



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**DESARROLLO DE PROGRAMA DE CÓMPUTO PARA LA
ESPECIFICACIÓN DE TUBERÍAS DE PROCESO
(ÍNDICE DE LÍNEAS)**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
INGENIERO QUÍMICO**

**P R E S E N T A:
AGUILAR RAMÍREZ NAYELI ELIZETH**

DIRECTOR DE TESIS:

I.Q. JOSÉ ANTONIO ZAMORA PLATA



MÉXICO, D.F.

2014



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

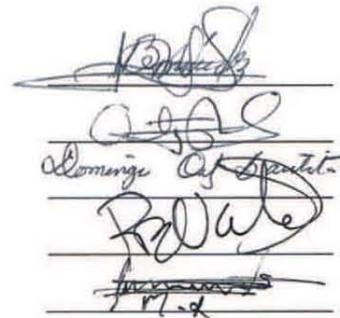
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR
PRESENTE.**

Comunico a usted que al alumno(a) Aguilar Ramírez Nayeli Elizeth con número de cuenta 410089068 de la carrera Ingeniería Química, se le ha fijado el día 23 del mes de mayo de 2014 a las 10:00 horas para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	I.Q. JOSÉ BERMUDEZ MOSQUEDA
VOCAL	I.Q. JOSÉ ANTONIO ZAMORA PLATA
SECRETARIO	I.Q. DOMINGA ORTIZ BAUTISTA
SUPLENTE	M. en I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA
SUPLENTE	I.Q. BLAS MALDONADO SÁNCHEZ



El título de la tesis que se presenta es: **Desarrollo de programa de cómputo para la especificación de tuberías de proceso (índice de líneas).**

Opción de Titulación: Tesis profesional

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México, D. F. a 23 de abril de 2014.

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
DIRECTOR

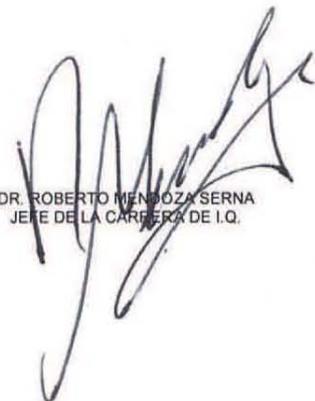
ZARAGOZA
DIRECCION

RECIBÍ:

OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
Y DE GRADO

Vo.Bo.

DR. ROBERTO MENDOZA SERNA
JEFE DE LA CARRERA DE I.Q.



Dedicatorias

Dedico este triunfo a mis padres por su apoyo incondicional y por el gran esfuerzo que realizaron al darme la oportunidad de poder cumplir una de mis metas.

A Gerardo Granados por confiar en mí y ser un buen amigo

A mis hermanos por estar conmigo en todo momento; Y porque este es el ejemplo que cuando nos proponemos metas, se puede cumplir siempre y cuando queramos que suceda.

Agradecimientos

Estoy inmensamente agradecida con mis padres Felipe y Olga por todo el apoyo que me brindaron al permitir mi desarrollo y darme la elección de escoger mi camino.

A cada uno de mis hermanos (Alberto, Eder, Jesus y Leti) por comprender y permitir seguir mi camino. Gracias a mi hermano Eder quien siempre me apoyo y alentó a seguir mi camino y a alcanzar una de mis metas en la vida.

A Gerardo Granados, primero por ser mi amigo y una persona especial en mi vida. Por ser mi compañero durante toda la carrera, por apoyarme en los momentos que mas necesite, por hacer ver mis errores, por impulsarme cada vez que me rendía, por ver

más de lo que yo puede ver en mí, por mostrarme que un buen resultado no se obtiene de la nada. Por eso y muchas cosas más. Te quiero.

Al Ingeniero Antonio Zamora Plata, por darme la oportunidad de realizar mi servicio y tesis con usted, por sus consejos y charlas que alegraban mi día; También estoy totalmente agradecida por su apoyo incondicional en la realización de este trabajo

Agradezco a cada uno de mis sinodales por revisar este trabajo; por sus aportaciones y consejos a este trabajo

A mis amigos (Chela, Alheli, Xare, Rita, Karina, Hiram y Daniel) por brindarme su amistad, apoyo y comprensión en todo momento; por estar conmigo aun siendo una persona muy seria muchas gracias, los quiero.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Fes Zaragoza por darme la oportunidad de pertenecer a esta institución y poder realizar una de mis metas

Gracias a Dios por proteger a todas las personas que quiero, por estar siempre en mí camino. Y, por permitir, llegar y compartir un anhelo

Resumen

En todo proceso químico hay un gran número de tuberías cada una con diferente fluido. Por lo que el índice de líneas, avala la identificación de cada línea de proceso y de esta manera permite tener información al alcance y de fácil acceso sobre el proceso o sobre el material de las tuberías.

El presente trabajo tiene como objetivos: Describir la clasificación de las tuberías que se utiliza en un proceso; Clasificar las tuberías de acuerdo a normas y códigos que se utilizan en: pruebas, diseño, accesorios y materiales; Como apoyo se pretende desarrollar un programa para uso académico que permita dimensionar el diámetro de tuberías de proceso y especificar el índice o lista de líneas y de la misma manera elaborar un formato para la identificación de cada línea que se involucra en el proceso.

El desarrollo del programa que se elabora en este trabajo de tesis se realiza en Excel con Visual Basic Application (VBA). Debido a la accesibilidad que se tiene al programa Excel. El programa propuesto permite calcular el diámetro de la tubería mediante las propiedades del fluido (densidad, viscosidad, caudal, etc.), y también por las velocidades recomendadas en la tubería. En la especificación del índice de líneas, se propone un formato que conforme se van capturando los datos del fluido se van agregando en cada línea que se genere; por lo que cada línea se almacena en el formato de hoja propuesto.

Al contar con este programa se pueden obtener como beneficios: Reducción de la captura de información, fácil y ágil acceso a la información, así como contabilidad rápida de la cantidad de tubería requerida en el proyecto.

Contenido

Resumen	I
Contenido.....	III
Introducción.....	IX
Objetivos.....	XIII
Capítulo I: Generalidades	1
1.1 Fluido.....	1
1.2 Flujo	2
1.2.1 Tasa de flujo en un fluido	2
1.3 Propiedades de los fluidos	3
1.3.1 Densidad.....	3
1.3.2 Peso específico	3
1.3.3 Temperatura.....	4
1.3.4 Calor específico.....	4
1.3.5 Viscosidad.....	4
1.3.6 Tensión superficial.....	5
1.3.7 Presión de vapor	5
1.3.8 Régimen de flujo de fluidos en tuberías: laminar y turbulento.	5
1.3.9 Número de Reynolds	6
1.3.10 Fluidos newtonianos y no newtonianos.....	6
Capítulo II Clasificación de tuberías.....	7
2.1 Tubo	7
2.2 Tubería	7

2.2.1 Sistema de tuberías.....	8
2.3 Tamaños tuberías	8
2.4 Clasificación de tuberías	10
2.5 Clasificación del sistema de tuberías	10
2.5.1 Tubería de proceso.....	10
2.5.2 Tuberías de desfogue	11
2.5.3 Tuberías de servicios auxiliares	11
2.5.4 Tubería de instrumentos.....	11
2.6 Accesorios de las tuberías	11
2.6.1 Conexiones	12
2.6.2. Tipos de extremos en Válvulas, Conexiones y tuberías.....	15
2.6.3 Bridas	16
2.6.4 Juntas o empaques.....	19
2.6.5 tonillos y espárragos	19
2.7 Válvulas	20
2.7.1 Clasificación de válvulas.....	20
2.7.2 Válvulas de compuerta.....	21
2.7.3 Válvula macho.....	22
2.7.4 Válvulas de bola.....	23
2.7.5 Válvulas de globo.....	25
2.7-6 Válvulas de aguja	26
2.7.7 Válvulas de ángulo	26
2.7.8 Válvulas de tipo Y.....	27
2.7.9 Válvulas de mariposa	27

2.7.10 Válvulas de diafragma	28
2.7.11 Válvulas de retención o check.....	29
2.7.12 Instalación de válvulas	30
2.8 Ingeniería de tuberías.....	31
2.9 Especificaciones de tubería.....	31
2.10 Fundamentos para la especificación de los materiales de tubería	31
2.10.1 Materiales	32
2.10.2 Tipos de materiales.....	33
2.11 Códigos y Normas	41
2.12 Selección de material, diámetro y espesor de la tubería.....	44
2.12.1 Selección del material.....	44
2.13 Velocidad en las líneas	45
2.13.1 Efectos de la velocidad de los fluidos incompresibles en tuberías.....	45
2.13.2 Velocidades recomendadas.....	46
2.14 Efecto de la caída de presión de los fluidos incompresibles en tuberías	47
2.15 Especificación de los servicios.....	48
2.16 Diagrama de tubería e instrumentación (DTI)	48
2.16.1 Información requerida para elaborar un DTI.....	48
2.17 Diseño de tuberías	49
Capítulo III Índice o Lista de líneas.....	51
3.1 Índice de servicios.....	51
a) Clave de todos los servicios:.....	52

b)	El material básico	52
c)	Tolerancias por corrosión	55
d)	Condiciones de diseño, presión y temperatura.....	55
3.1.1	Información requerida.....	56
3.1.2	Información contenida.....	56
3.2	Hoja de Índice de servicios de tuberías.....	57
3.3	Índice o Lista de líneas.....	59
3.3.1	Información requerida en una lista de líneas.	60
a)	Revisión.....	60
b)	Identificación de la línea	60
c)	Fluido y la fase en que se encuentra.....	61
d)	Ruta de Línea.....	61
e)	Condiciones de operación	61
f)	Condición de diseño	61
g)	Presión de prueba para cada línea.....	62
h)	Aislamiento y pintura	62
3.3.1.1	Línea Crítica.....	63
3.3.1.2	Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI)	63
3.3.1.3	Información de localización.....	63
3.3.1.4	Dimensionamiento de líneas.....	63
Capítulo IV	Cómo se elabora un Índice o Lista de líneas.	65
4.1	Número de línea.....	66
4.2	Clasificación de tubería	66
4.3	Conexiones entre tuberías	67

• 4.3.1 Desde equipo	67
• 4.3.2 Hasta equipo	67
4.4 Condiciones de Operación	68
4.5 Condiciones de Diseño	68
4.6 Caudal	69
4.7 Hoja de índice de líneas.....	70
Capítulo V Programa de cómputo.	71
5.1 Descripción del programa	71
5.1.1 Funcionamiento del programa.....	73
Análisis de resultados.	93
Conclusiones.	95
Anexos	97
Anexo A.....	97
Densidades de líquidos diversos (tablas y graficas).....	97
Viscosidades.....	98
Anexo B.....	101
Rugosidad relativa	101
Códigos de diseño Códigos principales.....	102
Cedulas, diámetros y áreas de tuberías	109
Velocidades de fluido sugeridos en para tuberías y Tubing: en líquidos, gases y vapores a baja / moderada presión a 50 psig y 50 ° a 100 ° F	111
El flujo de agua a través de la Lista 40 de tubería de acero *	111
Anexo C.....	113

Guía de servicios.....	113
Especificación de la tubería.....	116
Tolerancia a la corrosión para el material de Acero Inoxidable con algunas sustancias.	121
Anexo D.....	126
Ecuaciones para el cálculo del diámetro utilizado en el programa.	126
Código de programación.....	128
Referencias	133
Libros	133
Tesis.....	134
Recursos electrónicos.....	134

Introducción

Para poder transportar a los fluidos dentro de un proceso se necesitan dispositivos que nos permitan hacer que el transporte sea eficaz y práctico, por lo cual el medio que se utiliza son los tubos que en conjunto forman un sistema de tuberías; las tuberías y el sistema de tuberías se forma por medio de accesorios, válvulas y conexiones que nos permiten abarcar todo el transporte en un proceso, estos sistemas de tuberías se caracterizan al no tener diámetros iguales y a en ocasiones no trabajar a las mismas condiciones de presión y temperatura.

