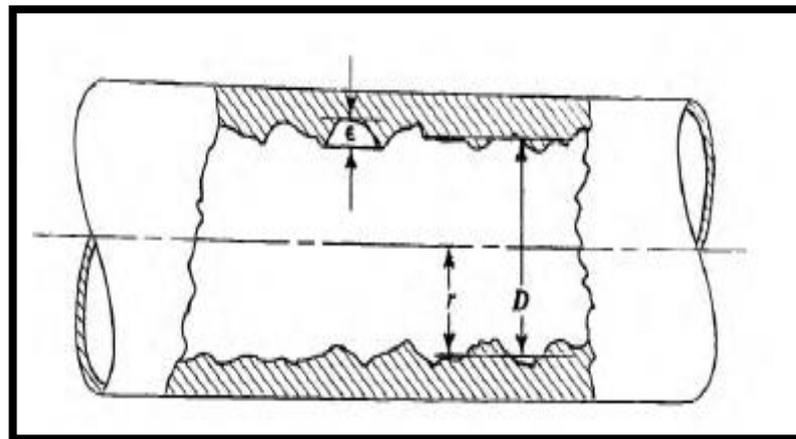


Figura N° 5 : Rugosidad de la pared de un tubo.

Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

En la tabla se aprecia el valor de la rugosidad promedio de la pared de tuberías y tubos existentes comercialmente ϵ . Estos son valores promedio para tuberías nuevas y limpias. Es de esperarse cierta variación una vez que una tubería ha estado en servicio durante un tiempo determinado, pues la rugosidad cambia debido a la formación de depósitos y a la corrosión de la pared.

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (pie)
Vidrio	Liso 3.0×10^{-7}	Liso 1.0×10^{-6}
Plástico	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Tubo extruido; cobre, latón y acero	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Acero, comercial o soldado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}
Acero remachado		

Tabla 1: Valores de diseño de la rugosidad de tubos.
Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

Moody desarrollo un diagrama para determinar los factores de fricción en tuberías comerciales limpias como se muestra en la Figura N° 6.

El diagrama muestra la gráfica del factor de fricción f versus el número de Reynolds N_R , con una serie de curvas paramétricas relacionadas con la rugosidad relativa. Estas curvas fueron generadas por L.F.Moody a partir de datos experimentales.

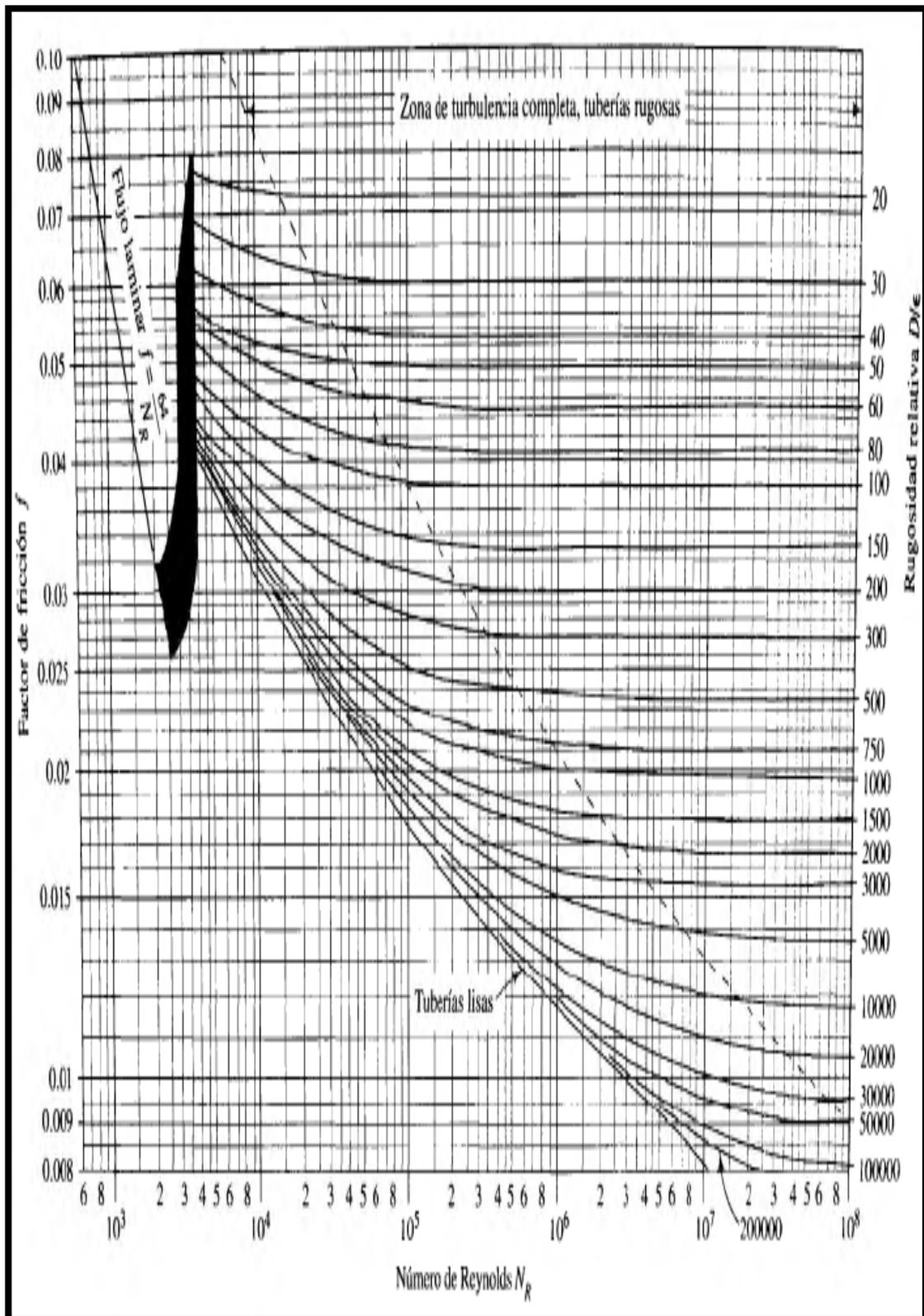


Figura N° 6: Diagrama de Moody
Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

2.2.1.9. ESPESOR DE TUBERIA

(Normas ASME B31.4, 2006) El espesor de la pared de diseño para presión interna de la tubería de acero debe calcularse con la siguiente ecuación:

$$Tn = t + A \quad (17)$$

Sabiendo:

$$t = \frac{Pi * D}{20 * S} \quad (18)$$

Tn: Espesor nominal de la pared que satisface los requisitos de presión y sus tolerancias.

A: Suma de las tolerancias para roseado o acanalado, corrosión y aumento en el espesor de la pared si se utiliza como una medida protectora.

t : Espesor de la tubería (mm)

Pi: Presión de operación en la tubería (bar)

Di: Diámetro externo de la tubería (mm)

S: Tensión a la fluencia (MPa)

2.2.1.10. PERDIDAS MENORES EN SISTEMA DE TUBERÍAS

Las pérdidas de energía son proporcionales a la carga de velocidad del fluido, conforme pasa por una válvula, codo, expansión o contracción de la sección de flujo. Por lo general los valores experimentales de las pérdidas de energía se reportan en términos de un coeficiente de resistencia K, el cual es adimensional debido a que representa una constante de proporcionalidad entre la pérdida de energía y la carga de velocidad. Además dicho coeficiente depende de la geometría del accesorio que ocasiona la pérdida, y a veces de la velocidad del flujo; Donde:

$$h_L = \frac{K * V^2}{2 * g} \quad (19)$$

Siendo:

h_L = perdidas menores de energía del sistema por válvula y otros accesorios.

K = Coeficiente de resistencia

V = Velocidad promedio del flujo

g = gravedad

2.2.1.10.1. COEFICIENTE DE RESISTENCIA PARA VÁLVULAS Y ACOPLAMIENTOS

Disponemos de una gran cantidad de clases de válvulas y accesorios de distintos fabricantes, para cumplir con las especificaciones de las instalaciones de sistema de circulación de fluidos. Las válvulas se emplean para regular la cantidad de fluido; pueden ser de ángulo, compuerta, globo, compuerta, mariposa, cualquiera de varios tipos de válvulas de verificación y muchos tipos más. Se muestran algunos ejemplos de la Figura N° 7 a la Figura N° 10.

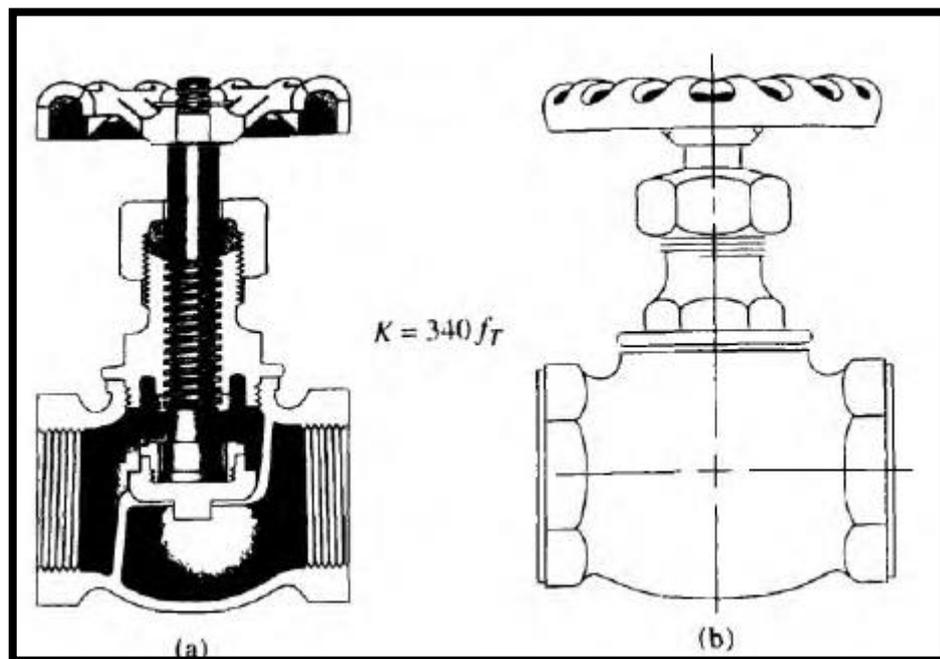


Figura N° 7: Válvula de Globo. Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

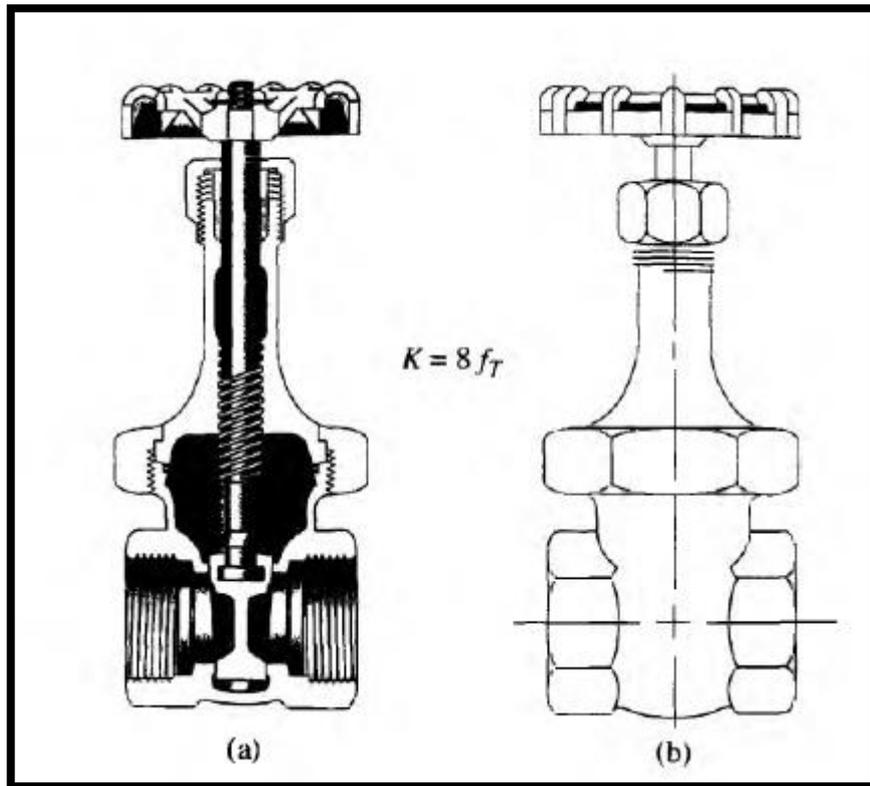


Figura N° 8: Válvula de Compuerta. Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

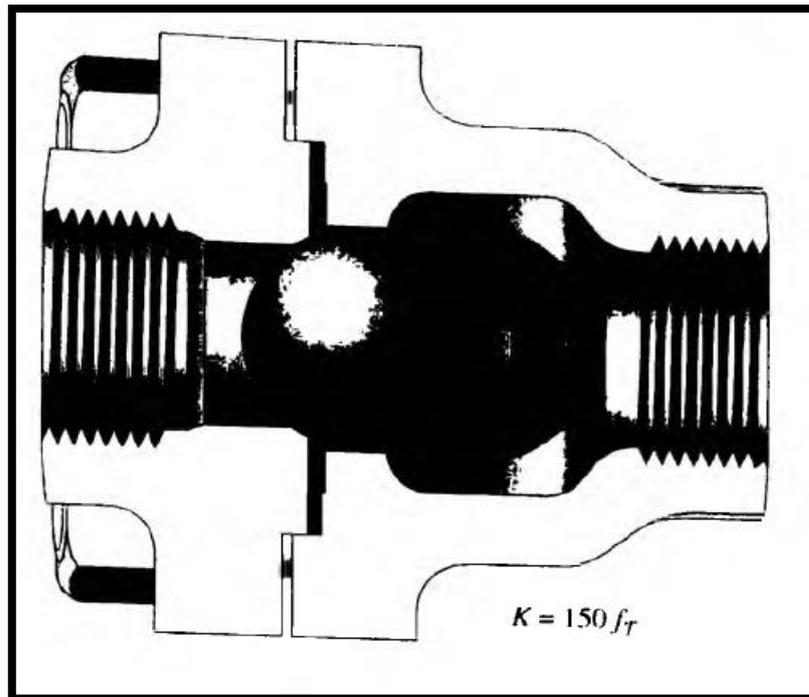


Figura N° 9: Válvula de verificación-tipo bola
Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

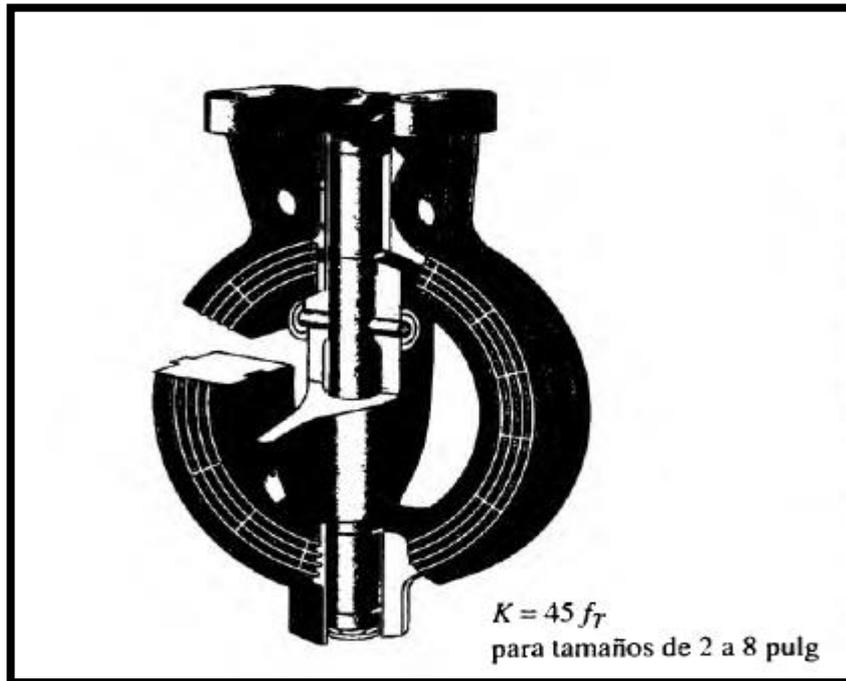


Figura N° 10: Válvula de Mariposa.
Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

Los accesorios o acoplamientos dirigen la dirección del flujo o hacen que cambie su tamaño. Incluyen codos de varios diseños, tes, reductores, boquillas y orificios. Vea la siguiente figura.

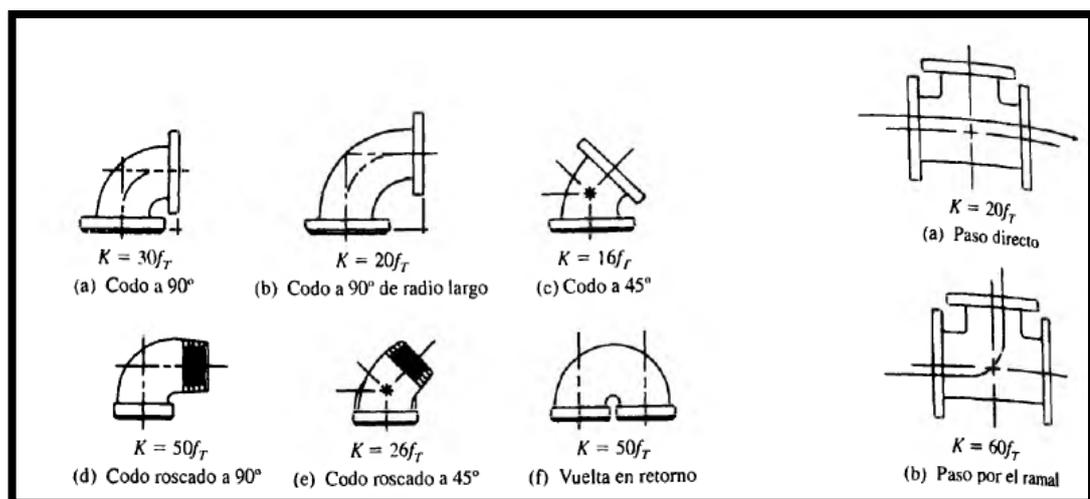


Figura N° 11: Codos de tubería y Tes estándar. Fuente: Mecánica de fluidos.
Robert L.Mott

Es de suma importancia determinar los datos de resistencia para el tipo particular y tamaño elegidos, porque aquella depende de la geometría de la válvula o accesorio de acoplamiento.

La pérdida de energía que se genera cuando el fluido recorre el tramo de una válvula o acoplamiento se calcula con la ecuación h_L descrito anteriormente. Mientras para determinar el valor de K es diferente y viene expresado de la siguiente manera:

$$K = \left(\frac{L_e}{D}\right) f_T \quad (20)$$

Se presenta la Tabla 2 que hace referencia a $\frac{L_e}{D}$, llamado relación de longitud equivalente y se considera constante para un tipo dado de válvula o acoplamiento. Siendo:

L_e = Longitud Equivalente

D= Diámetro interior de la tubería

f_T = Factor de fricción en la tubería a la que está conectada la válvula o acoplamiento.

Tipo	Longitud equivalente en diámetros de tubería L_e/D
Válvula de globo—abierta por completo	340
Válvula de ángulo—abierta por completo	150
Válvula de compuerta—abierta por completo	8
— $3/4$ abierta	35
— $1/2$ abierta	160
— $1/4$ abierta	900
Válvula de verificación—tipo giratorio	100
Válvula de verificación—tipo bola	150
Válvula de mariposa—abierta por completo, 2 a 8 pulg	45
—10 a 14 pulg	35
—16 a 24 pulg	25
Válvula de pie—tipo disco de vástago	420
Válvula de pie—tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar—con flujo directo	20
—con flujo en el ramal	60

Tabla 2: Resistencia de válvulas y acoplamientos expresada como longitud equivalente en diámetro de tubería L_e/D . Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

Los valores para f_T varían según el tamaño de la tubería y la válvula, lo que hace que el valor del coeficiente de resistencia K también varíe. En la siguiente Tabla 3 se presenta una lista de valores f_T para tamaños estándar de tubería de acero comercial, nueva y limpia.

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_T	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_T
1/2	0.027	3 1/2, 4	0.017
3/4	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 1/4	0.022	8-10	0.014
1 1/2	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2 1/2, 3	0.018		

Tabla 3: Factor de fricción en zona de turbulencia completa para tubería de acero comercial, nueva y limpia. Fuente: Mecánica de fluidos. Robert L.Mott

2.2.2 VÁLVULAS ESTANDAR

Válvulas con trayectoria estrechas ocasionara pedidas de energía mayores. Por tanto, si deseamos que el sistema que se diseñe sea eficiente y tenga perdidas de energía relativamente bajas hay que seleccionar con cuidado el tipo de válvula. A continuación describiremos las características generales de las válvulas mostradas.

2.2.2.1. VÁLVULA DE GLOBO

En la Figura N° 7 se presenta la construcción interna y apariencia externa de la válvula globo. Cuando se gira la llave el dispositivo sellador se eleva en forma vertical y se aleja del fondo. Es una llave muy utilizada y económica.

Sin embargo, es una de las de peor rendimiento, en términos de energía que se pierde. El facto de resistencia K viene representado por:

$$K = \left(\frac{L_e}{D}\right) f_T = 340 f_T \quad (21)$$

Es uno de los valores más elevados que se encuentran en la Tabla 2. Se crea mucha turbulencia porque que fluido debe seguir una trayectoria muy compleja pues se mueve de arriba, luego hacia abajo por alrededor del fondo para luego

girar hacia la salida. La válvula globo nos sirve para estrangular el flujo de un sistema. Se estaría perdiendo mucha energía si no fuese necesaria la estrangulación en un sistema.

2.2.2.2. VÁLVULA DE COMPUERTA

En la Figura N° 8 se presenta la construcción interna y apariencia externa de la válvula de compuerta. Si se gira la llave, la compuerta se eleva en forma vertical y se aparta de la trayectoria del flujo. Cuando está abierta por completo, hay muy poca obstrucción del camino del flujo que ocasione turbulencia en la dirección del fluido. Es una de las mejores válvulas para limitar la pérdida de energía. El factor de resistencia K viene dado por:

$$K = \left(\frac{L_e}{D}\right) f_T = 8f_T \quad (22)$$

La pérdida de energía de una válvula compuerta es 2.4% con respecto a una válvula de globo. La válvula de compuerta tiene un costo alto que viene justificado con el ahorro de energía durante su ciclo de operación.

2.2.2.3. VÁLVULA DE VERIFICACIÓN

También conocida como válvula chek; Su función de la válvula de verificación es permitir el flujo en una sola dirección y detenerlo en la contraria como se muestra en la Figura N° 9. La válvula de verificación se cierra de inmediato cuando la presión en el lado de salida excede la del interior.

$$K = \left(\frac{L_e}{D}\right) f_T = 150f_T \quad (23)$$

Una consideración importante para las válvulas de verificación es que se requiere cierta velocidad mínima de flujo para hacer que la válvula abra por completo. A bajos flujos volumétricos, una válvula abierta en forma parcial presentaría más restricción y mayor pérdida de energía.

2.2.2.4. VÁLVULA DE MARIPOSA

En la Figura N° 10 se presenta una fotografía del corte de una válvula común de mariposa, donde un disco relativamente delgado y suave pivotea sobre un eje vertical. Cuando está abierta por completo, solo la dimensión delgada del disco queda frente al flujo. Para cerrar la válvula solo se requiere un cuarto de vuelta de la llave, y es común que se realice por medio de un mecanismo electromecánico para que pueda ser manipulada. Presenta un factor de resistencia K cuando está completamente abierto y viene dado por:

$$K = \left(\frac{L_e}{D}\right) f_T = 45 f_T \quad (24)$$

Este valor es para las válvulas más pequeñas, de 2 a 8 pulg. Entre 10 y 14 pulg, el factor es de $35 f_T$. Y para las válvulas más grandes, de 16 a 24 pulg, tienen un factor de resistencia de $25 f_T$.

2.2.3 BOMBAS

(White, 2004) Las turbomáquinas se dividen de forma natural en aquellas que añaden energía a un fluido (bombas) y aquellas que extraen energía de él (turbinas). El prefijo turbo- es una palabra latina que denota «giro» o «rotación», indicando que las turbomáquinas giran de algún modo. La bomba es el ingenio más antiguo que se conoce para transferir energía a un fluido.

A un aparato que bombea líquido se le llama simplemente bomba, pero si bombea gases recibe tres nombres diferentes dependiendo del incremento de presión conseguido. Si el incremento de presión es muy pequeño (unas cuantas pulgadas de agua) se denomina ventilador; hasta 1 atm se suele denominar soplante; y por encima de 1 atm, compresor.

Hay dos tipos básicos de bombas: de desplazamiento positivo y dinámicas o de intercambio de cantidad de movimiento. En el mundo existen hoy varios miles de millones de cada tipo en uso.

Las bombas de desplazamiento positivo (BDP) tienen un contorno móvil que, por cambios de volumen, obligan al fluido a avanzar a través de la máquina. Se abre una cavidad en la que el fluido penetra a través de la toma. Después se cierra la cavidad y se expulsa el fluido por la abertura de salida. Estas bombas se pueden clasificar como sigue:

A. Alternativas

1. Pistón o émbolo
2. Diafragma

B. Rotativas

1. Rotor simple
 - a. Paleta deslizante
 - b. Tubo flexible
 - c. Tornillo
 - d. Peristáltica
2. Rotor múltiple
 - a. Engranés
 - b. Lóbulo
 - c. Tornillo
 - d. Pistón circunferencial

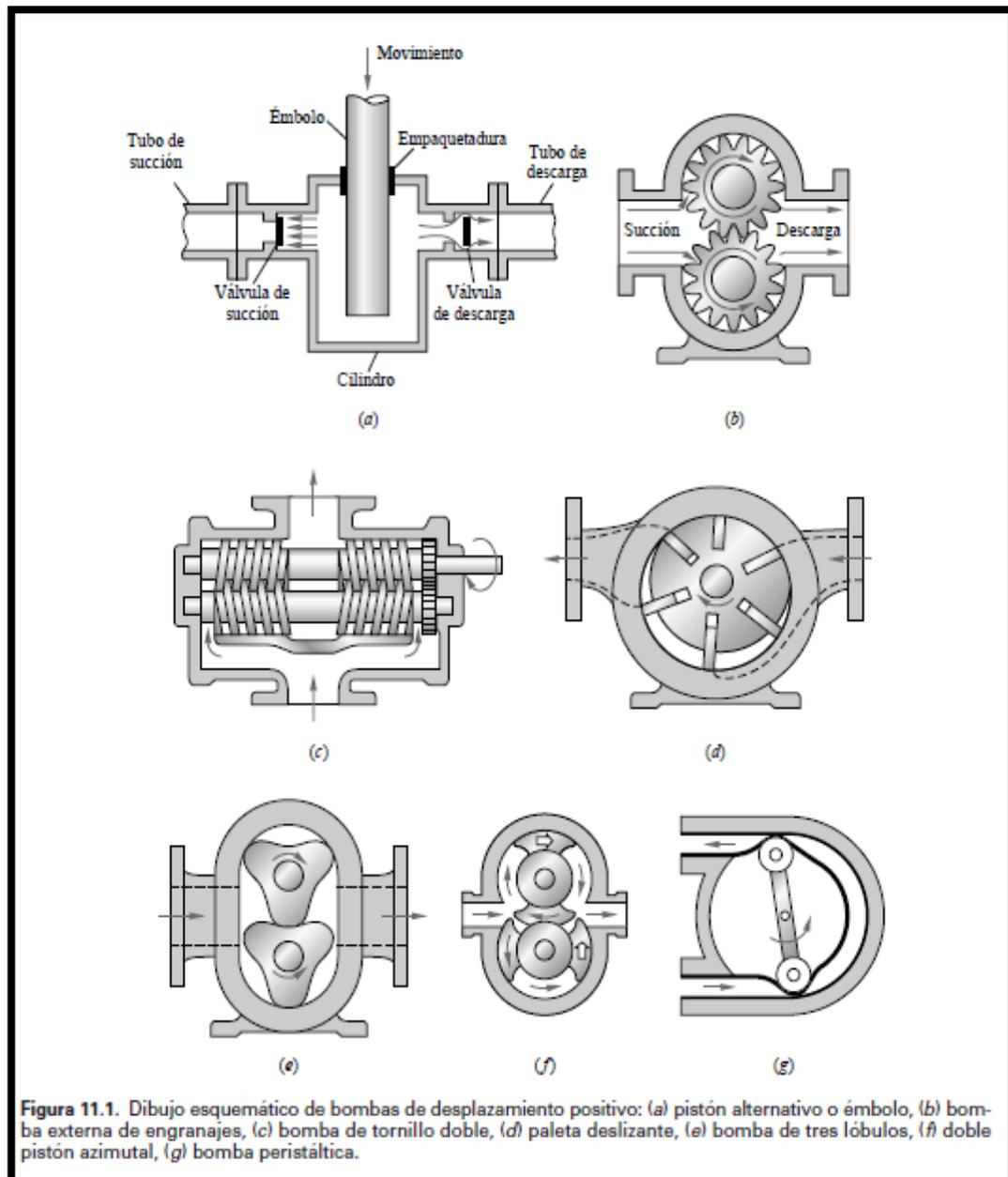


Figura N° 12: Dibujo esquemático de bombas de desplazamiento positivo.
Fuente: Mecánica de fluidos. Frank M. White.

Todas las BDP suministran un caudal pulsante o periódico como consecuencia de que la cavidad se abre, atrapa y expulsa al fluido. Su gran ventaja es que pueden bombear cualquier fluido, independientemente de su viscosidad.

La Figura N° 12 muestra esquemas de los principios de operación de siete de estas BDP. Es raro que estas máquinas funcionen a la inversa, es decir, como turbinas o extractores de energía. El motor de vapor (pistón alternativo) es la excepción clásica.

Dado que las BDP comprimen mecánicamente una cavidad llena de líquido, un problema potencial es que se pueden generar presiones gigantescas si por cualquier motivo se atasca la salida. Esto obliga a construirlas con un diseño muy robusto, aunque si las válvulas de alivio no funcionaran correctamente, un atasco completo podría dañar el ingenio.