En los procesos para el Ingeniero Químico es importante saber y conocer la función que tienen cada una de las tuberías en el proceso y de esta manera poder tomar decisiones. En la actualidad contamos con una ventaja sobre los sistemas de tuberías debido a que se encuentran documentadas en los diagramas de tuberías e instrumentación (DTI) y para facilitar la identificación de cada una de las tuberías, existe un documento llamado índice o lista de líneas.

Por otro lado existe una gran variedad de procesos que involucran una diversidad de fluidos y estos a su vez implican caudales, densidad, velocidades, temperatura, etc. Por lo cual es difícil decir que todas las tuberías en un proceso son iguales, entonces llegamos a la necesidad de especificar cada una de las tuberías y después de especificar e identificar la función de cada una de las tuberías mediante diámetro, material, espesor, el tipo de fluido que transporta, de que equipo a que equipo se conectan, el número de línea, es necesario tener un registro de todas ellas.

Un punto importante que se debe de tomar en cuenta, es el material con el que está fabricado el tubo o la tubería. En la actualidad existe una gran variedad de materiales metálicos y no metálicos y para cada uno de ellos existen una enorme cantidad de aleaciones con el objetivo de volver al material más fuerte y resistente.

A partir de los códigos y normas seleccionados para el material y en base a estas, la tubería tendrá ciertas especificaciones como son: materiales, diámetros, cédulas, etc.,

estas cédulas se especifican en base a las necesidades del proceso, por ejemplo la corrosión, o las presiones que maneja el sistema.

El índice o lista de líneas juega un papel importante dentro del desarrollo de un proyecto, durante el diseño, pruebas, arranque y la operación de la planta. Debido a la importancia que tiene Índice o lista de líneas en el desarrollo de un proyecto.

En el programa de estudios de la carrera de Ingeniería Química aun cuando se imparten temas sobre ingeniería básica, detalle y procura, no se logra profundizar en ciertos temas debido al periodo corto durante el semestre, a todo lo extenso de la información, a la demanda de tiempo que se le dedica fuera de clases, y en algunas ocasiones de la disposición de los profesores.

Entonces al desarrollar un programa que permita especificar la tubería y el índice o lista de líneas, el alumno podrá acceder a esta información, y contara con un programa de apoyo que facilite la elaboración del índice de líneas.

En el capítulo I, denominado “Generalidades” se describe algunas características importantes que influyen en el comportamiento del flujo de fluidos que transporta una tubería. Los conceptos utilizados son las propiedades físicas del fluido y que podrían afectar al proceso tal como, la densidad, la temperatura, viscosidad, si es flujo laminar o turbulento, entre otras más.

En el capítulo II, denominado “Clasificación de tuberías” se basa en la definición de las tuberías, elementos que conforman a la tubería y ayudan al transporte de las sustancias que se manejan en el proceso; en este capítulo se enlistan algunas normas y códigos que se utilizan para especificar la construcción, manejo y materiales de las tuberías, se describen algunos de los materiales utilizados para la construcción de tuberías. Se describe como se puede seleccionar el diámetro, cuales son las clases de las tuberías que pueden existir y como es que se logran determinar estas clases y las cédulas de las tuberías.

En el capítulo III titulado “Índice o lista de líneas” describe las bases antes de comenzar con un índice o lista de líneas; se puede partir de la descripción del proceso o de diagramas que nos indiquen la secuencia del proceso y las condiciones de operación

tal como el Diagrama de Flujo de Proceso (DFP) o para hacer una descripción más específica un Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI). A fin de coordinar los requerimientos de las especificaciones de tuberías es necesario preparar dos documentos: Índice de servicios e Índice o lista de líneas.

El documento del índice de servicios tiene como finalidad el indicar la selección de tuberías los materiales seleccionados. Contiene la descripción de materiales que deben emplearse en la construcción de los sistemas de tuberías de procesos y de servicios. Este documento indica las condiciones bajo las cuales será diseñada, construida y estará en operación cada línea en un determinado proceso y/o servicio auxiliar. Durante el desarrollo de un proyecto, es fundamental generar un documento donde se presenten todos los datos de las tuberías, al que se conoce como Índice o lista de líneas con el objetivo de contar como elemento de control en el diseño de estas y en la compra de materiales seleccionados.

En el capítulo IV “Como se elabora un índice o lista de líneas”, este capítulo se basa en los elementos que conforman al índice o lista de líneas y se describe cada uno de ellos. Como el número de línea, el diámetro de la tubería, el fluido que transporta la tubería y la especificación que tiene el material de la tubería, estos 4 elementos nos ayudan a identificar la línea de proceso. También se especifica las ruta de las tuberías “Desde - Hasta”, indica cuales son las presiones y temperaturas de operación y de diseño. En este capítulo se propone un formato de hoja para el llenado del índice o lista de líneas.

En el capítulo V “Programa de computo”, en este capítulo se desarrolla un programa mediante el software Visual Basic y Excel, en donde se podrá dimensionar el diámetro de la tubería, si es que se requiere por medio de cálculos o por velocidades y diámetro recomendados. Se especifica el índice de líneas obtenido de una manera sencilla de esta manera se podrá contar de una manera más eficaz la identificación de la tubería. El programa muestra tres opciones: Dimensionamiento del diámetro de la tubería, diámetro de la tubería por medio de velocidades y diámetros recomendados y la especificación del índice o lista de líneas.

Objetivos

- Describir la clasificación de las tuberías que se utiliza en un proceso.
- Clasificar las normas y códigos que se utilizan para las pruebas, diseño, materiales y accesorios de las tuberías.
- Crear un programa que permita dimensionar el diámetro de tuberías de proceso y especificar el índice de cada línea.
- Elaborar un formato de uso académico para elaborar el índice o lista de líneas.

Capítulo I: Generalidades

En este capítulo se dan algunos conceptos generales que influyen en el comportamiento del flujo de fluidos que transporta una tubería, en algún proceso o simplemente en la vida cotidiana

1.1 Fluido

Comúnmente solo se considera que el agua y cualquier sustancia líquida es un fluido descartando todo lo que nos rodea, por ejemplo el aire, el calor, las ondas sonoras, la electricidad entre otras más, también estas se pueden considera un fluido. Una manera sencilla en la que se puede describir a un fluido es la siguiente, es una sustancia que puede fluir; por consiguiente, el término fluido en este caso solo incluirá a líquidos y gases. Estos fluidos pueden cambiar su forma fácilmente, los gases se comprimen mientras que los líquidos son incompresibles, por ello un líquido tiene un volumen definido y los gases se dilatan y llenan cualquier espacio cerrado y vacío

Al estudiar el comportamiento mecánico de los fluidos se utilizan las propiedades de los líquidos y gases. Por lo cual, un fluido se deforma continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante, sin importar qué tan pequeño sea ese esfuerzo. A diferencia de un sólido que experimenta un desplazamiento definido (o se rompe completamente) cuando se somete a un esfuerzo cortante. (Figura 1.1)

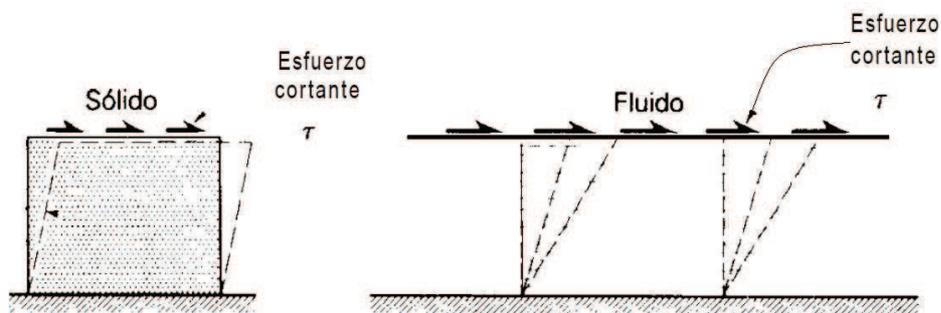


Figura 1.1 Efecto del esfuerzo cortante que sufre un líquido y un sólido.

Fuente: Shames, Irving, H., *La mecánica de los fluidos*. México 3ª edición. McGraw-Hill p.3 (1995)

Como se mencionó, nos rodea una gran variedad de sustancias que fluyen, empezando por nuestro cuerpo el cual se mueve gracias a la circulación de la sangre por todo nuestro organismo; hasta los sólidos que se han llegado a considerar que son sustancias que fluyen de una manera muy lenta y poco apreciable.

Pero en la industria los líquidos son quienes juegan un papel importante ya que comúnmente constituyen la mayor parte del transporte en tuberías en relación a los gases. Y el transporte de estos fluidos se lleva a cabo por medio de bombas, líneas de proceso, servicios auxiliares y válvulas son parte fundamental de la operación y proceso de una planta.

1.2 Flujo

Se define como flujo a un fluido en movimiento el cual puede tener una dirección y un sentido esto es que las particular dentro de un flujo pueden seguir trayectorias definidas denominadas “líneas de corriente”, la palabra flujo proviene del vocablo del latín *fluxus* lo cual indica que algo está en movimiento o fluye. Para una definición más clara el flujo de cualquier sustancia líquida o gaseosa puede ser descrito como una cantidad con respecto a un tiempo.

A continuación se mostraran algunos ejemplos sobre cómo se puede denominar el flujo.

1.2.1 Tasa de flujo en un fluido

La cantidad de fluido que pasa por un sistema por unidad de tiempo puede expresarse por medio de tres términos distintos.

- Q = El flujo volumétrico es el volumen de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo
- W = El flujo en peso es el peso del fluido que circula en una sección por unidad de tiempo
- M = El flujo másico es la masa de fluido que circula en una sección por unida de tiempo

1.3 Propiedades de los fluidos

Se puede considerar que las propiedades de los líquidos son constantes siempre que no exista alguna alteración que pueda modificar sus propiedades, si esto no pasa entonces podemos suponer que cuando un líquido es transportado por una tubería las propiedades de este líquido no cambiarán. A continuación se dará algunos conceptos de las propiedades de los fluidos.

1.3.1 Densidad

La densidad de un líquido se expresa como la masa por unidad de volumen a una determinada temperatura y presión a la que esté sometido, en los líquidos la densidad varía muy poco. A altas temperaturas los líquidos se tornan menos densos debido a que sus moléculas se mueven más rápido y se distancian unas de otras creando vacíos, lo que aumenta su volumen y consecuentemente disminuye su densidad. A continuación se da la densidad de algunos líquidos comunes; en el anexo A se encontrarán tablas y gráficas con las densidades del agua y algunas otras sustancias.

Densidad de algunos líquidos

Éter	730
Alcohol etílico	810
Mercurio	13,600
Aceite de olivo	920
Agua de mar	1,030
Agua	1,000

Tabla 1.1 Densidad en Kg/m³ a 0°C y 1 atm de presión.

Fuente: Resnick Halliday. *Física para estudiantes de ciencia e ingeniería* parte 1,

1.3.2 Peso específico

Este valor representa la relación de la densidad de un líquido a una cierta temperatura de referencia dependiendo de las condiciones de operación con respecto a la densidad del agua a una temperatura estándar (15 °C ó 60 °F). Cuando la densidad del líquido está referenciado a la misma temperatura estándar del agua, la gravedad específica se define a las mismas condiciones, por ejemplo: gravedad específica 60 °F/60 °F (API, 1994).

1.3.3 Temperatura

La temperatura también influye en una sustancia ya que no todas las sustancias son iguales pueden ser similares pero no iguales, aunque comúnmente se toma a la temperatura ambiente como un estándar para cualquier sustancia, se debe de tener en cuenta que otras requieren más consideración, la temperatura influye en una sustancia al fluir por ejemplo si esta sustancia pasa por una tubería, existirá aparte de un flujo, fricciones con las paredes de la tubería y los límites del flujo lo cual ocasionara una transferencia de calor del tubo al fluido o viceversa causando cambios en el fluido que se encuentra dentro de la tubería causando alteraciones en el proceso. Entonces se considerara que la temperatura es la energía que tiene un sistema. En la siguiente tabla se presenta en efecto que tiene la temperatura sobre el comportamiento de las propiedades de los líquidos.

Temperatura	Densidad	Gravedad específica	Viscosidad	Presión de vapor
Incremento	-	-	-	+
Disminución	+	+	+	-

Tabla 1.2 Dependencia de las propiedades de los líquidos respecto a la temperatura.

{+ = Aumento, - = disminuye} Fuente: Tesis programa para el cálculo de tuberías y bombas centrífugas en procesos de refinación. Lázaro Gallegos Álvarez. Oaxaca México junio 2011

1.3.4 Calor específico

Se define como el calor necesario para aumentar la temperatura de una masa unitaria un grado. Este proceso puede realizarse a volumen constante o a presión constante.

1.3.5 Viscosidad

La viscosidad de un líquido a través de una tubería se define como la resistencia que opone al movimiento relativo de sus moléculas, este movimiento provoca una fricción en la superficie interna de la tubería debido a que las moléculas más próximas a la superficie se adhieren a las paredes y por tal razón tienen una velocidad cero, a medida que se alejan de la dirección radial la velocidad se incrementa, esta diferencia de velocidad es la cantidad de energía de fricción absorbida por el líquido. (ver anexo A)

1.3.6 Tensión superficial.

La tensión superficial es una fuerza que produce efectos de tensión en la superficie de los líquidos, allí donde el fluido entra en contacto con otro fluido no miscible, particularmente un líquido con un gas o con un contorno sólido. El origen de esta fuerza es la cohesión intermolecular y la fuerza de adhesión del fluido al sólido.

En la superficie libre de un líquido, que es por tanto la superficie de contacto entre dos fluidos, líquido y aire, la tensión superficial se manifiesta como si el líquido creara allí una fina membrana.

1.3.7 Presión de vapor

Para cada líquido la actividad molecular interna es tal que las moléculas escapan de la superficie hasta que la presión dentro del espacio contiguo a la superficie alcanza tal valor que el cambio neto de moléculas entre líquido y el vapor es cero. Esta presión se denomina presión de vapor saturada o simplemente presión de vapor. Ya que la actividad molecular depende de la temperatura, la presión de vapor a su vez es una función de la temperatura del líquido, por tanto puede llegarse a la ebullición ya sea por un incremento de temperatura o por una reducción en la presión.

1.3.8 Régimen de flujo de fluidos en tuberías: laminar y turbulento.

Hay dos tipos de flujo de fluidos en las tuberías si la velocidad es pequeña en el fluido existen láminas que se desplazan en líneas rectas, si el caudal se incrementa, estas láminas continúan moviéndose en líneas rectas hasta que se alcanza una velocidad en donde las láminas comienzan a ondularse y se rompen en forma brusca y difusa, a este caso se le llama velocidad crítica; a velocidades mayores que la crítica el movimiento se dispersa de manera indeterminada a través de toda la corriente.

El tipo de flujo que existe a velocidades más bajas que las críticas se conoce como régimen laminar este régimen se caracteriza por el deslizamiento de capas cilíndricas una sobre otra de una manera ordenada.

A velocidades mayores que la crítica el régimen es turbulento en este régimen hay movimiento irregular e indeterminado de las partículas del fluido en direcciones



transversales a la dirección principal del flujo; la distribución de la velocidad en el régimen turbulento es más uniforme que a través del diámetro de la tubería que en régimen laminar a

Figura 1.2 Comportamiento del flujo laminar y flujo turbulento.

Fuente: <http://www.educarchile.cl/ech/pro/app/detalle?id=133173>.

pesar del régimen turbulento en la tubería en las orillas internas del diámetro de la tubería debido a una capa periférica que actúa como flujo laminar.

1.3.9 Número de Reynolds

Fue una investigación realizado por Osborne Reynolds en que demuestra, que régimen actúa en una tubería si es laminar o turbulento, esta determinación se hace en base al diámetro de la tubería, la densidad y viscosidad del fluido y la velocidad del flujo; como resultado de estas cuatro variables es un número adimensional que se conoce como número de Reynolds.

Al número de Reynolds se utiliza para estudios técnicos sobre cómo se considerara el flujo en cuestión si es laminar o si es turbulento y se decide dependiendo del número adimensional si es menor de 2000 es laminar y turbulento si es mayor que 4000.

1.3.10 Fluidos newtonianos y no newtonianos

Los fluidos para los cuales el esfuerzo cortante es directamente proporcional a la rapidez de deformación se denominan fluidos newtonianos. Sin embargo, para algunos fluidos el esfuerzo cortante no puede ser directamente proporcional a la rapidez de deformación. Estos fluidos se clasifican como no newtonianos, por ejemplo, la sangre, ciertos plásticos y mezcla de barro y agua.

Capítulo II Clasificación de tuberías

En este capítulo se hablara sobre las tuberías, tipos, materiales, y características principales de estas así como la clasificación de ellas.

Actualmente nos encontramos rodeados de artículos que permiten obtener alimento, bebida, salud, entretenimiento entre otras cosas más. Todos estos artículos se obtienen mediante procesos y en estos procesos se manejan diversas sustancias líquidas o gases que se utilizan en líneas de proceso y de servicios auxiliares y para esto los equipos, las tuberías, válvulas y accesorios son los objetos que podemos utilizar para facilitar y obtener de una manera más sencilla y práctica estos productos

Las tuberías que se usan en los procesos no suelen ser del todo iguales, a causa de las características del fluido que transportan, es por eso que las tuberías suele clasificarse por el material, cedula, espesores, etc. A continuación se describirán algunos conceptos fundamentales para poder hacer una clasificación de las tuberías.

2.1 Tubo

Es un cilindro hueco, de sección circular y diámetro interno constante y abierto por ambos extremos, que se utiliza en distintas aplicaciones, comúnmente utilizado para transportar un fluido y si es necesario en diferentes condicione. Este tubo puede tener algunas especificaciones como material, diámetro espesor de pared, etc.; estas especificaciones pueden dar seguridad al trasporte de los fluidos. Para poder trasportar los fluidos de un lugar a otro es necesario contar con un sistema de tubos y accesorios, este sistema hará más sencillo el transporte de los fluidos.

2.2 Tubería

La tubería es un ensamble de tubos y componentes de tubería como bridas, accesorios, pernos, juntas, válvulas, usadas para transportar, distribuir, mezclar, separar, descargar, medir, controlar o repulsar los flujos de un fluido. Estas tuberías son de material, diámetro y longitud variable. También incluye soportes de tuberías y otros

elementos necesarios para evitar exceso de presión y una sobrecarga de los componentes que contienen presión. Las secciones de tubería cuando se unen con accesorios, válvulas y otros equipos mecánicos y debidamente apoyados por perchas y soportes, son llamado tuberías. Las tuberías de sección circular son las más frecuentes, ya que ofrece mayor resistencia estructural y mayor sección transversal.

Las tuberías se identifican por su diámetro externo y su espesor; el espesor de una tuberías se expresa por el número de la cedula. Existe una equivalencia entre el número de cedula y la terminología de peso estándar. Por ejemplo cedula 40 es igual peso estándar (S), cedula 80 es igual a peso Extra fuerte (XS), cedula 160 equivale al peso doble extra fuerte (XXS), y cada número de cedula tiene un valor referido a la carga que puede soportar

2.2.1 Sistema de tuberías

Es sistema de tuberías se considera que son las tuberías interconectadas sometidas a las mismas condiciones de diseño

2.3 Tamaños tuberías

Ciertos tamaños de tubería, no son de uso común, por tanto, su disponibilidad es limitada, el tamaño de la tubería representa el diámetro interior aproximado de la tubería en pulgadas (in). Para el sistema internacional (SI) en cm o mm. Para empezar a cada tubería se le fue producido un espesor, dependiendo del proceso, que más tarde se denominó como estándar (STD)

Como los requisitos industriales exigieron el manejo de fluidos de mayor presión, por lo cual los tubos fueron producidos con paredes más gruesas, que llegó a ser conocido como extra fuerte (XS) o extra pesado (XH). Los requerimientos de presión aumentaron aún más, por lo que se requería de tuberías de pared más gruesas en consecuencia, las tuberías se fabrican doble como extra fuerte (XXS) o (XXH).

Con el desarrollo de materiales más fuerte de las tuberías resistentes a la corrosión, la necesidad de tuberías de pared delgada se tradujo en un nuevo método de especificar el tamaño de la tubería y espesor de la pared. La designación se conoce como el

tamaño nominal de la tubería (NPS) y la cedula “espesor de la tubería” en término (SCH) se inventó para especificar el espesor nominal de pared de tubería.

La cedula más común es la cedula 40, y es útil para una amplia gamas de presiones definidas por el código ANSI B36.1, Para tubo ligero de espesor de pared las cedulas serian de 10, 20 y 30, para una tubería de un mayor espesor de pared las cedulas serian 60, 80, 100, 120, 140 160. No todas la cedulas son de uso común después de la cedulas 40, a partir de la cedula 80 suele usarse para maneja altas presiones, antes de empezar a designar a las tuberías de debe comprobar la lista con la presión y la corrosión para estar seguro que hay espesor de pared suficiente.

Por ejemplo, para una tubería de acero al carbono de 3 in diámetro nominal, el espesor de la pared para la cedula 40 es 0,216 in. Si la presión requerida en el sistema necesita 0,200 in de pared y la velocidad de corrosión durante una vida de cinco años requiere 0,125 pulgadas (1/8 in), entonces el 0,200 in + 0,125 in = 0,325 in por lo que la tubería cédula 40 no sería lo suficientemente fuerte al final de cinco años.

A menudo, la corrosión se calcula para 10 a 15-años de vida antes de la sustitución. Actualmente la cedula 80, para un tubo de 3” tiene un espesor de pared de 0.300”, por lo que incluso esto no es lo suficientemente bueno en acero al carbono. En lugar de utilizar la cedulas más pesado de 160, el diseñador debe reconsiderar los materiales de construcción, así como reexaminar los datos de corrosión para estar seguro que no hay errores.