Las bombas dinámicas añaden simplemente cantidad de movimiento al fluido por medio de paletas, álabes giratorios o ciertos dispositivos especiales. No hay volúmenes cerrados: el fluido aumenta su cantidad de movimiento mientras se mueve a través de pasajes abiertos, para convertir después su alta velocidad en incremento de presión al salir a través de un difusor. Las bombas dinámicas pueden clasificarse como sigue:

A. Rotativas, también denominadas rotodinámicas.

1. Centrífugas o de flujo de salida radial
2. Flujo axial (de impulsor)
3. Flujo mixto (entre radial y axial)

B. Diseños especiales

1. Bomba de chorro o eyector
2. Bombas electromagnéticas para metales líquidos
3. Actuadores: martinets hidráulicos o neumáticos

Las bombas dinámicas proporcionan generalmente mayor caudal que las BDP y una descarga más estacionaria, pero son poco efectivas para bombear líquidos

muy viscosos. Las bombas dinámicas generalmente deben ser cebadas; esto es, si están llenas con gas no pueden succionar el líquido, situado por debajo, hasta su entrada. En cambio, las BDP son autocebantes en la mayor parte de las aplicaciones. Una bomba dinámica proporciona grandes caudales (hasta 300.000 gal/min) con bajos incrementos de presión (unas pocas atmósferas), mientras que las BDP pueden funcionar a presiones muy altas (300 atm) pero normalmente proporcionan caudales bajos (100 gal/min).

La Figura N° 13 muestra las grandes diferencias de funcionamiento (Δp en función de Q) entre los dos tipos de bombas. A una velocidad de rotación constante, las BDP proporcionan un caudal aproximadamente constante en un amplio margen de incrementos de presión, con un ligero efecto de la viscosidad. El caudal de una BDP sólo se puede modificar variando la velocidad. Por este motivo las BDP se pueden utilizar como caudalímetros.

En contraste, a velocidad constante, las bombas dinámicas tienen un amplio rango de funcionamiento, que va desde un máximo en Δp sin caudal (condición de cierre) hasta cero Δp cuando el caudal es máximo.

Los fluidos muy viscosos degradan notablemente el rendimiento de las bombas dinámicas.

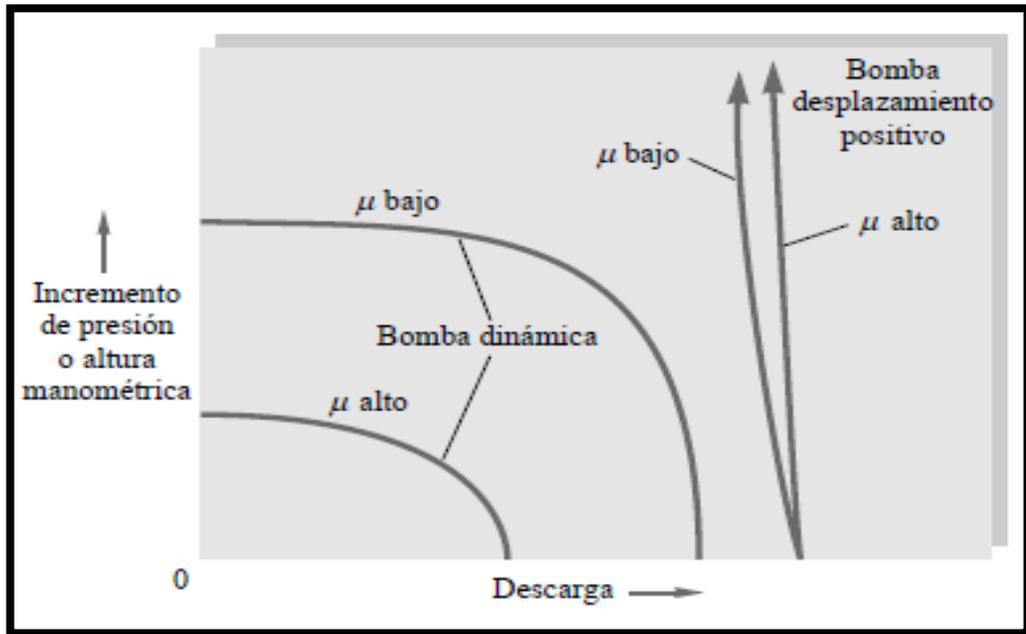


Figura N° 13: Comparación de las curvas características típicas de bombas dinámicas y de desplazamiento positivo.
Fuente: Mecánica de fluidos. Frank M. White.

2.2.3.1. POTENCIA DE UNA BOMBA

En la mecánica de fluidos se considera que la potencia es la rapidez con que se transfiere la energía. La potencia se calcula con la multiplicación de la energía transferida por newton de fluido por el flujo en peso. Es decir

$$P_A = h_A W \quad (25)$$

Como $W = \gamma * Q$, también se expresa de la siguiente manera:

$$P_A = h_A * \gamma * Q$$

Donde:

P_A : Potencia (w)

2.2.3.2. TIPOS DE BOMBA

2.2.3.2.1. BOMBA CENTRÍFUGA

Comencemos nuestro breve estudio de las máquinas rotodinámicas examinando las características de una bomba centrífuga. Esta bomba está constituida por un rotor dentro de una carcasa, como se esquematiza en la Figura N° 14. El fluido entra axialmente a través del ojo, en el eje de la carcasa, los álabes del rotor la fuerzan a tomar un movimiento tangencial y radial hacia el exterior del rotor, donde es recogido por una carcasa que hace de difusor. El fluido aumenta su velocidad y presión cuando pasa a través del rotor. La parte de la carcasa, de forma toroidal, o voluta, decelera el flujo y aumenta más la presión.

Normalmente, los álabes están curvados hacia atrás, como en la Figura N° 14, pero existen también diseños de álabes radiales y curvados hacia delante, con los cuales se cambia ligeramente la presión a la salida de la bomba. Los álabes pueden ser abiertos (separados de la parte frontal de la carcasa sólo por una pequeña holgura) o cerrados (protegidos de la carcasa por un disco a cada lado). El difusor puede no tener álabes, como en la Figura N° 14, o estar equipado con álabes fijos para ayudar al guiado del fluido hacia la salida.

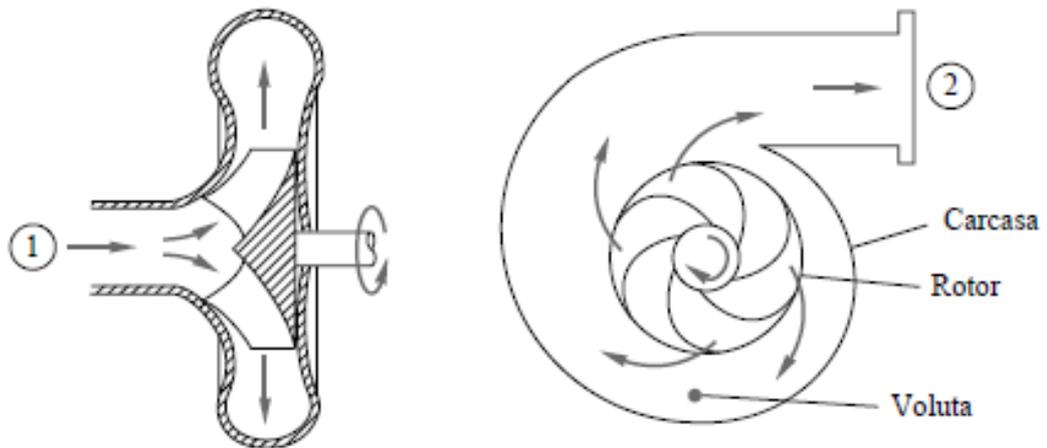


Figura N° 14: Esquema de una bomba centrífuga típica.
Fuente: Mecánica de fluidos. Frank M. White.

2.2.3.2.2. BOMBA DE PISTON

En la figura se muestra una bomba de pistón axial, que usa una placa de derrame giratoria que actúa como leva para hacer reciprocarse los pistones. Los pistones llevan en forma alternada fluido al interior de sus cilindros a través de válvulas de succión, y luego lo fuerzan a salir por válvulas de descarga contra la presión del sistema. La entrega de fluido cambia de cero al máximo, si se cambia el ángulo de la placa y con ello la carrera de los pistones. La capacidad de presión llega hasta 5000 psi (34.5 MPa).

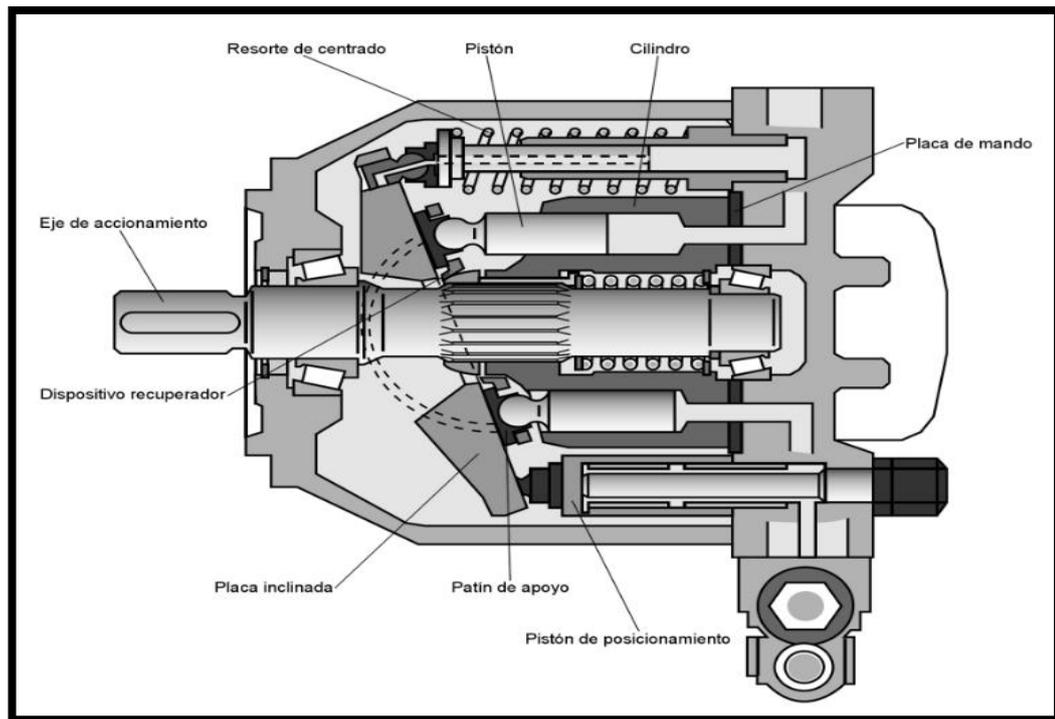


Figura N° 15 Sección de una bomba de pistón axial.
 Fuente: <https://areamecanica.wordpress.com>

2.2.3.2.3. BOMBAS DE ENGRANES

En la Figura N° 16 se muestra una bomba de engranes cuya configuración es la más común de ese tipo, se usa para aplicaciones en potencia de fluidos, y para distribuir lubricantes a componentes específicos de maquinaria. Se compone de dos engranes que giran dentro de una carcasa, en sentido contrario y muy ajustados uno con el otro. La periferia exterior de los dientes del engrane se ajusta muy bien con la superficie interior de la carcasa. Se lleva fluido del almacenamiento del suministro al puerto de la succión, y se conduce en los espacios entre los dientes al puerto de descarga, desde donde se envía a alta presión al sistema. La presión con que se envía depende de la resistencia del sistema. En la figura se muestra el corte de una bomba de engranes, disponible

comercialmente. Las bombas de engranes desarrollan presiones en el sistema en el rango de 1500 a 4000 psi (10.3 a 27.6 MPa). El flujo que entregan varia con la velocidad de rotación y el tamaño de los engranes, que puede ser de hasta 4000 rpm. Con unidades de tamaño diferente es posible tener flujos volumétricos de 1 a 50 gal/min (4 a 190 L/min).

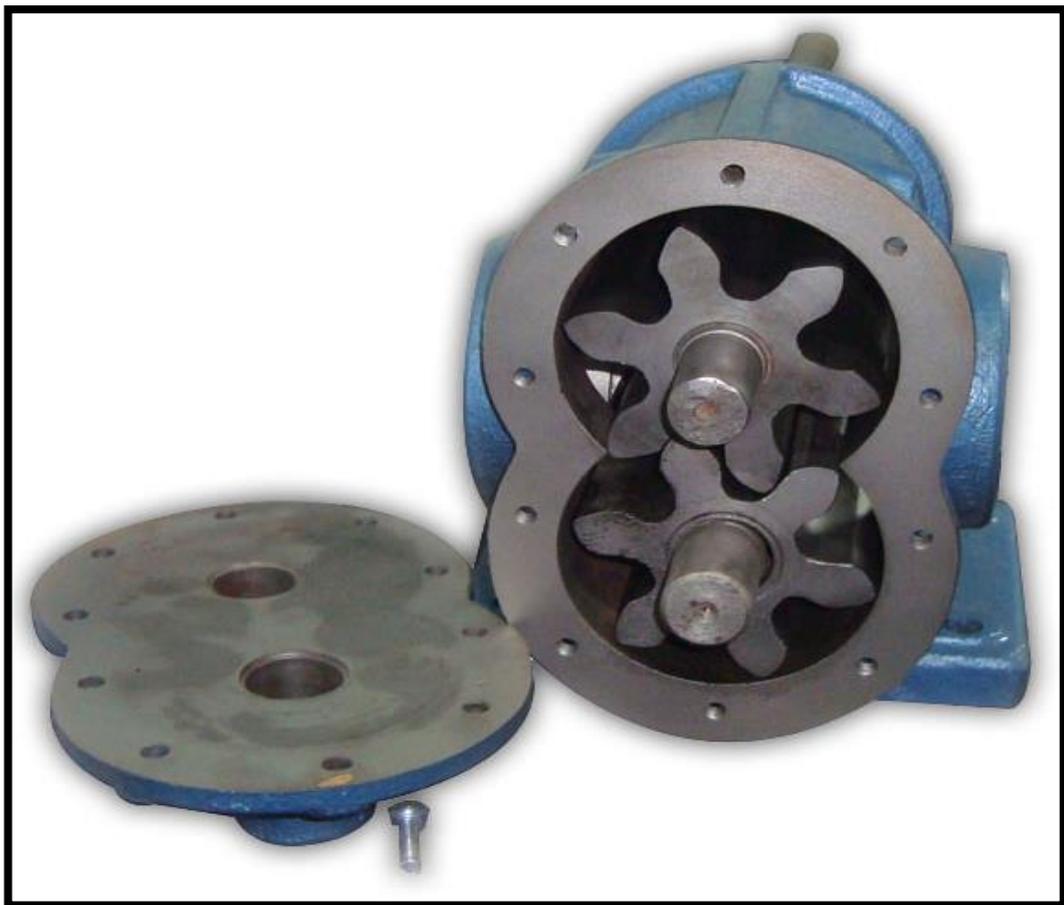


Figura N° 16: Bomba de engranes.
Fuente: <http://www.marzopumps.com.ar>

2.2.3.2.4. BOMBAS DE TORNILLO

Las bombas de engranes y de pistón presentan desventajas, pues distribuyen un flujo por impulsos hacia la salida, debido a que cada elemento funcional mueve un elemento, volumen capturado, de fluido de la succión a la descarga.

Las bombas de tornillo no tienen este problema. En la Figura N° 17 se ilustra una bomba de tornillo donde el rotor de impulso central, semejante a una espiral, se acopla muy bien con los dos rotores impulsados, con lo que se crea un confinamiento dentro de la carcasa que se mueve en forma axial de la succión a la descarga, y proporciona un flujo uniforme continuo. Las bombas de tornillo operan a 3000 psi (20.7 MPa) nominales, funcionan a velocidades altas y son más silenciosas que la mayoría de otros tipos de bombas hidráulicas.

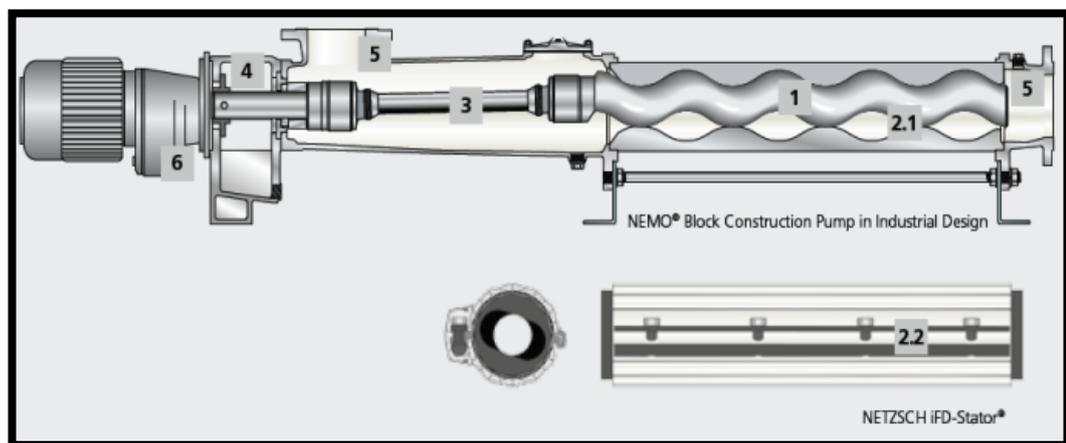


Figura N° 17: Bomba de tornillo.
Fuente: <https://bombas.netzsch.com>

2.2.3.2.5. BOMBA PERISTÁLTICAS

En la Figura N° 18 presentamos a una bomba peristáltica, son únicas en cuanto a que el fluido se captura por completo dentro de un tubo flexible a través del ciclo de bombeo. El tubo flexible se encuentra entre un conjunto de rodillos giratorios y una carcasa fija. Los rodillos exprimen el tubo y atrapan un flujo dado entre los rodillos adyacentes. El diseño en verdad elimina la posibilidad de que el producto se contamine, lo que hace atractivas estas bombas para procesamiento de alimentos, de impresión, aplicaciones químicas, medicas, tratamiento de aguas, industriales y científicas. El material de tubo para que

tenga resistencia apropiada ante el fluido que se bombea, ya sea este alcalino, ácido o solvente. Los materiales comunes son neopreno, PVC, PTFE, silicón, sulfuro de polifenilo (PPS) y varias fórmulas de elastómeros termoplásticos patentados.

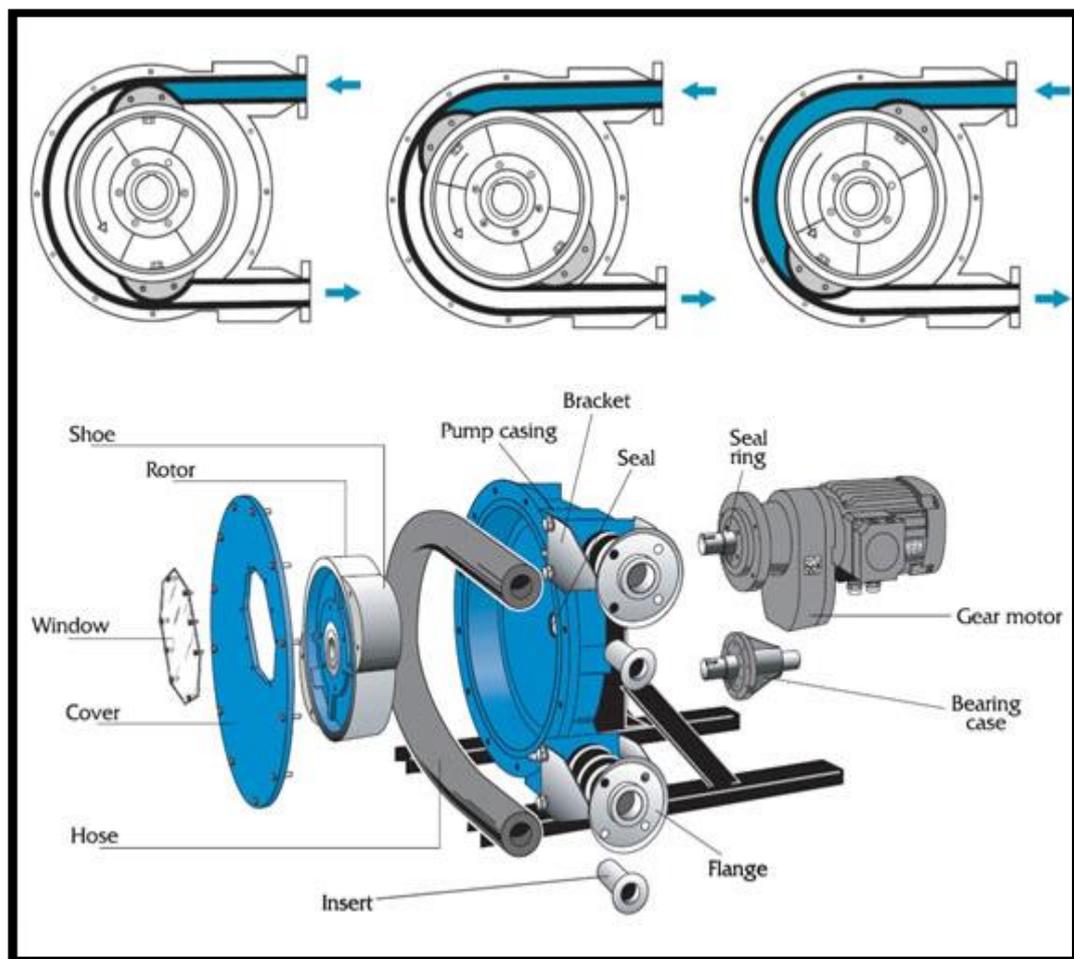


Figura N° 18: Bombas Peristálticas.
Fuente: <http://hidraulica-de-tuberias-03-y-07.webnode.es>

2.2.4 TUBERIAS Y TUBOS

Se describe varios tipos estándar de ductos y tubos utilizados con frecuencia. Los diámetros exteriores e interiores reales de las tuberías existentes comercialmente pueden ser muy diferentes de los nominales.

Una tubería, por otra parte, puede construirse a partir de tres métodos básicos de fabricación:

- Sin costura: ayuda a contener la presión gracias a su homogeneidad.
- Con costura longitudinal: Una soldadura recta que sigue una generatriz).
- Con costura helicoidal: La soldadura se realiza en espiral.

Cuando la tubería transporta gas recibe el nombre de gasoducto.

(NTP.399.012, 1974). Especifica los colores de identificación de las tuberías para el transporte de fluidos. A continuación se detallan el significado de cada color:

Rojo	:	Contra-incendio
Verde	:	Agua
Gris	:	Vapor de agua
Aluminio	:	Petróleo y derivados
Marrón	:	Aceites vegetales y animales
Amarillo ocre	:	Gases, tanto en estado gaseoso colicuidos
Violeta	:	Ácidos y álcalis
Azul claro	:	Aire
Blanco	:	Sustancias alimenticias

Tabla 4 Colores de identificación de tuberías para transporte de fluidos en estado gaseoso o líquido n instalaciones terrestres y en naves.
Fuente: Norma Técnica Peruana.

(Jensen, 2004) Los planos de tuberías nos permiten indicar el tamaño y localización de las tuberías, accesorios y válvulas, se han desarrollado un conjunto de símbolos para describirlos en los dibujos. La dimensión del símbolo

se deja a decisión del dibujante. Cuando se transportan diferentes fluidos se deben utilizar símbolos de líneas codificadas. Los trazos se pueden representar en forma ortogonal o isométrica. El acotado se marca siempre de centro a centro.

Las longitudes de la tubería no se indican y se dejan a criterio del montajista de las tuberías. Los tamaños y tipo de las tuberías, accesorios y válvulas, se colocan al lado de la parte respectiva, en caso de requerir alguna nota especial se coloca al lado de la parte correspondiente. Casi siempre se suministra una lista de materiales con el dibujo.

Hay dos sistemas para representar las tuberías: Dibujos en una sola línea (los más usados. Ver Figura N° 19) y los de doble línea (Ver Figura N° 20).

La representación de dibujos mediante una sola línea describen a las tuberías de cualquier diámetro como una sola línea gruesa y a ella se añaden los símbolos de los accesorios (Ver Anexo II).Se emplean en planos de distribución de planta o arquitectónicos en donde los dibujos que se trazan se hacen a escala pequeña. Cuando los detalles no son relevantes, se suelen simplificar los planos con símbolos a trazo simple, pero que representan de igual forma los accesorios y componentes.

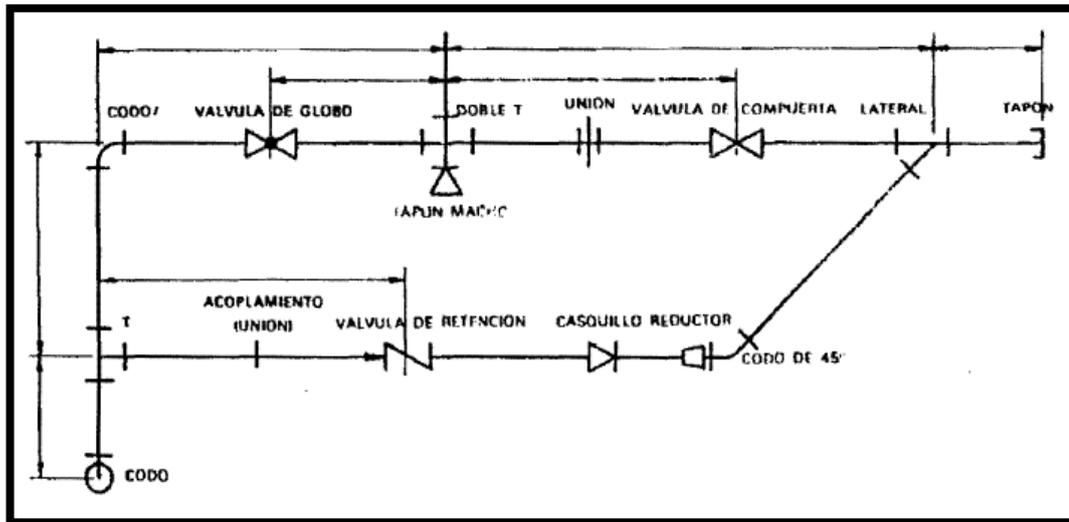


Figura N° 19 Representación gráfica de una línea.
 Fuente: Dibujo y diseño en ingeniería 6ta Edición. Cecil Jensen

La representación de dibujos mediante una línea doble describen principalmente a los tubos grandes, como en las obras de calderas y de centrales o plantas eléctricas, en que las longitudes son críticas y especialmente cuando el tubo se corta y ajusta en la obra. También pueden detallarse así los tubos más pequeños, cuando se preparan las piezas a su longitud final y con sus roscas antes de enviarse a la obra.

En planos de redes de tuberías donde se requiere mostrar detalles de los componentes, se suele representar con símbolos y trazos a doble línea.

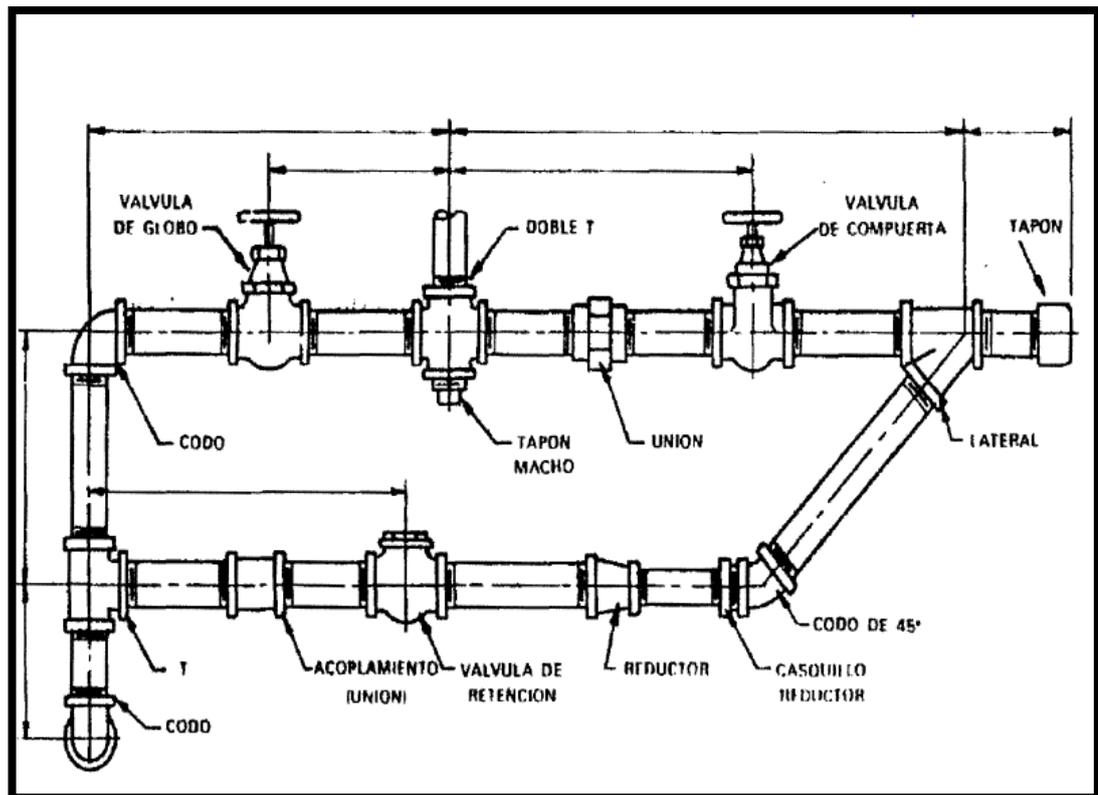


Figura N° 20 Representación gráfica de doble línea.
Fuente: Dibujo y diseño en ingeniería 6ta Edición. Cecil Jensen.

2.2.4.1 TIPOS DE TUBERÍAS

2.2.4.1.1. TUBERÍAS DE ACERO

Son las tuberías de acero las más usadas en la construcción para propósitos generales. Cabe mencionar que las tuberías de acero se especifican por su diámetro nominal y su número de cedula (SCH), se conoce tubería estándar (SCH 40), extrafuerte (SCH80) y doble extrafuerte (SHC120). Los numero de cedula están relacionado con la presión permisible de operación y el esfuerzo permisible del acero en la tubería. En el *Anexo III* se hace referencia a estos valores para ciertos DN. El rango de numero de cedula va desde 10 hasta 160,

y los más altos indican un espesor mayor de pared. Debido a que todas las cédulas de tuberías de un tamaño nominal dado tienen el mismo diámetro exterior, las más grandes tienen un diámetro interior más pequeño. Al sistema de números de cédula también se le conoce como Iron Pipe Sizes (IPS).