Diámetro nominal (DN) es también un indicador del tamaño de la tubería en el sistema de unidad de medida, desarrollado por la Organización Internacional de Normalización (ISO). Indica el tamaño de la tubería estándar cuando es seguida por el número específico designación del tamaño

Espesor de pared: El mínimo espesor de pared para cualquier tubo sometido a presión interna o externa es una función de:

- a) El esfuerzo permisible
- b) Presión de diseño
- c) Diámetro del diseño del tubo
- d) Diámetro de la corrosión y/o erosión

2.4 Clasificación de tuberías

Es práctica habitual de la industria para clasificar la tubería de acuerdo con el sistema de clasificación de temperatura y presión. Sin embargo, no es esencial que las tuberías se clasifiquen como clase 150, 300, 400, 600, 900, 1500, y 2500. La clasificación de tuberías debe estar regida por el régimen de presión-temperatura de la presión más débil que contiene elemento de la tubería. El elemento más débil en un sistema de tuberías puede ser un accesorio hecha de material más débil o nominal inferior debido al diseño y otras consideraciones

Clase	150	300	400	600	900	1500	2500
PN	20	50	68	110	150	260	420

Tabla2.1 Clases de tuberías en base al ASME B16.5 y correspondiente a la designación PN = presión nominal. Fuente: Nayyar L. M. *PIPING HANDBOOK*. Seventh edition, Editorial McGraw Hill United States of America. (2000)

Además, la tubería puede ser clasificada por otras normas ASME, tales como ASME B16.1, B16.3, B16.24, y B16.42. Un sistema de tuberías puede estar dimensionado para un conjunto único de presiones y temperaturas que no están cubiertos por ninguna norma. La presión nominal (PN) lo que indica la presión nominal aproximado en bares¹.

2.5 Clasificación del sistema de tuberías

Las tuberías que se usan en la industria tiene una amplia aplicación, ya que como se había mencionado por medio de ellas se transportan todos los fluidos. En este apartado se pueden clasificar las tuberías dependiendo de su importancia en la planta de proceso, se dará una breve descripción de la clasificación dentro de una planta de proceso.

2.5.1 Tubería de proceso

Son tuberías de interconexión a equipos de proceso, de cargas a plantas que llegan a los límites de batería y usualmente en su recorrido conectaran a equipos: tuberías de

¹El bar es la unidad de presión y 1 bar es igual a 14.5 psi o 100 kilo pascales (kPa).

productos con recorridos desde recipientes, cambiadores de calor o desde bombas a algún otro equipo mecánico hasta los límites de batería para su conducción a la zonas de almacenamiento.

2.5.2 Tuberías de desfogue

Tuberías individuales o cabezales de alivio, de purga y colectoras de drenaje, con descarga a separadores, quemadores o algún punto en los límites de la planta. Estas tuberías son diseñadas para conducir hidrocarburos normalmente gaseosos ó en fases gas líquido, que son relevados de los dispositivos de seguridad hasta los sistemas de recuperación, tratamiento y/o quemado.

2.5.3 Tuberías de servicios auxiliares

Son tuberías que conducen fluidos para suministrar los servicios de ayuda a los procesos de las industrias como las tuberías de vapor, condensado, aire de planta y de instrumentos, agua para servicio y contra incendios que funcionan como cabezales generales para la distribución de servicios a toda la planta.

2.5.4 Tubería de instrumentos

Tuberías de transmisión de señales neumáticas o eléctricas para registro y/o control. Usadas para conectar instrumentos en tuberías principales o equipo, no incluyendo los que permanecen cerrados y tienen fluidos. Es la tubería que conduce fluidos para accionamiento de los instrumentos de control de una planta, el cual generalmente es aire.

2.6 Accesorios de las tuberías

Cualquier elemento que forma o ensambla (mediante soldadura o cualquier otra unión) un sistema de tubería, circuito de tubería o tuberías. Por ejemplo las válvulas que son elementos para regular o retener el flujo, por otro lado las uniones se lleva a cabo entre dos o más componentes de un sistemas de tubos metálicos o no metálicos mediante los accesorios o mediante los siguientes métodos; roscado, soldado, bridado, a presión en frío (sin flama y sin chispa) electrofusión, termofusión entre otros. El sistema de tuberías que se obtenga de estas uniones será sometida a las mismas condiciones de diseño.

En la industria, las tuberías son los elementos que existen en mayor cantidad, pero no solo se puede considerar a las tuberías para el funcionamiento de una planta; las tuberías son el medio de transporte para los fluidos, pero también este transporte debe ser controlado, porque dependiendo del proceso no toda la tubería podría funcionar al mismo tiempo y para el control de los fluidos en las tuberías existen válvulas y accesorios que al igual que la tuberías existen en mayor cantidad en todas las plantas de proceso. Las conexiones se utilizan para un tramo de un tubo recto y de esta manera hacer que cambie de dirección o crear nuevas corriente por medio de ramales

Los materiales que se utilizan en la fabricación de tuberías también se usan en forma de accesorios. Entre los materiales más utilizados son el hierro dúctil o fundición, hierro maleable, bronce, cobre, acero fundido, acero forjado. Otros materiales de tuberías principales no ferrosos también se producen en la forma de reparto y accesorios se hacen por métodos convencionales de fundición para una variedad de articulaciones incluyendo campana y espiga, empujar-en bridas, y mecánica (de tipo glándula) u otros diseños patentados. En este apartado se dará una breve descripción, sobre las válvulas y accesorios más comunes en los procesos.

2.6.1 Conexiones

Niple: Comúnmente es tramo de tubo de no más 30 cm de largo, con uno o dos extremos para soldar o roscado. La longitud de niples para tubería sin termoaislante, debe ser de 3.5 in a 4 in y para tubería con sistema de termoaislante debe ser de 6 in a 6.5 in. El diámetro mínimo permitido es de $\frac{3}{4}$ in, para las conexiones de instrumentos puede ser de $\frac{1}{2}$ in, si se necesita un niple reducción cuando sea un requerimiento particular de la EMT se debe de basar en la norma (MSS SP – 95:2006 o equivalente)

Cople: Conexión para unir dos tramos de tubo, puede ser con extremos de rosca o para soldar.

Tee: Elemento de tubería como su nombre los dice en forma de “T” que sirve para hacer una derivación en la tubería principal.

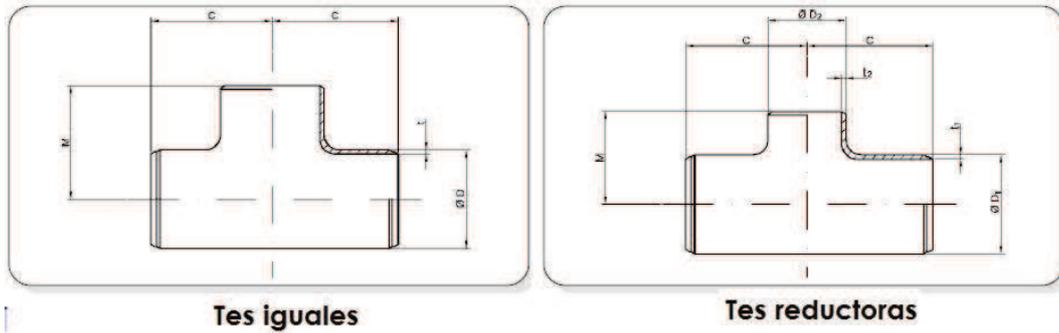


Figura 2.1 Tipos de TEE. Fuente: Catalogo Tubos y accesorios en acero al carbono soldado y sin soldadura Normas EN (DIN) y ASTM. Tubasol S.A

Reducción: Conexión utilizada en tuberías de más de 2" de diámetro, generalmente de extremos biselados

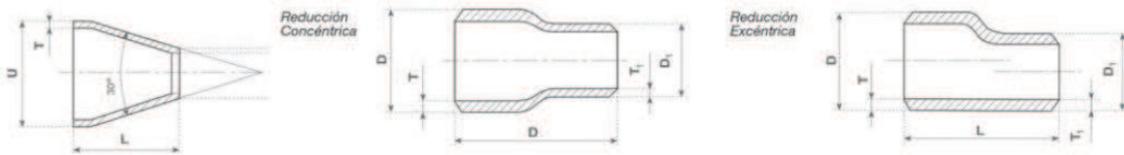


Figura 2.2 Tipos de Reductores. Fuente: Catalogo Tubos y accesorios en acero al carbono soldado y sin soldadura Normas EN (DIN) y ASTM. Tubasol S.A

Codo: Conexión forjada, prefabricada de 45°, 90° y 180°, con extremos soldables, roscados o caja para soldar, su aplicación facilita cualquier cambio en la dirección del sistema. Por su radio, que es la dimensión que va de su vértice hasta un de sus arcos, pueden clasificarse en codos de radio corto o largo, codo reductor, mitrado (a gajos), dobles de tres, cuatro o cinco diámetros, de retorno y extra largo.

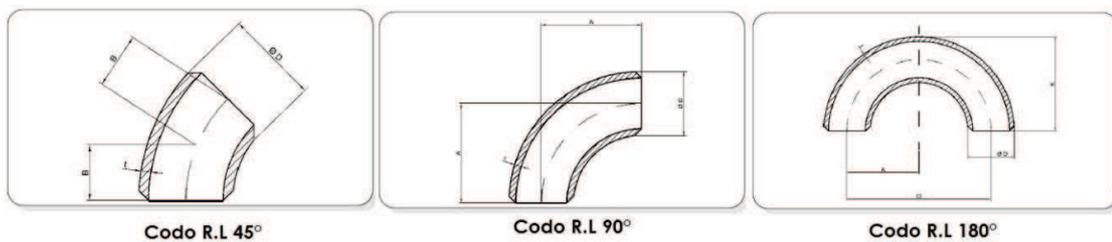


Figura 2.3 Tipos de codos de radio largo de 45°, 90° y 180°. Fuente: Catalogo Tubos y accesorios en acero al carbono soldado y sin soldadura Normas EN (DIN) y ASTM. Tubasol S.A

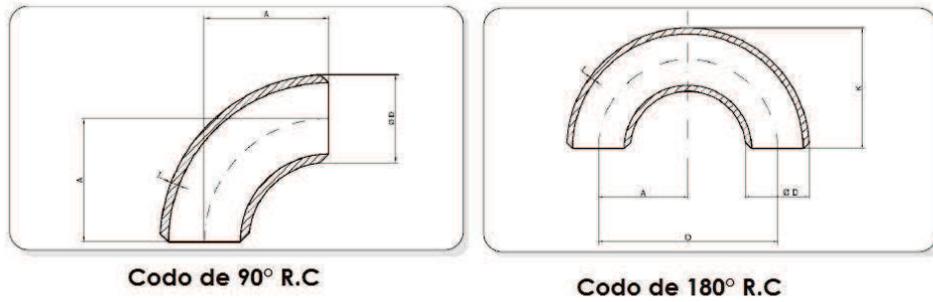


Figura 2.4 Tipos de codos de radio largo de 90° y 180°. Fuente: Catalogo Tubos y accesorios en acero al carbono soldado y sin soldadura Normas EN (DIN) y ASTM. Tubasol S.A

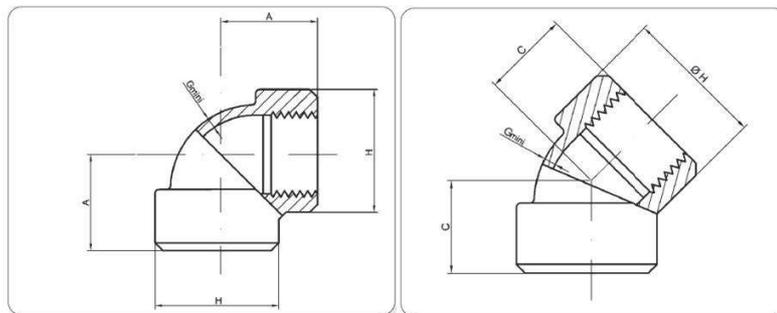


Figura 2.5 Codos roscados de 45° y 90°. Fuente: Catalogo Tubos y accesorios en acero al carbono soldado y sin soldadura Normas EN (DIN) y ASTM. Tubasol S.A

Tuerca unión: Conexión para diámetros menores la cual tiene una aplicación restringida en varias especificaciones por ser una conexión roscada, su uso facilita la unión de equipos.

Reducción bushing: Conexión roscada interior y exteriormente. Su aplicación en la de conectar tuberías roscadas de diferente diámetro.

Tapón cachucha: conexión utilizada al final de un tramo de tubería para obstruir el flujo.



Figura 2.6 Tapón tipo cachucha. Fuente: Catalogo Tubos y accesorios en acero al carbono soldado y sin soldadura Normas EN (DIN) y ASTM. Tubasol S.A

Tapón macho: Cuenta con rosca tipo macho, una de sus funciones es taponear en sistemas donde se requiere seguridad por escurrimientos, de alta presión o con fluidos difíciles de contener principalmente venteo, drenajes para pruebas hidrostáticas.

Silleta: Conexión utilizada para reforzar ramales evitando rupturas por momentos y esfuerzos entre cabezal y ramal.

Sockolet: Accesorio para conexión a ramal con un extremo para inserción y soldable del ramal, y otro para unir el cabezal mediante soldadura, su función es reforzar un ramal evitando ruptura por momentos y esfuerzos entre cabezal y ramal.

2.6.2. Tipos de extremos en Válvulas, Conexiones y tuberías.

Extremos roscados: Se usan básicamente en diámetros menores a 1 ½". En tubería, conexiones y válvulas. Empleados en servicios moderados de temperatura y presión y para fluidos no corrosivos, en las válvulas es común usar roscas tipo hembra.

Extremos inserto soldable (socket – Weld): En general los extremos soldados son lo que ofrecen mayor hermeticidad al sistema.

Extremos planos o lisos: Se emplean únicamente en tuberías para conectar a válvulas y/o conexiones con extremos inserto soldable.

Extremos biselados o soldables a tope: Son los de mayor hermeticidad, utilizados normalmente en tubería y conexiones de 2" de diámetro y mayores, en válvulas el uso no es muy común. Son recomendados para presiones y temperaturas altas.

Extremos bridados: Usados normalmente en válvulas de 2" de diámetro en adelante, en conexiones que requieren continuo desmantelamiento, para conectar equipos y donde no es posible usar conexiones soldables por el tipo de material.

Extremos de campana y espiga: Este tipo de extremo es común emplearlo en sistemas como drenajes, conductos de agua, etc.

2.6.3 Bridas

Las bridas sirven de elemento de unión en los casos en los que no se desea una conexión permanente debido a que puede ser necesario desconectar esas uniones para mantenimiento de la línea o de los equipos, sustitución de válvulas o cualquier otra operación. Existen de varios tipos (brida ciega, de cuello, roscada, de enchufe y soldadura, etc.).



Imagen 2.7 Tipos de bridas.

Fuente: <http://www.cabox.com.mx/page17.html>. Consultado 16/04/14

Este elemento son accesorios que establece la unión de válvulas, equipos y tuberías, con dos de estos elementos, además de un empaque o dispositivo que sirve para evitar fugas. La ventaja de estas conexiones es que permite el rápido montaje y desmontaje de equipos.

Bridas roscada: Es una brida que se une a la tubería por medio de rosca con el fin de conectar un accesorio o equipo bridado y no necesita soldadura. Son usadas en servicios con presión y temperatura moderada y poca corrosión. No adecuada para

servicios que implique fatigas térmicas, ni en condiciones cíclicas donde puede haber fuga a través de las cuerdas.

Bridas Deslizable o corrediza: Preferidas sobre las de cuello soldables por su menor costo, menor precisión requerida al cortar los tubos y mayor facilidad al ensamblar.

Bridas de cuello soldable: La brida termina en un cubo cónico que coincide con la tubería a la cual se une por soldadura, por lo cual se debe de especificar la cédula con el objetivo que coincida con la tubería. Es recomendable para condiciones de servicios severas, para manejo de líquidos explosivos, inflamables o costosos.

Bridas de traslape: Recomendadas para diámetros grandes, en los que la posibilidad de girar la brida es importante ya que no es necesario nivelan los orificios para colocar los tornillos.

Bridas de inserto soldable: Utilizada para diámetros pequeños, tiene dos diámetros interiores escalonados, uno de orificio de conducción igual al diámetro interno del tubo al cual se conecta y otro un poco mayor que el diámetro exterior del tubo, su unión se hace por soldadura exterior del tubo. Se recomienda que se use para servicios de alta presión y temperatura.

Brida ciega: Placa circular que obtura el flujo, se usa principalmente en válvulas, boquillas, cabezales y conexiones futuras, se une mediante tornillos, colocada conjuntamente con otro tipo de brida de igual cara, diámetro y resistencia.

Brida de orificio: Este tipo de brida es básicamente igual a la de cuello soldable, deslizables y roscada excepto que esta brida tiene una conexión roscada o de inserto soldable perpendicular al flujo.

A parte de la función de la bridas esta deben de tener una forma tal que sea de fácil ensamble y que proporcionen mayor resistencia y aseguramiento a la conexión de tubos. Las caras de las bridas están determinados por el grado de sellado que se requiere en la junta, a continuación se dará una la lista del tipo de cara en bridas:

- Cara plana
- Cara realzada

- Cara tipo anillo
- Cara tipo macho y hembra
- Cara tipo ranura de empaque

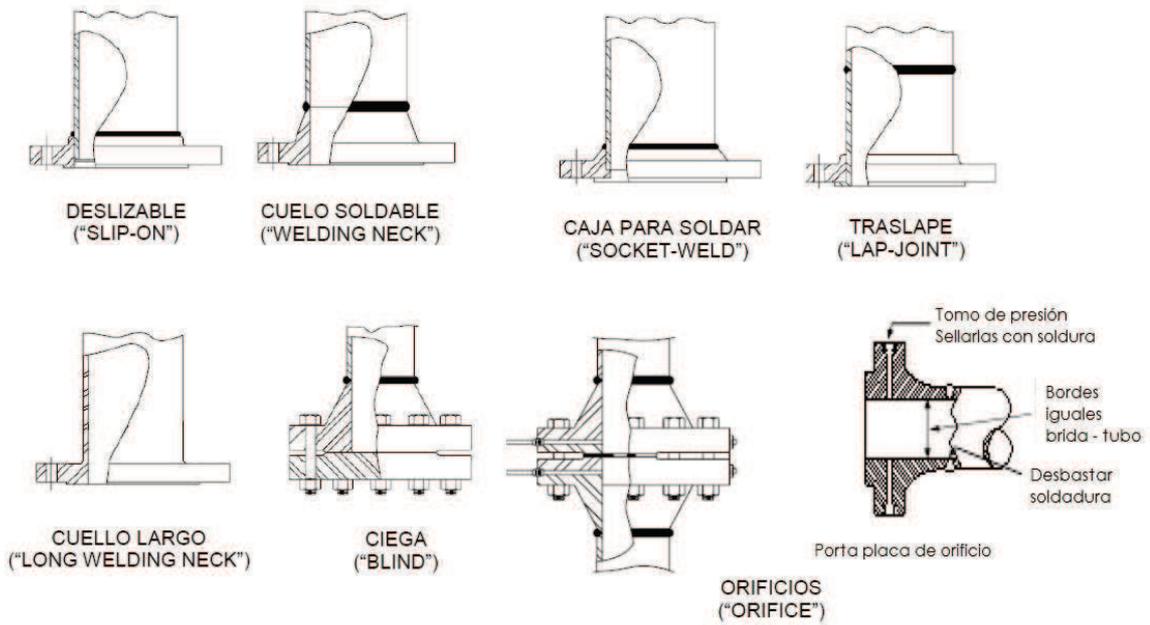


Figura 2.8 Tipos de bridas

Fuente: NRF 035 PEMEX. *Sistemas de tuberías en plantas industriales instalación y prueba*. México (2012)

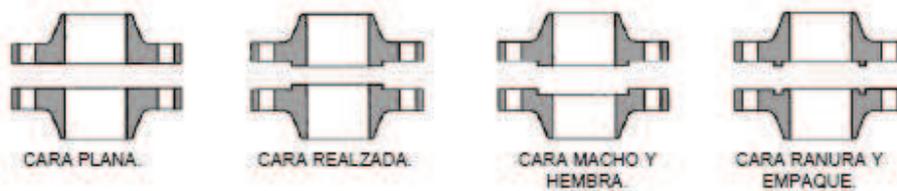


Figura 2.9 Tipos de caras en la bridas.

Fuente: NRF 035 PEMEX. *Sistemas de tuberías en plantas industriales instalación y prueba*. México (2012)

2.6.4 Juntas o empaques

Los materiales de junta son seleccionados por su resistencia química y presión al fluido en el tubo y su resistencia al deterioro por la temperatura. Los materiales pueden ser metálicos o no metálicos. Los materiales metálicos están cubiertos por la norma ASME B16.20. Bridas. Juntas no metálicas se cubren en ASME B16.21, no metálicos.

Aun cuando las tuberías proporcionan una ventaja muy grande al transportar cualquier tipo de sustancia líquida o gaseosa, se debe de tener medidas preventivas o de seguridad para evitar fugas; es por eso que en válvulas y conexiones siempre se debe de verificar que tengan un sello para impedir que el fluido se escape y provoque accidentes. Todo esto se puede evitar recurriendo al uso de empaques o juntas. La junta o empaque se emplea como envolvente externo, evita la corrosión en tornillos tuercas y podría ser a la propia brida, para las juntas o empaques también existen muchas variedades, a continuación se dan algunas características de algunas juntas.

Planas: Son utilizadas para servicios generales dentro de cualquier proceso, no cuenta con ninguna especificación por lo que su uso es limitado. Su material de fabricación es de papel tejido o de goma, solo soporta temperaturas hasta 120 °C.

Junta de anillo o Ring Joint: Es fabricada de materiales metálicos, su uso principal es para trabajar en la industria petroquímica debido al manejo de alta presión y temperatura.

Junta enchaquetada: Cuenta con chaqueta metálica que envuelve el materia de relleno y sirve de protección frente a altas temperaturas y presiones, a si como la corrosión.

2.6.5 tonillos y espárragos

En el sistema de tuberías para servicios de alta y baja temperatura, que contiene juntas bridadas se requiere de uso de espárragos, tornillos o tuercas. El más común es un modificación del tornillo ordinario, de acero al carbón con cabeza cuadrada o hexagonal, otro es llamado esparrago que consiste en un perno totalmente roscado con dos tuercas hexagonales

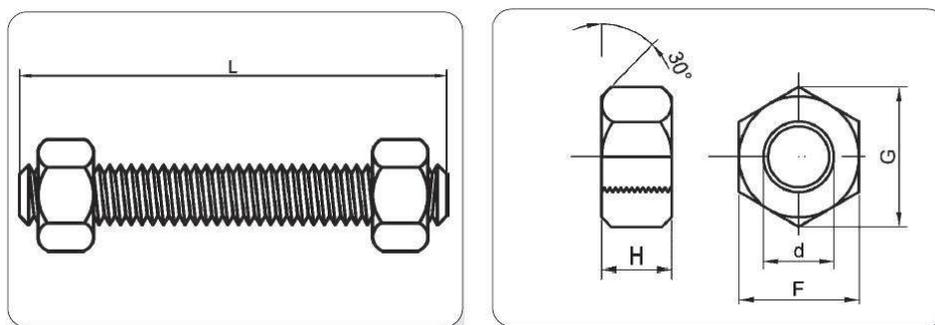


Figura 2.10 Espárragos.