Con el desarrollo de la tecnología, ha sido posible incrementar la calidad de los materiales y procesos de fabricación de las tuberías, existen muchos fabricantes que pueden cumplir con los requisitos mínimos y por lo tanto ha sido necesario normalizar las dimensiones, espesores y calidad de las tuberías. A la fecha existen muchas normas pero las más aceptadas en el medio son las normas ASTM-A53.

2.2.4.1.2. TUBERIAS DE COBRE

(ARREDONDO, 2000) Su composición es de 99.8% Cu, 0.015-0.040 %P (aleación 122), se procesa en caliente por extrusión obteniéndose un tubo sin costura. Luego es estirada en frío obteniéndose los diámetros y espesores de pared requeridos, después se hace un tratamiento térmico de temple para obtener tubería rígida o recocido para obtener tubería flexible

La selección de las tuberías de cobre depende de la aplicación, de consideraciones presión del fluido, las propiedades de este y las consideraciones ambientales. De acuerdo al espesor de pared la tubería se clasifica en cuatro tipos diferentes:

Tubería tipo K, L Y M fabricadas de acuerdo a la norma ASTM B-88 Y la tubería DWV de acuerdo a la norma ASTM B-306.

A continuación se presenta seis tipos de tubo de cobre y de sus usos más comunes:

Tipo K: Se emplea para el servicio con gas natural, agua, combustibles y aire comprimido.

Tipo L: Similar al tipo K, pero con un espesor de pared menor.

Tipo M: Similar a los de tipo K y L, pero con espesor de pared más pequeño, es recomendado para la mayoría de servicios hidráulicos y aplicaciones de calor a presiones moderadas.

Tipo DWV: se utiliza en drenaje, desechos y en ventilación en sistemas de plomería.

Tipo ACR: acondicionamiento de aire, refrigeración, gas natural, gas licuado de petróleo (LP) y aire comprimido.

Tipo OXY/MED: se emplea para la distribución de oxígeno o gases medicinales, aire en la medicina y aplicaciones de vacío.

El tubo de cobre disponible es suave, recocido o estirado en frío. Este último tipo es más fuerte y rígido, conserva su forma recta y soporta presiones mayores. La tubería recocida es más fácil para serpentines y adopta diferentes formas especiales. Los tamaños nominales o estándar de los tipos K, L, M, y DWV son de 1/8 de pulgada menos que el diámetro exterior real. Para cada tipo los espesores de pared son de diferente tipo, de tal manera que varía el diámetro interior y las áreas de flujo. Suele denominarse a este sistema de dimensiones como tamaños de tubo de cobre (CTS, por sus siglas en inglés). El tamaño nominal para la tubería tipo ACR es igual al diámetro exterior.

Característica	Dato
Densidad (kg/m ³)	8933
Modulo de Young (bar)	12500
Temperatura de fusión (°C)	1083
Conductividad térmica a 400K (W/mK)	393
Coefficiente de dilatación lineal entre 0 - 100°C	17 x 10 ⁻⁶
Capacidad calorífica a 400K Cp (J/kg K)	397
Conductividad eléctrica absoluta m/ Ωmm ²	57 a 58
Temperatura de recocido (°C)	350 a 500
Carga de rotura (bar)	22 a 32
Alargamiento	3-30%

Tabla 5 Propiedades de la tubería de cobre
Fuente: <http://www.metalex.com.ve/index.php/categories/tuberias>

2.2.4.1.3. TUBERIAS DE HIERRO DUCTIL

Es frecuente que las líneas de gas, vapor, agua y drenaje estén hechas de tubo de hierro dúctil, dado la relativa resistencia, ductilidad y facilidad de manejo de este material. En muchas aplicaciones ha remplazado al hierro fundido.

En la siguiente tabla se presentan datos para las dimensiones de las tuberías Clase 150 a 150 psi para tamaños nominales de 3 pulg a 24 pulg.

Tam. nominal de tuberías	Diámetro exterior		Espesor de pared		Diámetro interior			Área de flujo	
	(pulg)	(mm)	(pulg)	(mm)	(pulg)	(pies)	(mm)	(pies ²)	(m ²)
3	3.96	100.6	0.320	8.13	3.32	0.277	84.3	0.0601	5.585×10^{-3}
4	4.80	121.9	0.350	8.89	4.10	0.342	104.1	0.0917	8.518×10^{-3}
6	6.90	175.3	0.380	9.65	6.14	0.512	156.0	0.2056	1.910×10^{-2}
8	9.05	229.9	0.410	10.41	8.23	0.686	209.0	0.3694	3.432×10^{-2}
10	11.10	281.9	0.440	11.18	10.22	0.852	259.6	0.5697	5.292×10^{-2}
12	13.20	335.3	0.480	12.19	12.24	1.020	310.9	0.8171	7.591×10^{-2}
14	15.65	397.5	0.510	12.95	14.63	1.219	371.6	1.167	0.1085
16	17.80	452.1	0.540	13.72	16.72	1.393	424.7	1.525	0.1417
18	19.92	506.0	0.580	14.73	18.76	1.563	476.5	1.920	0.1783
20	22.06	560.3	0.620	15.75	20.82	1.735	528.8	2.364	0.2196
24	26.32	668.5	0.730	18.54	24.86	2.072	631.4	3.371	0.3132

Tabla 6 Clase 150 para presión de servicio 150psi.
Fuente: <https://www.dipra.org/>

2.2.4.1.4. TUBERIAS DE PLASTICO

Las tuberías y tubos de plástico son utilizadas en una gran variedad de aplicaciones donde tienen ventajas por su facilidad de instalación, peso ligero, resistencia a la corrosión, a la electrolisis y a los productos químicos con características de flujo muy buenas. Además de presentar baja pérdida de presión y formación de incrustaciones, buena resistencia mecánica, liviana, rígida, fácil de instalar, auto extingible, baja conductividad térmica y económica. Si la tubería PVC, conservara sus propiedades a altas temperaturas, sería ideal para transportar fluidos como el vapor de agua.

Como aplicaciones muy utilizadas tenemos la distribución de agua y gas, drenaje y aguas residuales; producción de petróleo y gas, minería, irrigación, y mucha aplicaciones industriales. Cabe mencionar que utilizamos variedades de plástico como polietileno (PE), polipropileno (P), cloruro de polivinilo (PVC),

polietileno trenzado (PEX), poliamida (PA), cloruro de polivinilo clorado (CPVC), polivinilo fluorado (PVDF), vinilo y nylon.

Para los diámetros existen varios estándares ya que muchos productos de plástico se adecuan para tamaños de tubería de Hierro (IPS), tamaños de tubería de Hierro Dúctil (DIPS) o tamaños de tubería de Cobre (CTS). Deben confirmarse los datos específicos del fabricante para los diámetros exterior (OD), interior (ID), espesor de pared y área de flujo.

2.2.4.2 NORMAS DE FABRICACIÓN DE TUBERIAS

Se selecciona una tubería para una aplicación en particular, debido a que esto tiene una influencia significativa en el costo, duración, seguridad y rendimiento del sistema. Para muchas aplicaciones es necesario observar los códigos y estándares establecidos por instituciones u organizaciones gubernamentales tales como:

International Organization for Standardization (ISO)

ASTM International (Creada inicialmente como American Society for Testing and Materials)

American water Works Association (AWWA)

American Fire Sprinkler Association (AFSA)

National Fire Protection Association (NFPA)

2.2.4.2.1 NORMA ASTM A53

(ASTM-A53, 2010) La norma ASTM-A53 cubre las tuberías de acero con y sin costura, negras o galvanizadas en diámetros entre 1/8" y 26", para aplicaciones mecánicas como para conducción de fluidos tales como agua, vapor, gas y aire a altas presiones.

Estos ductos son aptos para operaciones que involucran doblado, rebordeado y cualquier otra forma en frío.

La norma contempla diversos requerimientos de tracción y flexión y tipos de procesos de fabricación, composición química de los materiales, pruebas como aplastamiento, eléctricas, hidrostática, no destructivas, pesos, longitudes, dimensiones y acabados.

Esta especificación cubre los siguientes tipos y Grados:

Tipo F: soldada tope en horno, soldadura continúa.

Tipo E: Soldada por resistencia eléctrica, grado A y grado B.

Tipo S: Sin costura grado A y grado B.

	Composition, max, %								
	Carbon	Manganese	Phosphorus	Sulfur	Copper ^A	Nickel ^A	Chromium ^A	Molybdenum ^A	Vanadium ^A
Type S (seamless pipe)									
Grade A	0.25 ^B	0.95	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
Grade B	0.30 ^C	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
Type E (electric-resistance-welded)									
Grade A	0.25 ^B	0.95	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
Grade B	0.30 ^C	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
Type F (furnace-welded pipe)									
Grade A	0.30 ^B	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08

^A The total composition for these five elements shall not exceed 1.00 %.

^B For each reduction of 0.01 % below the specified carbon maximum, an increase of 0.06 % manganese above the specified maximum will be permitted up to a maximum of 1.35 %.

^C For each reduction of 0.01 % below the specified carbon maximum, an increase of 0.06 % manganese above the specified maximum will be permitted up to a maximum of 1.65 %.

Tabla 7: Composición química de los aceros aceptada por la norma ASTM A-53. Fuente Norma ASTM A53.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Estrangular.- Agregar a propósito resistencia al flujo, con el fin de controlar la cantidad de flujo que circula.

Líneas de drenaje.- Red de tubería, sumideros o trampas, con sus conexiones que permite asegurar la salida de líquidos.

Grifos o Establecimientos de Venta al Público de Combustibles.- También llamado Grifo o estación de servicios a través de surtidores y/o dispensadores exclusivamente.

Plantas de Abastecimiento: Instalación en un bien inmueble donde se realizan operaciones de recepción, almacenamiento, transferencia, agregado de aditivos y despacho de Combustibles Líquidos y Otros Productos Derivados de los Hidrocarburos.

CAPÍTULO III

3.1. SELECCIÓN DE TRAYECTORIA DEL DUCTO

Para este proyecto de ingeniería el recorrido empieza desde la frontera de Plantas de ventas Conchan cuyo inicio se daría desde el túnel que se encuentra ubicado debajo de la carretera Panamericana Sur y que llega hasta la Ex Planta Químicos propiedad de Petroperu.

La existencia de este túnel debajo de la carretera nos trae muchos beneficios al no tener que hacer trabajos en las que se tenga que cortar el tránsito en la carretera Panamericana Sur.

A la salida del túnel existen dos recorridos para alcanzar el área de la Estación de Servicios Kio cuyos detalles de evaluación se muestran a continuación.

3.1.1. POSIBLES RUTAS

Ruta 1 .- Túnel debajo de la carretera Panamericana Sur, frontera sureste Ex Planta química, frontera suroeste Ex Planta química, frontera suroeste Estación de Servicios Kio; frontera noroeste Estación de Servicios kio.

Ruta 2 .- Túnel debajo de la carretera Panamericana Sur, frontera sureste Ex Planta química, paralelo a frontera suroeste Ex Planta química Petroperú; paralelo a frontera suroeste Estación de Servicio Petroperú.

Ruta 3 .- Túnel debajo de la carretera Panamericana Sur, frontera suroeste Ex Planta química Petroperú, frontera suroeste Estación de Servicio Petroperú.

3.1.2. EVALUACIÓN

Se desarrollara un sistema de puntaje, escogiendo la mejor ruta con mayor puntaje. Siendo 1 el nivel más bajo y 5 el puntaje con mayor valor. Esta evaluación es suficiente para definir la ruta que mejor se pueda llevar a cabo.



Figura N° 21: Rutas propuestas para el ducto desde Planta de Ventas Conchan hasta la Estación de Servicio Kio.
 Fuente: Visor de mapas de la Infraestructura de Datos Espaciales del Perú – IDEP, Febrero 2017
 Elaboración propia

OPC	RUTA 1	RUTA 2	RUTA 3
LONGITUD DEL DUCTO	<p>La longitud del ducto aproximada es de 471.2m. Siendo la ruta de menor longitud.</p> <p>Es la ruta de menor longitud.</p> <p>Calificación: 5 puntos</p>	<p>La longitud del ducto aproximada es 527.9m</p> <p>Es la ruta de menor longitud después de la ruta 1.</p> <p>Calificación: 4 puntos</p>	<p>La longitud del ducto aproximada es 731.2m. Siendo la ruta de mayor longitud</p> <p>Es la ruta de mayor longitud.</p> <p>Calificación: 3 puntos</p>
VARIACIONES HIDRUALICAS	<p>Presenta un solo cambio de dirección para llegar a la zona de almacenamiento.</p> <p>Calificación: 5 puntos</p>	<p>Presenta dos cambios de dirección para llegar a la zona de almacenamiento, los cuales representan pérdida de energía.</p> <p>Calificación: 4 puntos</p>	<p>Presenta dos cambios de dirección para llegar a la zona de almacenamiento los cuales representan pérdida de energía.</p> <p>Calificación: 4 puntos</p>
ASPECTOS CONSTRUCTIVO	<p>Es la ruta constructiva más fácil, pues no sale de los terrenos de Petroperú y de la Estación de Servicio Kio. Se tendría que tener en cuenta para proyectos futuros la instalación de esta tubería.</p> <p>Calificación: 5 puntos</p>	<p>Es la ruta constructiva de dificultad alta, pues disturba mucho las actuales y futuras instalaciones al cruzar por el medio de los terrenos de Petroperú y de la Estación de Servicio Kio.</p> <p>Calificación: 3 puntos</p>	<p>Es la ruta constructiva de dificultad media, pues en caso de salir de los terrenos de Petroperú o de la Estación de Servicio Kio se necesitarían permisos.</p> <p>Calificación: 4 puntos</p>
COSTOS	<p>Presenta menores costos constructivos debido a no afectar en gran proporción las edificaciones e instalaciones por las cuales cruza la tubería y al ser la ruta de menor longitud.</p> <p>Calificación: 5 puntos</p>	<p>Presenta mayores costos al cruzar edificaciones e instalaciones las cuales serían afectadas al tener que ser demolidas.</p> <p>Calificación: 3 puntos</p>	<p>Presenta mayores costos al ser la ruta más larga.</p> <p>Calificación: 3 puntos</p>

FACTIBILIDAD	<p>La instalación de la ruta propuesta es técnicamente factible.</p> <p>Las posibles interferencias podrían ser con una parte de los cimientos del tótem y del restaurant de la estación.</p> <p>Calificación: 5 puntos</p>	<p>La instalación de la ruta propuesta es técnicamente factible.</p> <p>Sim embargo las instalaciones por las cuales cruza causaría demoras, además de depender de planes futuros de expansión de dichas entidades convirtiéndola así en una ruta que tenga muchas variables no controlables.</p> <p>Calificación: 2 puntos</p>	<p>La instalación de la ruta propuesta es técnicamente factible.</p> <p>Las posibles interferencias serían con los cimientos de las fronteras de las entidades mencionadas.</p> <p>Calificación: 3 puntos</p>
MANTENIMIENTO Y OPERACION	<p>La ruta cuenta con fácil acceso, permitiendo realizar diversos trabajos futuros</p> <p>Calificación: 5 puntos</p>	<p>La ruta cuenta con fácil acceso, a excepción de la intersección con los terrenos de la estación de servicio y de la ex planta Petroperú, en cuyos alrededores se encuentran edificaciones.</p> <p>Calificación: 4 puntos</p>	<p>La ruta cuenta con fácil acceso, permitiendo realizar diversos trabajos futuros.</p> <p>Calificación: 4 puntos</p>
SEGURIDAD	<p>Ante cualquier eventualidad el tramo de la ruta en estas zonas es de fácil acceso visible.</p> <p>Calificación: 5 puntos</p>	<p>Ante cualquier eventualidad el tramo de la ruta en estas zonas es de fácil acceso visible.</p> <p>Calificación: 5 puntos</p>	<p>Ante cualquier eventualidad el tramo de la ruta que da hacia el mar es una zona de difícil acceso visible.</p> <p>Calificación: 4 puntos</p>
PUNTAJE	35 PUNTOS	25 PUNTOS	26 PUNTOS

3.1.3. SELECCIÓN DE LA RUTA

Por lo anteriormente expuesto considero a la Ruta 1 como la más adecuada y factible. En consideración de no tener mayor información de planos de las redes industriales que pasan por el territorio de los posibles recorridos (sanitarias y gas) e información catastral urbana es aceptable la selección de la ruta como parte del perfil de este trabajo de estudio.

3.2. DEMANDA DE VENTAS

En el periodo de Enero a Diciembre del 2016 el volumen de ventas aproximado por la Estación de Servicios Kio de Diésel B5 S-50 fue el que se muestra en la siguiente tabla:

	DIESEL BX S-50
	MGD
Enero	56
Febrero	55
Marzo	54
Abril	54
Mayo	48
Junio	44
Julio	50
Agosto	47
Septiembre	49
Octubre	47
Noviembre	47
Diciembre	47

Tabla 8: Demanda aproximada diaria de Diesel B5 S-50.
Fuente Propia.

Se recomienda un bombeo continuo de un solo turno de 50 mil galones para el abastecimiento de combustible a la Estación de Servicio de Kio.

3.3. SELECCIÓN DE VELOCIDAD DE DESPACHO

En la siguiente tabla analizamos los regímenes de descarga dependiendo de las horas de despacho.

1	2	3	4	5
Horas/día	Despacho (gpm)	Diámetro (plg)	Velocidad (p/s)	Velocidad (m/s)
8	104	2 1/2	5,1	1,6
6	139	2 1/2	6,9	2,1
4	208	3	6,9	2,1
4	208	4	4,2	1,3
3	278	3	9,3	2,8
3	278	4	5,6	1,7

Columna 1.- Horas de bombeo al día.

Columna 2.- El régimen para llegar a los 50 MGD.

Columna 3.- Diámetro de tubería STD. Para obtener velocidades recomendadas en la línea de descarga.

Columna 4.- Velocidad de la línea en pies por segundo.

Columna 5.- Velocidad de la línea en metros por segundo.

De la tabla anterior se determina un despacho de 4 horas/día que da un flujo de 208 gpm. Para esas condiciones tendremos:

Horas/día	Despacho (gpm)	Diámetro (plg)	Velocidad (p/s)	Velocidad (m/s)
4	208	3	6,9	2,1

Convirtiendo unidades:

Horas/día	Despacho (m3/h)	Diámetro (plg)	Velocidad (m/s)
4	47.2	3	2,1

3.4. DIMENSIONAMIENTO DEL DUCTO

- Los presentes cálculos consignan los resultados del diseño del ducto que transportara Diésel B5 desde planta de ventas Conchan hasta la Estación de Servicios Kio.

- La longitud de la tubería, de acuerdo con la ruta diseñada, es de 471.2 m, tomada de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Teniendo en cuenta las condiciones de despacho del Diesel B5, se realizó el análisis para la verificación de la operación correcta del sistema.

Datos:

Diámetro interior: 77,9 mm; 0.0779 m

Diámetro exterior: 88,9 mm; 0.0889 m

V; Velocidad: 2.1 m/s

Q; Caudal: 0.0131 m3/s

Gravedad específica: 0.87

Densidad del fluido: 870 Kg/m3

ν ; Viscosidad Cinemática a 40°C: 3 cSt; 0.000003 m2/s

Longitud del tramo del ducto: 472m

Longitud del tramo de la línea de succión: 100m Aprox.

Codo 90°: 1

Válvula de compuerta: 1

Válvula de verificación: 1

Diferencia de altura: $Z_2 - Z_1 = 0$ m

Entonces:

Numero de Reynolds:

$$N_R = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad (14)$$

$$N_R = \left(\frac{2.1 \cdot (0.0779)}{0.000003} \right)$$

$$N_R = 54530$$

Debido a que el número de Reynolds es mayor que 4000, el flujo es turbulento.

En la línea de descarga calculamos las pérdidas de fricción en flujo turbulento:

Rugosidad Relativa;

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{77.9 \text{ mm}}{0.04572 \text{ mm}}$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 1703.85$$

Proyectando en el Diagrama de Moody;

$$f = 0.038$$

$$h_L = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad (16)$$

$$h_L = 0.038 \cdot \frac{472}{0.0779} \cdot \frac{2.1^2}{2 \cdot 9.81}$$

$$h_L = \frac{231280}{4469}$$

$$h_L = 51.75 \text{ m}$$

En la línea de succión calculamos las pérdidas de fricción en flujo turbulento:

Rugosidad Relativa;

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{77.9 \text{ mm}}{0.04572 \text{ mm}}$$

$$\frac{D}{\varepsilon} = 1703.85$$

Proyectando en el Diagrama de Moody;

$$f = 0.038$$

$$h_L = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g} \quad (16)$$

$$h_L = 0.038 * \frac{100}{0.0779} * \frac{2.1^2}{2 * 9.81}$$

$$h_L = \frac{49000}{4469}$$

$$h_L = 10.96 \text{ m}$$

Calculamos las perdidas menores en válvulas y accesorios:

Perdidas en válvula de compuerta:

Calculando el factor K:

$$K = \left(\frac{L_e}{D}\right) f_T = 8f_T \quad (22)$$

$$K = 8 * 0.018$$

$$K = 0.144$$

Calculamos la perdida en la válvula de Compuerta:

$$h_L = \frac{K * V^2}{2 * g}$$
$$h_L = \frac{0.144 * 2.1^2}{2 * 9.81}$$
$$h_L = \frac{441}{13625}$$
$$h_L = 0.032 \text{ m}$$

Perdidas en válvula de verificación:

Calculando el factor K:

$$K = \left(\frac{L_e}{D}\right) f_T = 150 f_T \quad (23)$$

$$K = 150 * 0.018$$

$$K = 2.7$$

Calculamos la perdida en la válvula de Compuerta:

$$h_L = \frac{K * V^2}{2 * g}$$
$$h_L = \frac{2.7 * 2.1^2}{2 * 9.81}$$
$$h_L = \frac{1323}{2180}$$
$$h_L = 0.607 \text{ m}$$

Perdidas en Codo de 90°:

Calculando el factor K:

$$K = \left(\frac{L_e}{D}\right) f_T \quad (20)$$

$$K = (30) * 0.18$$

$$K = 5.18$$

Calculamos la perdida en el codo de 90°:

$$h_L = \frac{K * V^2}{2 * g}$$

$$h_L = \frac{5.18 * 2.1^2}{2 * 9.81}$$

$$h_L = \frac{12691}{10900}$$

$$h_L = 1.16 \text{ m}$$

Calculamos la carga total de la bomba, reemplazando en la ecuación de la energía:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2 * g} + h_A - h_R - h_L = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2 * g} \quad (13)$$

Como $p_1 = p_2 =$ *son aproximadamente iguales.*

$$h_A = \left(\frac{p_2}{\gamma} - \frac{p_1}{\gamma} \right) + (z_2 - z_1) + \left(\frac{v_2^2}{2 * g} - \frac{v_1^2}{2 * g} \right) + h_L$$

$$h_A = 0 + 0 + 0 + (54 + 10.96 + 0.032 + 2 * 0.607 + 1.16)$$

$$h_A = (54 + 10.96 + 0.032 + 2 * 0.607 + 1.16)$$

$$h_A = 67.37 \text{ m o } 67.37 \text{ Nm/N}$$

Es decir, la bomba suministra 64.086 N*m de energía a cada newton de Diesel B5 que fluye a través de ella.

Calculando la potencia de la bomba:

$$P_A = h_A * \gamma * Q \quad (25)$$

$$P_A = 67.37 * (870 * 9.81) * 0.0131$$

$$P_A = 7532.27 \text{ w o } 10 \text{ Hp}$$

Se seleccionara una bomba centrifuga de 10 Hp, 47.2 m³/h x 5.75 bar, simple etapa, acoplada a un motor eléctrico de tipo a prueba de explosión.

Calculando la presión interna:

$$P_A = P * Q$$

$$P = \frac{P_A}{Q}$$

$$P = \frac{7532.27}{0.0131}$$

$$P = 574982.44 \text{ Pa o } 575 \text{ KPa o } 5.75 \text{ bar}$$

Corroborando el espesor de tubería

Debe calcularse con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{P_i * D}{20 * S}$$

$$t = \frac{P_i * D}{20 * S}$$

$$t = \frac{5.75 * 1.1 * 88,9}{20 * 174}$$

$$t = \frac{224917}{1392000}$$

$$t = 0.16 \text{ mm}$$

Si sabemos que:

$$T_n = t + A \tag{17}$$

Siendo A el espesor de corrosión especificado. Para este caso $C = \frac{1}{16}$ "

$$T_n = 0.16 + 1.5875$$

$$T_n = 1.7475 \text{ mm}$$

Se seleccionara la tubería ASTM A-53 Gr.B, 3" SCH 40. (tm=5.49mm).

Cuadro resumen del espesor seleccionado:

Diámetro (pulg)	Espesor Calculado (mm)	Schedule	Espesor comercial (mm)	Sobre Medida
3	1.7475	40	5.49	315%

3.5. PRESUPUESTO POR IMPLEMENTACION DE PROYECTO

El presupuesto que se describe a continuación detalla los materiales y su respectivo montaje anteriormente mencionados en este proyecto. Cabe mencionar que solo describe las áreas de las ramas de ingeniería Mecánica y Eléctrica.

LISTA DE EQUIPOS Y MATERIALES						
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	PU	TOTAL
1	1			BOMBA CENTRIFUGA CON MOTOR ELÉCTRICO A PRUEBA DE EXPLOSIÓN DE 47.2 M3/H X 7.0 BARG X 10 HP	6000,00	6000,00
2	570	m	3 plg	TUBERÍA ACERO ASTM A53 Gr B	30,00	17100,00
3	3	un	3 plg	ACCESORIOS (CODOS,TEES, REDUCCIONES)	600,00	2400,00
4	1	un	3 plg	VALVULAS DE COMPUERTA	600,00	600,00
5	1	un	3 plg	VALVULAS DE RETENCION	700,00	700,00
COSTO DIRECTO DEL PROYECTO						26800,00
GASTOS GENERALES-% DEL COSTO DIRECTO					6%	1608,00
UTILIDAD-% DEL COSTO DIRECTO					6%	1608,00
IMPUESTOS-% DEL COSTO DIRECTO+GG+UTILIDAD					18%	5402,88
COSTO TOTAL						35418,88

INSTALACION						
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	PU	TOTAL
1	570	ML		MONTAJE DE TUBERIAS	150,00	85500,00
2	120	un		INSPECCION RADIOGRAFICA	110,00	13200,00
3	1	un		MONTAJE DE BOMBA CENTRIFUGA	800,00	800,00
4	3	un	3 plg	MONTAJE DE ACCESORIOS	100,00	300,00
5	1	un	3 plg	PRUEBA HIDROSTATICA SEGÚN NORMA ASME B31.4	700,00	700,00
COSTO DIRECTO DEL PROYECTO						100500,00
GASTOS GENERALES-% DEL COSTO DIRECTO					6%	6030,00
UTILIDAD-% DEL COSTO DIRECTO					6%	6030,00
IMPUESTOS-% DEL COSTO DIRECTO+GG+UTILIDAD					18%	20260,08
COSTO TOTAL						132820,08

COSTOS INDIRECTOS				
ITEM	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	PU (USD)	TOTAL
1	1	INGENIERO RESIDENTE	5000,00	5000,00
2	2	CAPATAZ DE OBRA	1800,00	3600,00
3	5	SOLDADORES	1200,00	6000,00
4	6	AYUDANTE	750,00	4500,00
5	2	OPERARIO	800,00	1600,00
COSTO INDIRECTO DEL PROYECTO				20700,00
COSTO TOTAL				20700,00

El costo total viene dado por: Equipos, materiales, instalación y costo indirecto.

$$35418,88 + 132820,08 + 20700,00 = S/.188938,96$$

Siendo un costo aproximado de ciento ochenta y ocho mil novecientos treinta y ocho nuevos soles con noventa y seis centavos en las áreas de Mecánica y Eléctrica.

3.6. ANALISIS DE COSTOS

3.6.1. TRANSPORTE POR CISTERNA

Para abastecer 50000 galones de Diésel B5 el camión cisterna hace el recorrido desde la planta de ventas Conchan hasta la Estación de Servicio Kio, el recorrido de ida es de 16 Km considerando un peaje como se puede apreciar en la Figura N° 22, el recorrido de vuelta es de 1.9 Km y también cuenta con peaje como se puede apreciar en la Figura N° 23.