Fuente: Tubacero, S.A. Catalogo General Lloyd's Register Quality Assurance

2.7 Válvulas

Al igual que las tuberías, para las válvulas existe una gran variedad de diseños. Y estas se pueden clasificar por su función, material, diámetro y resistencia.

La válvula es de los accesorios más importantes, puede representar alrededor del 22% del desembolso total en materiales y equipos. Se consigue una cantidad ilimitada de materiales y diseños. (Notas de Ingeniería de Procesos)

Las válvulas regulan y controlan el flujo, desde cero (totalmente cerrada) hasta flujo total, pasando por todas las posiciones intermedias, pueden prevenir la inversión de flujo, estas puedes controlar la dirección del flujo. Las válvulas usadas para regular el flujo, también conocida como bloqueo o cierre, es la de compuerta, tipo macho y de bola; para servicio de estrangulación se tiene las válvulas de globo, mariposa, de diafragma y de compresión; para prevención de flujo inverso se utiliza la de retención check. Existen otro tipo de válvulas para alivio de presión que son las de relevo, de seguridad.

2.7.1 Clasificación de válvulas

Las siguientes son algunas de las clasificaciones de la válvula de uso general:

La clasificación basada en el movimiento mecánico

Basado en el movimiento mecánico o cíclico del miembro de cierre de la válvula, las válvulas se clasifican como sigue:

Las válvulas de movimiento lineal: Las válvulas en las que el elemento de cierre, como en la compuerta, globo, diafragma, pellizco, y las válvulas de retención de elevación, se mueven en una línea recta que permita, suspender y estrangular el flujo.

Válvulas de Rotar y Movimiento: Cuando el miembro de cierre de válvula se desplaza a lo largo de una trayectoria angular o circular, como en mariposa, bola, tapón, válvulas anti retorno excéntricos y de swing.

2.7.2 Válvulas de compuerta

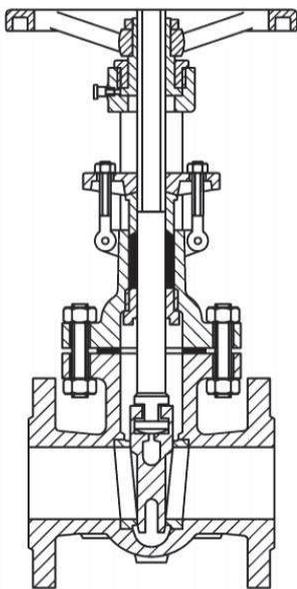


Figura 2.11 Válvula de compuerta*.

Las válvulas de compuerta superan en número a los otros tipos de válvulas en servicios donde se requieren circulación ininterrumpida y poca caída de presión, estas válvulas no se recomiendan para estrangulación porque la compuerta y el sello tienden a sufrir erosión rápida cuando restringen la circulación y producen turbulencia con la compuerta parcialmente abierta.

Cuando la válvula está abierta del todo, se eleva por completo la compuerta fuera del conducto del flujo, por lo cual el fluido pasa en línea recta por un conducto que suele tener el mismo diámetro que la tubería. Las características principales del servicio de las válvulas de compuerta incluyen: cierre completo sin estrangulación, operación poco frecuente y mínima resistencia a la circulación

Los principales elementos estructurales de la válvula de compuerta, como se ilustra en la siguiente figura, son: volante, vástago, bonete, compuerta, asientos y cuerpo. Estas válvulas están disponibles con vástagos de los siguientes tipos:

- Vástago no elevable, con rosca interna, tiene ventajas cuando hay poca altura.
- Vástago elevable con rosca externa que requiere más espacio libre, pero impide que la rosca esté en contacto con los fluidos del proceso.
- Vástago elevable con rosca interna, que expone la rosca del vástago a los líquidos del proceso; por tanto, no se debe usar con líquidos corrosivos.

* Fuente. Tubacero, S.A. Catalogo General Lloyd's Register Quality Assurance

Para los bonetes están las válvulas de compuerta con:

- Bonetes con rosca interna o externa para válvulas pequeñas y servicio a baja presión.
- Bonetes con unión para válvulas pequeñas donde se necesita mantenimiento frecuente.
- Bonetes con brida y atornillados para válvulas grandes y servicio a presión y temperatura altas.
- Bonetes con abrazadera en válvulas para presión moderada, donde se necesita limpieza frecuente.
- Bonetes sellados de presión para servicio con altas presiones y temperaturas.
- Bonetes con sello de pestaña para altas presiones y temperaturas.
- Bonetes con cierre de obturador para presión y temperatura altas.

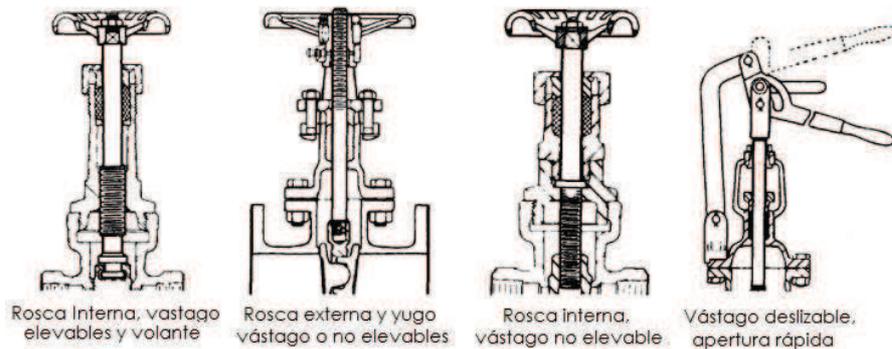


Figura 2.12 Tipos de válvula de compuerta. Fuente: Greene. R. W. *Válvula, selección, uso y mantenimiento*. México. McGraw-Hill

2.7.3 Válvula macho

El uso principal de estas válvulas, y al igual que las válvulas de compuerta, es en servicio de corte y sin estrangulación. Dado que el flujo por la válvula es suave e ininterrumpido, hay poca turbulencia dentro de ella y, por tanto, la caída de presión es baja. Las ventajas principales de las válvulas de macho son acción rápida, operación sencilla, espacio mínimo para instalación y cierre hermético cuando tienen macho cónico. Hay dos tipos principales de válvulas de macho: lubricados para evitar las fugas entre la superficie del macho y el asiento en el cuerpo y reducir la fricción

durante la rotación, y los no lubricados en que el macho tiene un revestimiento que elimina la necesidad de la lubricación.

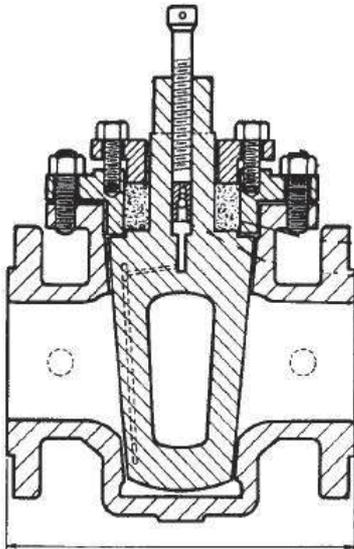


Figura 2.13 Válvula tipo macho

Los principales servicios de las válvulas de macho incluyen apertura o cierre total sin estrangulación; tienen mínima resistencia al flujo; son para operación frecuente y tienen poca caída de presión. Los componentes básicos son el cuerpo, el macho y la tapa.

Las dos categorías principales de las válvulas de macho son circulación rectilínea y orificios múltiples. El macho de circulación rectilínea es cónico o cilíndrico y los orificios son de diferentes diseños, como sigue:

- Orificio redondo completo. Tiene una abertura para toda la cavidad en el macho y el cuerpo.
- Orificio rectangular. Tiene orificios de tamaño completo, por lo general rectangulares y con una apertura mínima del 70% del tamaño de la tubería.
- Orificio de venturi. Tiene aberturas redondas o rectangulares con superficie reducida y con flujo de venturi en el cuerpo.
- Orificio de rombo. La abertura del macho es en forma de rombo.

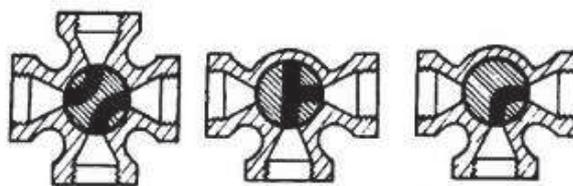


Figura 2.14 Tipos de válvula macho. Fuente: Greene. R. W. *Válvula, selección, uso y mantenimiento*. México. McGraw-Hill

2.7.4 Válvulas de bola

Las válvulas de bola, básicamente, son válvulas macho modificadas. Su empleo estaba limitado debido al asentamiento de metal contra metal, que no permitía un cierre a prueba de burbujas. Los adelantos en los plásticos han permitido sustituir los asientos

metálicos con los de plastómeros y elastómeros modernos. Estas válvulas se utilizan en forma principal para el servicio de corte y no son satisfactorias para estrangulación.

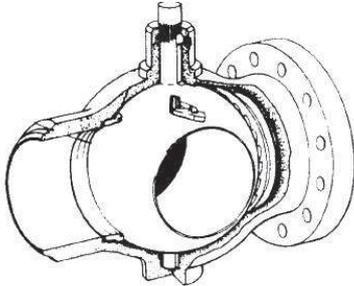


Figura 2.15 Válvula de bola

Son rápidas para operarlas, de mantenimiento fácil, no requieren lubricación, producen cierre hermético con baja torsión y su caída de presión es función del tamaño del orificio. Estas válvulas están limitadas a las temperaturas y presiones que permite el material de asiento. No están limitadas a un fluido en particular, se pueden emplear para vapor, agua, aceite, gas, aire, fluidos corrosivos, pastas aguadas y materiales pulverizados secos.

Los principales componentes de estas válvulas son el cuerpo, el asiento y la bola. Hay dos tipos principales de cuerpos para válvulas de bola: entrada superior y cuerpo dividido. En el de entrada superior, la bola y los asientos se instalan por la parte superior. En el de cuerpo dividido, la bola y asientos se instalan desde los extremos.

Los materiales más comunes para los asientos de las válvulas de bola son TFE, Nylon, buna-N y Neopreno, aunque su uso está limitado por las temperaturas. Se han producido asientos de gráfita para temperaturas hasta de 1 000°F.