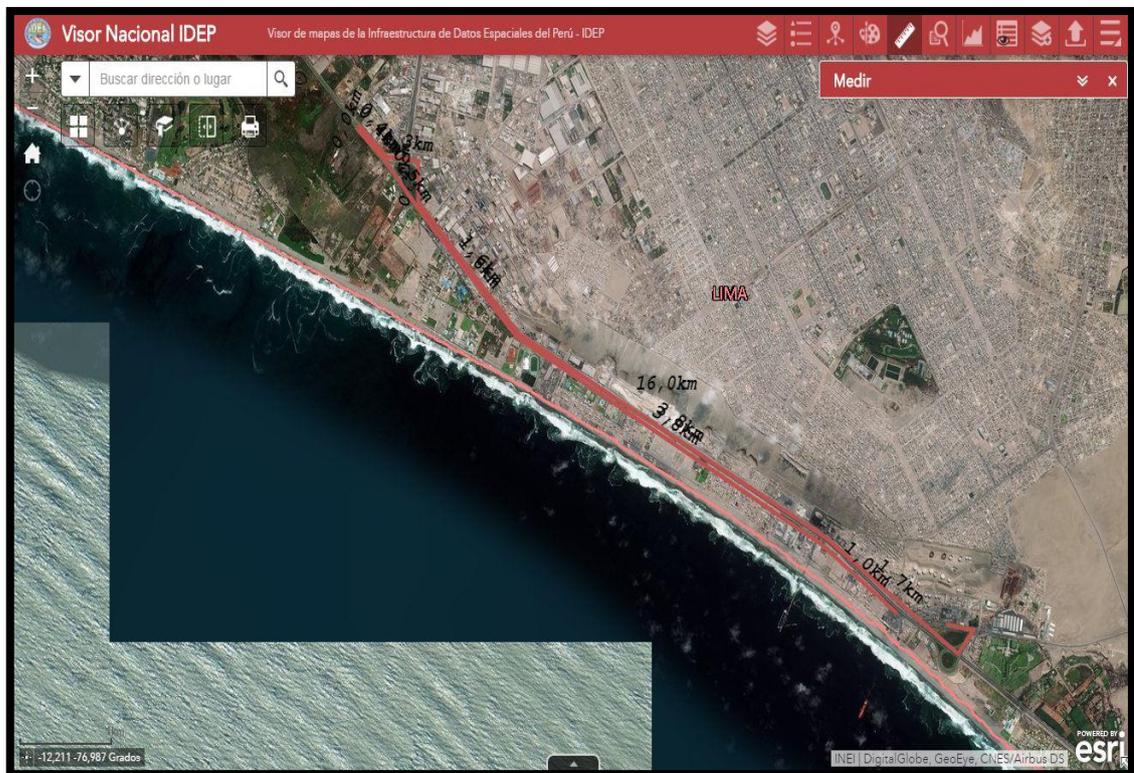


Figura N° 22 Recorrido de Plantas de Ventas Conchan hacia Estación de Servicio Kio. Fuente: Visor de mapas de la Infraestructura de Datos Espaciales del Perú – IDEP, Febrero 2017. Elaboración propia

3.6.2. TRANSPORTE POR DUCTO

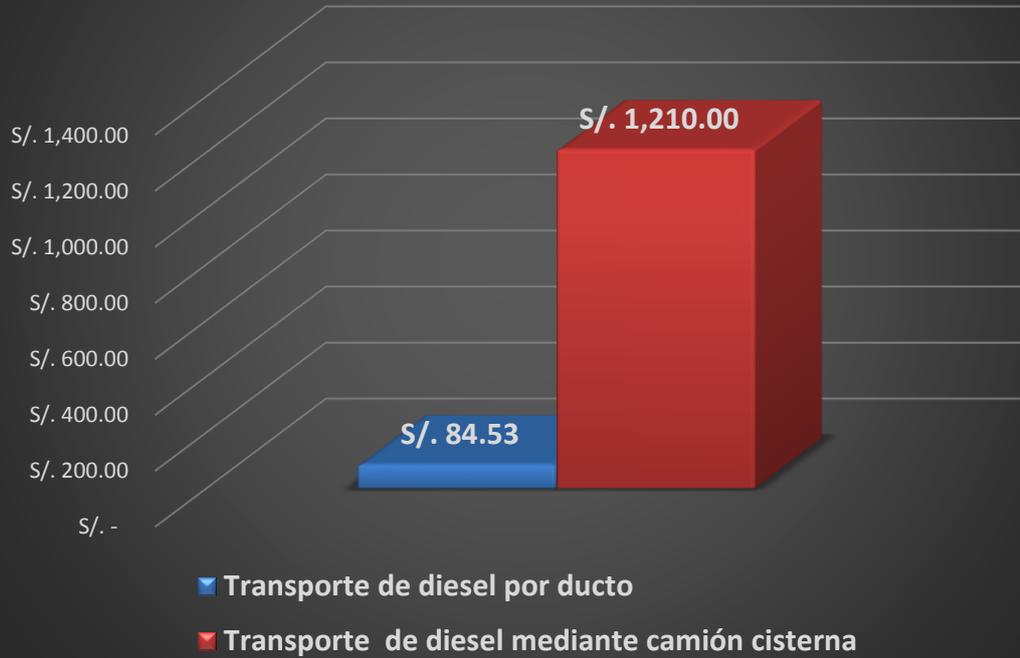
Para abastecer 50000 galones de Diesel B5 mediante un ducto desde la planta de ventas Conchan hasta la Estación de Servicio Kio , el recorrido de ida es de 0.472 Km como se puede apreciar en la Figura N° 21 , Se empleara una bomba de 10 HP por un tiempo de 4 Horas y un operario para la manipulación del sistema.

Costos por transporte de diésel por ducto						
ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	TAMAÑO	DESCRIPCIÓN	PU	TOTAL
1	7.46 Kw	4 horas		CONSUMO DE POTENCIA DE LA BOMBA DE 10 HP	0.487 Kw/H	14,53
2	1	persona		OPERARIO	70	70,00
COSTO POR TRANSPORTAR 50000 GALONES						84,53

3.6.3. COMPARACION DE COSTOS POR TRANSPORTE DE DIESEL POR DUCTO VS CAMION CISTERNA

Como se puede apreciar en el siguiente grafico existe una gran diferencia entre transportar diésel por cisterna que por ducto. Con la implementación del ducto de transporte de Diesel se podría tener un ahorro aproximado de S/.1125.47.

ANALISIS DE COSTOS PARA TRANSPORTAR 50000 GALONES DE DIESEL POR DÍA



3.7. CONSOLIDACION DE RESULTADOS

	PROYECTO ABASTECIMIENTO POR DUCTO
Demanda por día (MGD)	50
Tubería	ASTM A-53 Gr.B, 3" SCH 40 - 570m
Régimen de Despacho	47.2 m ³ /h(208gpm)
Horas de despacho	4
Bomba Diesel	Bomba centrífuga de 47.2m ³ /h x 5.75 bar (motor 10 HP)

CONCLUSIONES

- Se determinó la ruta más favorable para el sistema de transporte Diesel B5 por ducto desde Planta de ventas Conchan hasta la Estación de servicios Kio.
- Habiendo realizado los cálculos hidráulicos se logró determinar los parámetros mínimos requeridos para el sistema de transporte Diesel B5 por ducto desde Planta de ventas Conchan hasta la Estación de servicios Kio con los cuales se logró diseñar el mencionado sistema.
- Se concluye que a partir de este diseño se llegará a suministrar Diesel B5 S-50 por parte de la empresa Petroperu a la Estación de Servicio Kio de manera autónoma, eliminando así el abastecimiento por camiones cisternas y los gases que estos emanan al circular, con lo cual se estaría aportando a la protección de la calidad del aire y al cuidado del medio ambiente.

RECOMENDACIONES

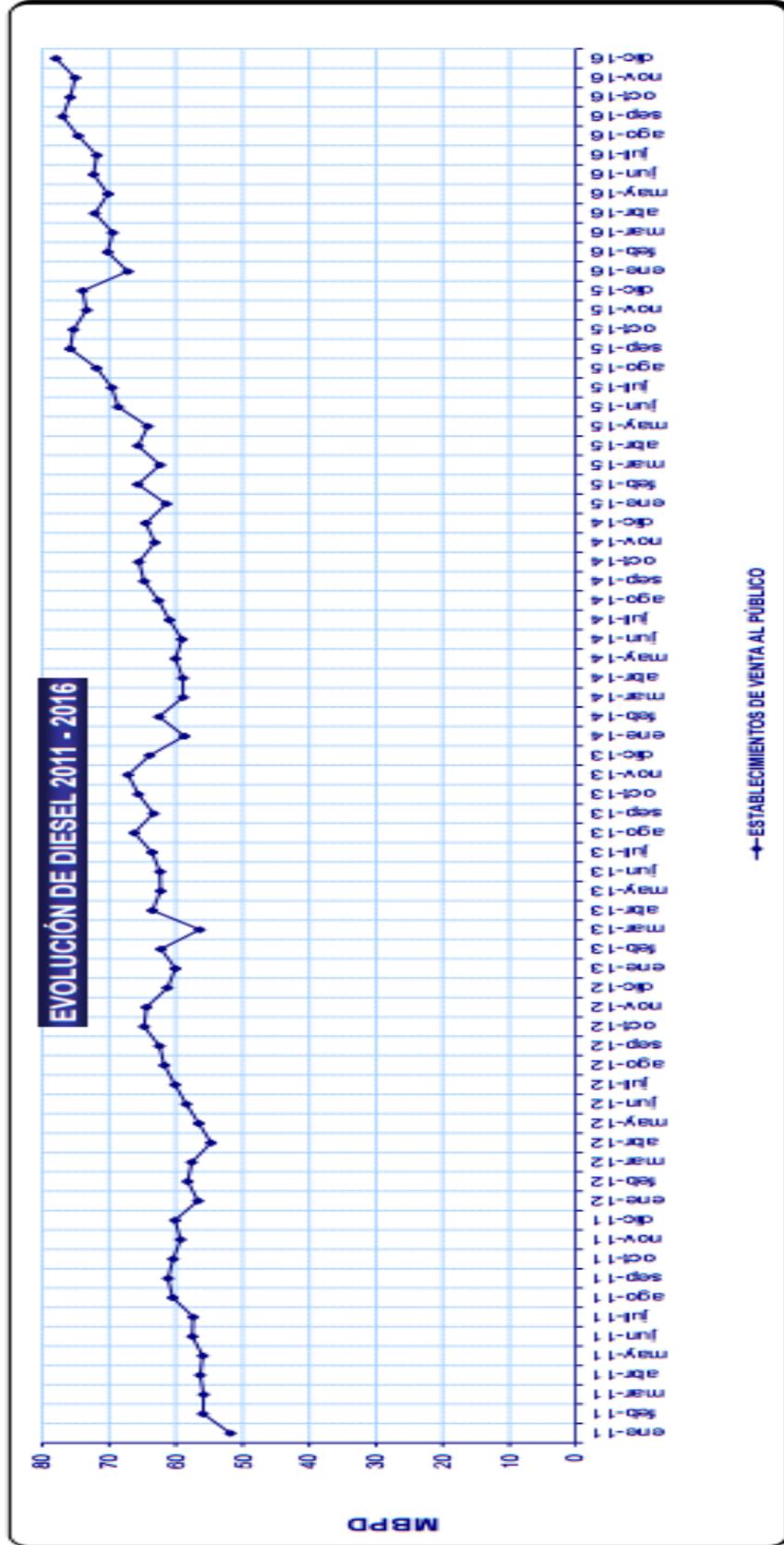
- Se recomienda tomar la decisión de continuar con las siguientes etapas del desarrollo del ducto como el estudio de factibilidad, la ingeniería básica, la ingeniería de detalle y el estudio de impacto ambiental.
- Se recomienda realizar estudios y desarrollos tecnológicos para fomentar el consumo de Biocombustibles en mayor proporción como combustible alternativo, y así dejar de lado a los combustibles convencionales usados en la actualidad.

BIBLIOGRAFÍA

- ARREDONDO, H. I. (2000). *PRINCIPIOS BASICOS PARA EL DISEÑO DE LINEAS DE VAPOR*.
- ASTM-A53. (2010). *Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless*.
- Jensen, C. (2004). *Dibujo y diseño en ingeniería 6ta Edición*. McGraw-Hill .
- JIMENEZ SUANCHA, E., ESTUPIÑAN ROJAS, A. A., PINEDA LARA, E. J., & PRIETO NARANJO, O. F. (2012). *TRANSPORTE POR DUCTOS*.
- L.Mott, R. (2006). *Mecanica de fluidos*. Pearson Educacion.
- MINAM. (07 de Marzo de 2010). *www.minam.gob.pe*. Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/wp-content/uploads/sites/11/2013/10/CDAM0000323.pdf>
- (2006). *Normas ASME B31.4*.
- NTP.399.012. (1974). *Colores de identificacion de tuberias para transporte de fluidos en estado gaseoso o liquido n instalaciones terrestres y en naves*. En N. T. Peruana.
- Petroperu. (04 de 03 de 2013). *www.petroperu.com.pe*. Obtenido de <http://www.petroperu.com.pe/Main.asp?seccion=3&IdItem=421>
- Sistema peruano de informacion juridica*. (22 de Diciembre de 2016). Obtenido de <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2016/Diciembre/23/EXP-DS-038-2016-EM.pdf>
- Valer Rojas, L. A. (2011). *Diseño de un ducto de transporte de turbo A1 desde planta terminal Callao hasta planta de combustibles del aeropuerto Jorge Chavez*.
- White, F. M. (2004). *Mecánica de fluidos*. McGraw-Hill .

ANEXOS

Anexo I Demanda nacional de Diesel 2011-2016.
Fuente: Osignermin -SCOP, 2016



Anexo II Símbolos utilizados para el dibujo de tubería.
Fuente: Dibujo y diseño en ingeniería 6ta Edición. Cecil Jensen.

ACCESORIO	DE BRIDAS	ROSCADO	SOLDADO	MACHO Y HEMBRA	ESTARADO
CASQUILLO REDUCTOR					
TAPON					
DOBLE T					
CODO DE 45 GRADOS					
30 GRADOS					
HACIA ABAJO					
HACIA ARRIBA					
RADIO LARGO					
CODO MACHO Y HEMBRA					
JUNTA (ACOPLAMIENTO) TUBERIA DE CONEXION					
Y					
TAPON MACHO TAPON MACHO					
REDUCTOR CONCENTRICO					
EXCENTRICO					
T E RECTA					
SALIDA HACIA ARRIBA					
SALIDA HACIA ABAJO					
UNION					
VALVULAS DE RETENCION PASO RECTO					
COMPUERTA					
GLOBO					
ANGULARES GLOBO ELEVACION					
GLOBO PLANTA					

Anexo III Diámetros de las tuberías comerciales de acero.
Fuente: Norma ASTM A-53.

Medida nominal de la tubería		Diámetro exterior	Espesor	Diámetro interior	Medida nominal de la tubería		Diámetro exterior	Espesor	Diámetro interior
pulgadas		mm	mm	mm	pulgadas		mm	mm	mm
Célula 10	14	355.6	6.35	342.9	Célula 80 (continuación)	3½	101.6	8.08	85.4
	16	406.4	6.35	393.7		4	114.3	8.56	97.2
	18	457.2	6.35	444.5		5	141.3	9.52	122.3
	20	508.0	6.35	495.3		6	168.3	10.97	146.4
	24	609.6	6.35	596.9		8	219.1	12.70	193.7
Célula 20	30	762.0	7.92	746.2	10	273.0	15.09	242.8	
	8	219.1	6.35	206.4	12	323.9	17.47	289.0	
	10	273.0	6.35	260.3	14	355.6	19.05	317.5	
	12	323.9	6.35	311.2	16	406.4	21.44	363.5	
	14	355.6	7.92	339.8	18	457.2	23.82	409.6	
Célula 30	16	406.4	7.92	390.6	20	508.0	26.19	455.6	
	18	457.2	7.92	441.4	24	609.6	30.96	547.7	
	20	508.0	9.52	489.0	Célula 100	8	219.1	15.09	188.9
	24	609.6	9.52	590.6		10	273.0	18.26	236.5
	30	762.0	12.70	736.6		12	323.9	21.44	281.0
8	219.1	7.04	205.0	14		355.6	23.82	308.0	
10	273.0	7.80	257.4	16		406.4	26.19	354.0	
Célula 40	12	323.9	8.38	307.1	18	457.2	29.36	398.5	
	14	355.6	9.52	336.6	20	508.0	32.54	442.9	
	16	406.4	9.52	387.4	24	609.6	38.89	531.8	
	18	457.2	11.13	434.9	Célula 120	4	114.3	11.13	92.0
	20	508.0	12.70	482.6		5	141.3	12.70	115.9
24	609.6	14.27	581.1	6		168.3	14.27	139.8	
30	762.0	15.88	730.2	8		219.1	18.26	182.6	
10	273.0	1.73	6.8	10		273.0	21.44	230.1	
Célula 40	12	323.9	2.24	9.2	12	323.9	25.40	273.1	
	14	355.6	2.31	12.5	14	355.6	27.79	300.0	
	16	406.4	2.77	15.8	16	406.4	30.96	344.5	
	18	457.2	2.87	21.0	18	457.2	34.92	387.4	
	20	508.0	3.38	26.6	20	508.0	38.10	431.8	
	24	609.6	3.56	35.1	24	609.6	46.02	517.6	
	18	457.2	3.68	40.9	Célula 140	8	219.1	20.62	177.9
	20	508.0	3.91	52.5		10	273.0	25.40	222.2
	24	609.6	5.16	62.7		12	323.9	28.58	266.7
	30	762.0	5.49	77.9		14	355.6	31.75	292.1
	36	914.4	5.74	90.1		16	406.4	36.52	333.4
	Célula 40	42	1066.8	6.02	102.3	18	457.2	39.69	377.8
48		1219.2	6.55	128.2	20	508.0	44.45	419.1	
54		1371.6	7.11	154.1	24	609.6	52.39	504.8	
8		219.1	8.18	202.7	Célula 160	½	21.3	4.78	11.7
10		273.0	9.27	254.5		¾	26.7	5.56	15.6
12		323.9	10.31	303.3		1	33.4	6.35	20.7
14		355.6	11.13	333.3		1½	41.3	6.35	29.5
16		406.4	12.70	381.0		2	50.8	7.14	34.0
18		457.2	14.27	428.7		2½	60.3	8.74	42.8
20		508.0	15.09	477.8		3	73.0	9.52	54.0
24		609.6	17.48	574.6		3½	88.9	11.13	66.6
8		219.1	10.31	198.5		4	114.3	13.49	87.3
10	273.0	12.70	247.6	5		141.3	15.88	109.5	
12	323.9	14.27	295.4	6		168.3	18.26	131.8	
14	355.6	15.09	325.4	8		219.1	23.01	173.1	
16	406.4	16.64	373.1	10	273.0	28.58	215.8		
18	457.2	19.05	419.1	12	323.9	33.34	257.2		
20	508.0	20.62	465.8	14	355.6	35.71	284.2		
24	609.6	24.61	560.4	16	406.4	40.49	325.4		
Célula 80	18	457.2	45.24	366.7	18	457.2	45.24	366.7	
	20	508.0	50.01	408.0	20	508.0	50.01	408.0	
	24	609.6	59.54	490.5	24	609.6	59.54	490.5	
	½	10.3	2.41	5.5					
	¾	13.7	3.02	7.7					
	1	17.1	3.20	10.7					
	1½	21.3	3.73	13.8					
	2	26.7	3.91	18.9					
2½	33.4	4.55	24.3						
3	42.2	4.85	32.5						
3½	48.3	5.08	38.1						
4	60.3	5.54	49.2						
5	73.0	7.01	59.0						
6	88.9	7.62	73.7						

Anexo IV Diámetros de las tuberías comerciales de acero.

NPS Designator	DN Designator	Specified Outside Diameter, in. [mm]	Specified Wall Thickness, in. [mm]	Nominal Weight (Mass) per Unit Length, Plain End, lb/ft [kg/m]	Weight Class	Schedule No.	Test Pressure, ^A psi [kPa]	
							Grade A	Grade B
½	6	0.405 [10.3]	0.068 [1.73]	0.24 [0.37]	STD	40	700 [4800]	700 [4800]
			0.095 [2.41]	0.31 [0.47]	XS	80	850 [5900]	850 [5900]
¾	8	0.540 [13.7]	0.088 [2.24]	0.43 [0.63]	STD	40	700 [4800]	700 [4800]
			0.119 [3.02]	0.54 [0.80]	XS	80	850 [5900]	850 [5900]
¾	10	0.675 [17.1]	0.091 [2.31]	0.57 [0.84]	STD	40	700 [4800]	700 [4800]
			0.126 [3.20]	0.74 [1.10]	XS	80	850 [5900]	850 [5900]
1½	15	0.840 [21.3]	0.109 [2.77]	0.85 [1.27]	STD	40	700 [4800]	700 [4800]
			0.147 [3.73]	1.00 [1.62]	XS	80	850 [5900]	850 [5900]
			0.188 [4.78]	1.31 [1.95]	—	160	900 [6200]	900 [6200]
			0.294 [7.47]	1.72 [2.55]	XXS	—	1000 [6900]	1000 [6900]
¾	20	1.050 [26.7]	0.113 [2.87]	1.13 [1.69]	STD	40	700 [4800]	700 [4800]
			0.154 [3.91]	1.48 [2.20]	XS	80	850 [5900]	850 [5900]
			0.219 [5.56]	1.95 [2.90]	—	160	950 [6500]	950 [6500]
			0.308 [7.82]	2.44 [3.64]	XXS	—	1000 [6900]	1000 [6900]
1	25	1.315 [33.4]	0.133 [3.38]	1.68 [2.50]	STD	40	700 [4800]	700 [4800]
			0.179 [4.55]	2.17 [3.24]	XS	80	850 [5900]	850 [5900]
			0.250 [6.35]	2.85 [4.24]	—	160	950 [6500]	950 [6500]
			0.358 [9.09]	3.66 [5.45]	XXS	—	1000 [6900]	1000 [6900]
1¼	32	1.660 [42.2]	0.140 [3.56]	2.27 [3.39]	STD	40	1200 [8300]	1300 [9000]
			0.191 [4.85]	3.00 [4.47]	XS	80	1800 [12 400]	1900 [13 100]
			0.250 [6.35]	3.77 [5.61]	—	160	1900 [13 100]	2000 [13 800]
			0.382 [9.70]	5.22 [7.77]	XXS	—	2200 [15 200]	2300 [15 900]
1½	40	1.900 [48.3]	0.145 [3.68]	2.72 [4.05]	STD	40	1200 [8300]	1300 [9000]
			0.200 [5.08]	3.63 [5.41]	XS	80	1800 [12 400]	1900 [13 100]
			0.281 [7.14]	4.86 [7.25]	—	160	1950 [13 400]	2050 [14 100]
			0.400 [10.16]	6.41 [9.56]	XXS	—	2200 [15 200]	2300 [15 900]
2	50	2.375 [60.3]	0.154 [3.91]	3.66 [5.44]	STD	40	2300 [15 900]	2500 [17 200]
			0.218 [5.54]	5.03 [7.48]	XS	80	2500 [17 200]	2500 [17 200]
			0.344 [8.74]	7.47 [11.11]	—	160	2500 [17 200]	2500 [17 200]
			0.436 [11.07]	9.04 [13.44]	XXS	—	2500 [17 200]	2500 [17 200]
2½	65	2.875 [73.0]	0.203 [5.16]	5.80 [8.63]	STD	40	2500 [17 200]	2500 [17 200]
			0.276 [7.01]	7.67 [11.41]	XS	80	2500 [17 200]	2500 [17 200]
			0.375 [9.52]	10.02 [14.90]	—	160	2500 [17 200]	2500 [17 200]
			0.552 [14.02]	13.71 [20.39]	XXS	—	2500 [17 200]	2500 [17 200]
3	80	3.500 [88.9]	0.125 [3.18]	4.51 [6.72]	—	—	1290 [8900]	1500 [10000]
			0.156 [3.96]	5.58 [8.29]	—	—	1600 [11 000]	1870 [12 900]
			0.188 [4.78]	6.66 [9.92]	—	—	1930 [13 330]	2260 [15 600]
			0.216 [5.49]	7.58 [11.29]	STD	40	2220 [15 300]	2500 [17 200]
			0.250 [6.35]	8.69 [12.93]	—	—	2500 [17 200]	2500 [17 200]
			0.281 [7.14]	9.67 [14.40]	—	—	2500 [17 200]	2500 [17 200]
			0.300 [7.62]	10.26 [15.27]	XS	80	2500 [17 200]	2500 [17 200]
			0.438 [11.13]	14.34 [21.35]	—	160	2500 [17 200]	2500 [17 200]
3½	90	4.000 [101.6]	0.125 [3.18]	5.18 [7.72]	—	—	1120 [7700]	1310 [19 000]
			0.156 [3.96]	6.41 [9.53]	—	—	1400 [6700]	1640 [11 300]
			0.188 [4.78]	7.66 [11.41]	—	—	1690 [11 700]	1970 [13 600]
			0.226 [5.74]	9.12 [13.57]	STD	40	2030 [14 000]	2370 [16 300]
			0.250 [6.35]	10.02 [14.92]	—	—	2250 [15 500]	2500 [17 200]
			0.281 [7.14]	11.17 [16.63]	—	—	2500 [17 200]	2500 [17 200]
			0.318 [8.08]	12.52 [18.63]	XS	80	2800 [19 300]	2800 [19 300]
			—	—	—	—	—	—
4	100	4.500 [114.3]	0.125 [3.18]	5.85 [8.71]	—	—	1000 [6900]	1170 [8100]
			0.156 [3.96]	7.24 [10.78]	—	—	1250 [8600]	1460 [10 100]
			0.188 [4.78]	8.67 [12.91]	—	—	1500 [10 300]	1750 [12 100]
			0.219 [5.56]	10.02 [14.91]	—	—	1750 [12 100]	2040 [14 100]
			0.237 [6.02]	10.80 [16.07]	STD	40	1900 [13 100]	2210 [15 200]
			0.250 [6.35]	11.36 [16.90]	—	—	2000 [13 800]	2330 [16 100]
			0.281 [7.14]	12.67 [18.87]	—	—	2250 [15 100]	2620 [18 100]
			0.312 [7.92]	13.97 [20.78]	—	—	2500 [17 200]	2800 [19 300]
0.337 [8.56]	15.00 [22.32]	XS	80	2700 [18 600]	2800 [19 300]			

Anexo V Especificaciones aplicables al Diesel N°2.

Fuente: Decreto Supremo 025-2005 EM.

Artículo 4.- Sobre las Especificaciones aplicables al Diesel N° 1, Diesel N° 2 y Diesel N° 2 Especial.

A partir de 60 días de la vigencia del presente Decreto Supremo resultarán de aplicación para los combustibles Diesel N° 1, Diesel N° 2 y Diesel N° 2 Especial las siguientes especificaciones:

Especificaciones Diesel N° 1, Diesel N° 2 y Diesel N° 2 Especial

Características	Especificaciones						Métodos de Ensayo		
	Diesel N° 1		Diesel N° 2		Diesel N° 2		ASTM	ISO	Norma Técnica Peruana
	Min	Máx.	Min.	Máx.	Min	Máx.			
VOLATIDAD									
- Densidad a 15°C, kg/m ³	Reportar		Reportar		Reportar		D 1298:99	3675	
- Destilación, °C (a 760 mm Hg)							D 86:99a	3405:88	PNTD 321.023
90% recuperado a		288	282	360	282	360			PNTD 321.024
- Punto de Inflamación Pensky Martens, °C	38		52		52		D 93:99b	2719:88	PNTD 321.031
FLUIDEZ									
- Viscosidad Cinemática a 40 °C, cSt	1,3	2,4	1,7	4,1	1,9	4,1		3104:94	PNTD 321.031
- Punto de Escurrimiento, °C (1)		-12		+4		+4		3016:94	
COMPOSICIÓN									
- Número de Cetano (2)	40		45		50		D 613:95	5165:98	
- Índice de Cetano	40		40		45		D 4737:96a D 976:95 (3)	4264:95	PNTD 321.130
- Cenizas, % masa		0,01		0,01		0,01	D 482:95	6245:93	
- Residuos Carbón Ramsbottom 10% Fondos, % masa (4)		0,15		0,35		0,35	D 521:97, D 189:97	426293, 6645:93	
CORROSIVIDAD									
Corrosión Lámina de Cobre 3 h. 50 °C, N°		3		3		3	D 129:95 D 2622:98 D 4294:98	8754:92	PNTD 321.021
Azufre Total % Masa		0,3		0,5		0,05			
CONTAMINANTES									
Agua y Sedimentos % Vol.		0,05		0,05		0,05	D 1796:97 D 2709:96	3734:97	PNTD 321.029
Notas:									
(1) Cuando el cliente lo requiere, se determinará el Punto de Niebla o Enturbiamiento por el Método de Ensayo ASTM D 2500-98a.									
(2) En caso de no contar con el equipo del Método de Ensayo ASTM D 613-95 (Número de Cetano), se calculará el Índice de Cetano con el Método de Ensayo ASTM D 4737:96a.									
(3) Solamente para combustibles Diesel de rango de número de Cetano entre 56,5 a 60,0 se utilizará el método ASTM D 976 para calcular el índice de Cetano.									

Anexo VI TABLA DE EJEMPLO DE ESFUERZOS PERMISIBLES PARA USARLA COMO. Fuente: Norma ASME B31.4

Specification	Grade	Specified Min. Yield Strength, psi (MPa)	Weld Joint Factor, E	Allowable Stress Value, S, -20°F to 250°F (-30°C to 120°C), psi (MPa)
Seamless				
API 5L	A25	25,000 (172)	1.00	18,000 (124)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 106	A	30,000 (207)	1.00	21,600 (149)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 106	B	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
API 5L	X42	42,000 (289)	1.00	30,250 (208)
API 5L	X46	46,000 (317)	1.00	33,100 (228)
API 5L	X52	52,000 (358)	1.00	37,450 (258)
API 5L	X56	56,000 (386)	1.00	40,300 (278)
API 5L	X60	60,000 (413)	1.00	43,200 (298)
API 5L	X65	65,000 (448)	1.00	46,800 (323)
API 5L	X70	70,000 (482)	1.00	50,400 (347)
API 5L	X80	80,000 (551)	1.00	57,600 (397)
ASTM A 106	C	40,000 (278)	1.00	28,800 (199)
ASTM A 333	6	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
ASTM A 524	I	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
ASTM A 524	H	30,000 (207)	1.00	21,600 (149)
Furnace Butt Welded, Continuous Welded				
ASTM A 53	...	25,000 (172)	0.60	10,800 (74)
API 5L Classes I and II	A25	25,000 (172)	0.60	10,800 (74)
Electric Resistance Welded and Electric Flash Welded				
API 5L	A25	25,000 (172)	1.00	18,000 (124)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 135	A	30,000 (207)	1.00	21,600 (149)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 135	B	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
API 5L	X42	42,000 (289)	1.00	30,250 (208)
API 5L	X46	46,000 (317)	1.00	33,100 (228)
API 5L	X52	52,000 (358)	1.00	37,450 (258)
API 5L	X56	56,000 (386)	1.00	40,300 (279)
API 5L	X60	60,000 (413)	1.00	43,200 (297)
API 5L	X65	65,000 (448)	1.00	46,800 (323)
API 5L	X70	70,000 (482)	1.00	50,400 (347)
API 5L	X80	80,000 (551)	1.00	57,600 (397)
ASTM A 333	6	35,000 (241)	1.00	25,000 (174)
Electric Fusion Welded				
ASTM A 134	0.80	...
ASTM A 139	A	30,000 (207)	0.80	17,300 (119)
ASTM A 139	B	35,000 (241)	0.80	20,150 (139)
ASTM A 671	...	Note (1)	1.00 [Notes (2), (3)]	...
ASTM A 671	...	Note (1)	0.70 [Note (4)]	...
ASTM A 672	...	Note (1)	1.00 [Notes (2), (3)]	...
ASTM A 672	...	Note (1)	0.80 [Note (4)]	...
Submerged Arc Welded				
API 5L	A	30,000 (207)	1.00	21,600 (149)
API 5L	B	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
API 5L	X42	42,000 (289)	1.00	30,250 (208)
API 5L	X46	46,000 (317)	1.00	33,100 (228)