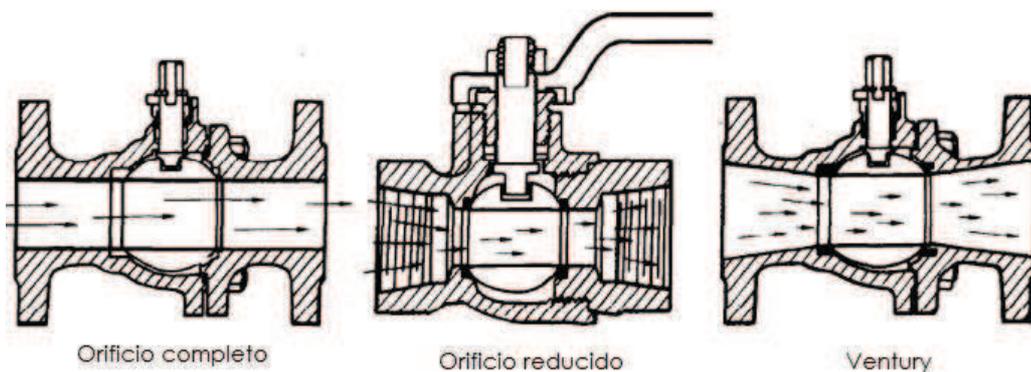


Figura 2.16 Tipos de válvula de bola. . Fuente: Greene. R. W. *Válvula, selección, uso y mantenimiento*. México. McGraw-Hill

2.7.5 Válvulas de globo

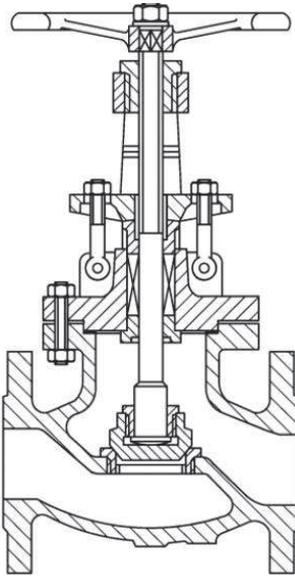


Figura 2.17 Válvula de globo*

Son para uso poco frecuente. Cierre positivo. El asiento suele estar paralelo con el sentido del flujo; produce resistencia y caída de presión considerables.

Estas válvulas se utilizan para cortar o regular el flujo del líquido y este último es su uso principal. El cambio de sentido del flujo en la válvula ocasiona turbulencia y caída de presión. La principal características de las válvulas de globo incluyen operación frecuente, estrangulación al grado deseado de cualquier flujo, cierre positivo para gases y aire, y alta resistencia y caída tolerable depresión en la línea.

Los principales componentes usuales en la válvula son: volante, vástago, bonete, asientos, disco y cuerpo. Por lo general se disponen vástago de los siguientes tipos:

- Vástago elevable con rosca interna; no se debe de utilizar en tuberías que manejan material corrosivo por que las roscas de los vástagos solo tienen protección parcial.
- Vástago elevable con rosca externa.
- Vástago deslizable para apertura y cierres rápidos.

Hay disponibles los siguientes tipos de bonetes:

- Bonetes de rosca interna y externa para válvula pequeñas, cuando existen bajas temperaturas u presiones.
- Bonetes de unión para válvulas pequeñas, cuando se requiere desarmarlas con frecuencia
- Bonete con brida, atornillado para válvulas grandes y presiones o temperaturas altas. La junta del bonete sella la unión entre el cuerpo y el bonete.
- Bonete sellado a presión para servicio a temperaturas y presiones.
- Bonete sellado a presión para servicio a altas temperaturas y presiones.

* Fuente: Tubacero, S.A. Catalogo General Lloyd's Register Quality Assurance

2.7-6 Válvulas de aguja

Estas válvulas son, básicamente, válvulas de globo que tienen un macho cónico similar a una aguja, que ajusta con precisión en su asiento. Se puede tener estrangulación exacta de volúmenes pequeños porque el orificio formado entre el macho cónico y el

asiento cónico se puede variar a intervalos precisos y pequeños.

Los materiales de construcción suelen ser bronce, acero inoxidable, latón y otras aleaciones. Los extremos suelen ser roscados

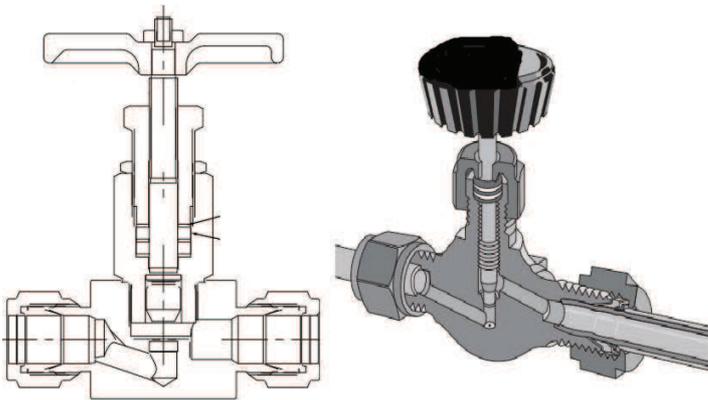


Figura 2.18 Válvula de Aguja

y sus tamaños van de 1/8 a 1 in. Por lo general no se

usan materiales de construcción de bajo precio debido a que el maquinado con tolerancias muy precisas hace que la mano de obra influya mucho en el costo.

2.7.7 Válvulas de ángulo

Son, en esencia, iguales que las válvulas de globo. La diferencia principal es que el

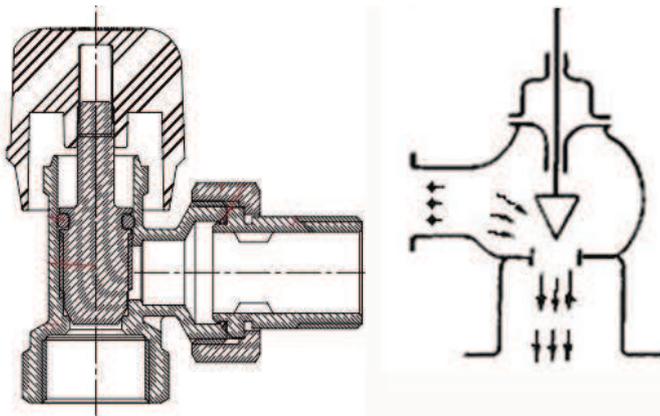


Figura 2.19 Válvula de ángulo

flujo del fluido en la válvula de ángulo hace un giro de 90°.

Su empleo principal es para servicio de estrangulación y presentan menos resistencia al flujo que las de globo. Al abrirlas, el vástago gira y se mueve hacia afuera. Los componentes de la válvula de

ángulo son los mismos para el vástago, disco y anillos de asiento que en las de globo.

El eje del vástago está alineado con uno de los extremos.

2.7.8 Válvulas de tipo Y

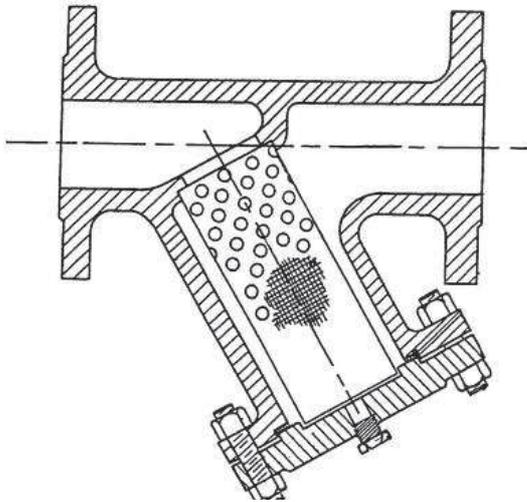


Figura 2.20 Válvula tipo "Y"

Las válvulas en Y, que son una modificación de las válvulas de globo, tienen el conducto rectilíneo de una válvula de compuerta. El orificio para el asiento está a un ángulo de unos 45° con el sentido de flujo. Por tanto, se obtiene una trayectoria más lisa, similar a la de la válvula de compuerta y hay menor caída de presión que en la válvula de globo convencional; además, tiene buena capacidad para estrangulación.

Los componentes de la válvula en Y son vástago, disco y anillo de asiento, como en las válvulas de globo. Los materiales con que se fabrican y sus tamaños son más o menos los mismos que en las de globo. Cualquier especificación de válvula de globo se puede satisfacer con la válvula en Y.

2.7.9 Válvulas de mariposa

Las válvulas de mariposa es uno de los tipos más antiguos que se conocen. Son sencillas, ligeras y de bajo costo. El costo de mantenimiento también es bajo porque

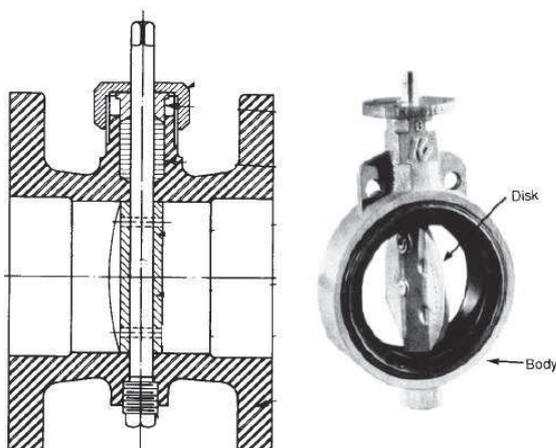


Figura 2.21 Válvula de Mariposa

tienen un mínimo de piezas móviles. El uso principal de las válvulas de mariposa es para servicio de corte y de estrangulación cuando se manejan grandes volúmenes de gases y líquidos a presiones relativamente bajas.

El diseño abierto de flujo rectilíneo evita la acumulación de sólidos y produce baja caída de presión. Su operación es fácil y rápida con una manija. Es posible moverla desde la apertura total hasta el cierre total con gran

rapidez. La regulación del flujo se efectúa con un disco de válvula que sella contra un asiento. Las principales características de los servicios de la válvula de mariposa incluyen apertura total, cierre total o estrangulación, operación frecuente, cierre positivo para gases o líquidos y baja caída de presión.

La válvula se controla con un disco que tiene más o menos el mismo diámetro que los tubos que la conectan. Los principales elementos estructurales de la válvula de mariposa son el eje (flecha), el disco de control de flujo y el cuerpo. Hay tres tipos principales de cuerpo:

- Tipo de disco plano (tipo de oreja). Esta válvula sólo está sujeta entre dos bridas de tubo con tornillos que unen las bridas y pasan por agujeros en el cuerpo de la válvula.
- Tipo con brida. Esta brida tiene extremos con brida que se unen con las bridas de los tubos.
- Tipo de rosca. Esta válvula se atornilla directamente en el tubo.

2.7.10 Válvulas de diafragma

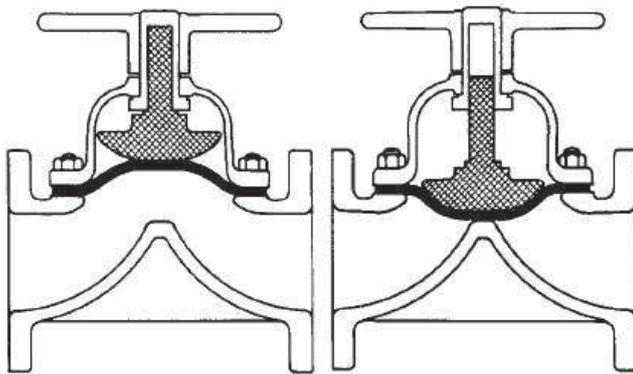


Figura 2.22 Válvula de diafragma abierta y cerrada

Las válvulas de diafragma se utilizan en servicios para corte y estrangulación y desempeñan una serie de servicios importantes para el control de líquidos. En las válvulas de diafragma, éste aísla el líquido que maneja, del mecanismo de operación. Los líquidos no pueden tener contacto con las

piezas de trabajo en donde ocasionarían corrosión y fallas en servicio.

Cuando se abre la válvula, se eleva el diafragma fuera de la trayectoria de flujo y el líquido tiene un flujo suave y sin obstrucciones. Cuando se cierra la válvula, el diafragma asienta con rigidez contra un vertedero o zona circular en el fondo de la

válvula. Las aplicaciones principales de las válvulas de diafragma son para bajas presiones y con pastas aguadas que obstruirían o corroerían las piezas funcionales de la mayor parte de otros tipos de válvulas.

Los componentes principales son el cuerpo, el bonete y el diafragma flexible. Los dos tipos generales de cuerpos son el rectilíneo y el de vertedero.

2.7.11 Válvulas de retención o check

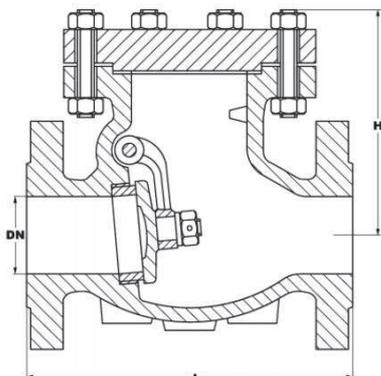


Figura 2.23 Válvula de retención*

Las válvulas de retención (check) son integrales y se destinan a impedir la inversión del flujo en una tubería. La presión del fluido circulante abre la válvula; el peso del mecanismo de retención y cualquier inversión en el flujo la cierran. Los discos y componentes móviles relativos a los mismos pueden estar en movimiento constante si la fuerza de la velocidad no es suficiente para mantenerlas en su posición estable de apertura total.

Hay diferentes tipos de válvulas de retención y su selección depende de la temperatura, caída de presión que producen y la limpieza del fluido

- La válvula de retención de bisagra (columpio) abre con la presión en la tubería pues el flujo en sentido normal hará que el disco oscile y se separe del asiento. Se cierra cuando se reduce la presión y llega a cero.
- La válvula de retención de bisagra se utiliza con bajas velocidades de fluido con inversiones de flujo poco frecuentes; en algunos sistemas se utilizan en combinación con válvulas de compuerta.
- Las principales características de estas válvulas de retención son mínima resistencia al flujo, servicios de baja velocidad y con cambios de dirección poco frecuentes.

Los componentes principales de estas válvulas son el cuerpo, disco, pasador oscilante y tapa. Hay dos tipos principales de cuerpos: en Y y rectilíneos

* Fuente: Tubacero, S.A. Catalogo General Lloyd's Register Quality Assurance

2.7.12 Instalación de válvulas

A continuación se dará una breve descripción sobre la instalación de las válvulas

- Las válvulas DN 450 (NPS 18) o mayores, se deben instalar sobre apoyos a cada lado de la válvula sobre la tubería, para evitar transmitir esfuerzos a los espárragos o a las terminales de la válvula.
- La válvula no se debe utilizar para soportar el peso de las tuberías.
- Se debe instalar la válvula de bola en posición "abierta" (100%). Las válvulas de compuerta se deben instalar en posición de cerrado.
- Las válvulas que se instalen en el interior de registros, deben tener facilidades para su inspección, operación, pruebas y mantenimiento. Dichos registros se deben construir para proteger la tubería y la válvula contra movimientos de tierra, acumulación de agua y bajas temperaturas y se deben cubrir con tapas que eviten el paso del agua al interior.
- No se deben realizar trabajos de soldadura o tratamiento térmico posterior a la soldadura en tuberías con las válvulas montadas, a menos que se tenga una distancia tal en que la temperatura de los trabajos no afecte a sus internos. En caso de válvulas con extremos soldables se debe retirar el medio cuerpo con sus internos antes de soldar o realizar tratamiento térmico posterior a la soldadura.
- La instalación de válvulas bridadas debe cumplir con el Apéndice E de ASME PCC-1-2010 o equivalente y las recomendaciones del fabricante de las válvulas.
- Las válvulas antes de su instalación en un sistema de tubería se deben probar para verificar la hermeticidad de los asientos, en posición abierta o posición cerrada conforme a lo que se indica en los numerales 2.5.3, 7.1 y 7.2 del ASME B16.34-2009 y API STD 598-2009 o equivalentes.
- Posterior a las pruebas de hermeticidad en el Sitio de la Obra, las válvulas se deben drenar y limpiar completamente, así como identificar de forma permanente e indeleble previa a su instalación, para indicar que se pueden utilizar para su montaje.

2.8 Ingeniería de tuberías

En una planta en donde se manejan fluidos ya sea líquidos o gaseosos, el diseño de tuberías requiere de la mayor cantidad de personal, debido a que es necesario elaborar los dibujos en todas y cada una de las líneas de tubería, que llegan a los equipos en base a los dibujos de las plantas y elevaciones o maqueta constructiva que es un modelo a escala de la planta, que también elabora el grupo de diseño de tuberías.

Cuando se dimensionan tuberías para el transporte de un fluido generalmente se emplean tuberías nuevas o tuberías existentes que presentan efectos de envejecimiento. Las plantas de procesos comprenden virtualmente todos los servicios de tuberías y en la mayoría de ellos, la tubería reviste una importancia económica ya que llega a representar del 30% al 50% del costo de la planta, así mismo en la fase de ingeniería de detalle, el diseño de tubería representa hasta el 50% del total de todas las horas hombre de un proyecto. (Notas de Ingeniería de Proyectos)

Con base en lo anterior se requiere que el diseño de tuberías sea eficiente, apropiado y económico. Para ello el personal debe tener amplia experiencia y conocimientos de los equipos y el proceso involucrado.

2.9 Especificaciones de tubería

En este documento de ingeniería se contiene toda la información técnica de los materiales de construcción de todos los accesorios de tubería (tubo, niples, juntas, tornillería, uniones, conexiones, válvulas) de acuerdo al servicio manejado, diámetro y condiciones de diseño, este documento es indispensable para elaborar la lista de materiales y para elegir el tipo de tubería, válvulas y accesorios a emplear.

2.10 Fundamentos para la especificación de los materiales de tubería

Para la elaboración de una nueva planta industrial ya sea de alimentos, farmacéutica, etc.; los elementos que tiene una importante actividad son las tuberías por su función como medio de transporte para los fluidos, por lo cual la especificación de material nos proporcionara información para el diseño, adquisición e instalación para los equipos de la planta. Para seleccionar de manera precisas cada elemento que integran a un

sistema de tuberías primero se debe hacer una especificación de los materiales tomando que cuenta que se debe definir y hacer una serie de consideraciones por ejemplo la relación presión-temperatura que si no se tiene un buen control de estos dos aspectos nos podrían ocasionar problemas.

2.10.1 Materiales

En la fabricación/construcción, montaje / instalación de las tuberías se deben utilizar sólo materiales nuevos, los que debe de cumplir con la correspondiente especificación de materiales de tubería (EMT). La **Especificación de materiales de tubería (EMT)** es un documento que establece el conjunto de componentes de tubería, sus materiales, clase, características y requerimientos constructivos para el manejo de un servicio dentro de un rango de operación determinado (presión - temperatura).

El problema de la corrosión en algunos metales y sus aleaciones puede ser grave en muchos casos. La mayoría de estos casos pueden prevenirse escogiendo adecuadamente los materiales dentro de una gama muy amplia. Entre ellos no están solamente los metales sino también los plásticos, entre otros más. Por lo tanto los materiales que se especifiquen deberán de satisfacer los requerimientos de procesos tales como la resistencia mecánica, resistencia a la corrosión dureza, ductilidad, etc.; y estar bajo presión y temperatura requeridas.

Los materiales usuales son: acero, acero inoxidable, aluminio, plomo, asbesto, cemento, cobre, concreto, hierro forjado, hierro fundido, hierro negro, latón, cerámica vitrificada, plásticos y vidrio.

Dado la amplia cantidad de materiales usados dentro de la industria para equipos y más para tuberías, los materiales se pueden englobar en dos grupos en metálicos y no metálicos. Dentro de los metálicos están los ferrosos o aceros y los no ferrosos tales como magnesio, cobre, níquel, entre otros más, en el grupo de los materiales no metálicos se encuentran los plásticos y cerámicos.

Hay que tener en cuenta que las tuberías se deben habilitar, fabricar o construir por un grupo de materiales, con las precisiones necesarias para que no se contaminen, y también se deben de mantener limpias y protegidos contra el ambiente.

2.10.2 Tipos de materiales

2.10.2.1 Materiales metálicos en tuberías

El uso de materiales metálicos en ingeniería es importante ya que facilitan de una manera más eficiente el trabajo y ofrecen mayor resistencia a muchas condiciones, ya que tienen un conjunto común de propiedades que los hacen más útiles en casi todas las aplicaciones cotidianas e industriales, entre esas propiedades se encuentran la resistencia a la corrosión, al desgaste y choque, su ductilidad, dureza, conductividad eléctrica y térmica, entre otras.

Los metales no se utilizan por lo general en su forma pura, más bien, los elementos secundarios se añaden a propósito para mejorar o modificar su comportamiento. Esta adición de elementos secundarios se llama de aleación,

Los metales ferrosos tienen como base en su composición hierro, son los más importantes en la fabricación de tuberías y en función de la importancia que el hierro guarda en su composición; se mencionan a continuación algunas características generales de él.

Aleaciones ferrosas (Ferrous Metals)

El hierro les confiere cierta resistencia y propiedades a estas aleaciones pero éste no es el único elemento de aleación importante ya que también se adiciona níquel, cromo, molibdeno, etc.; que le proporciona diversas ventajas dependiendo de la necesidad del servicio. Por ejemplo:

- ***Hierro fundido (Cast Iron)***

Dicha aleación contiene cantidades apreciables de carbono, por lo regular 2.5% y otros elementos como el silicio con un porcentaje de 1 a 3%. Las propiedades que lo caracterizan son: Alto porcentaje de resistencia y dureza y se puede alear para producir excelente resistencia al desgaste, abrasión y corrosión.

Las tuberías y conexiones de hierro fundido se pueden almacenar en el exterior y no requieren de una cubierta especial para protegerlos de los elementos contaminantes.

La norma de referencia que se puede utilizar para el hierro fundido es la norma ASTM en las siguientes clasificaciones: [Referencia Hierro Fundido Manual técnico y de instalaciones]

- ❖ A 74 “especificaciones para las tuberías y conexiones de hierro fundido campana y espiga”
- ❖ C 564 “especificación para empaques de caucho para tuberías y conexiones de Hierro fundido”
- ❖ C 1277 “especificación para los coples utilizados para unir tuberías y conexiones de acople rápido -sin campana- de hierro fundido en aplicaciones para desagüe, desechos y ventilación en aplicaciones sanitarias o de aguas pluviales (cople regular para sistema de acople rápido).”
- ❖ C 1540 “especificación para los coples blindados utilizados para unir tuberías y conexiones del sistema de acople rápido -sin campana- de hierro fundido (coples para servicio pesado)”

- ***Hierro dúctil***

A menudo las líneas de conducto de agua, gas y drenaje se hacen con hierro dúctil debido a su resistencia, ductilidad y relativa facilidad de manejo. Ha sustituido al hierro forjado en muchas aplicaciones. Varias clases de conductos de hierro dúctil están disponibles para su uso en sistemas que manejan un intercalo de presiones

Los tubos en hierro fundido dúctil son elementos de alta tecnología, calidad y desempeño, usados comúnmente en sistemas de acueducto y alcantarillado con o sin presión, sistemas de riego e instalaciones industriales.

Acero (Steel)

Los tubos estándar se utilizan en sistemas hidráulicos, condensadores, intercambiadores de calor, sistemas de combustibles de motores y en sistemas industriales de procesamiento de fluidos. Los tamaños estándar de tuberías se denominan por medio de su tamaño nominal y número de cédula. Los números de cédula están relacionados con la presión permisible de operación y el esfuerzo permisible de acero en la tubería. El rango de números de cédula va de 10 a 160, y los más altos indican un espesor mayor. Debido a que todas las cédulas de tubería de un

tamaño nominal dado tienen el mismo diámetro exterior, las más grandes tienen un diámetro nominal pequeño. Las series más completas de tubería de acero disponibles son la cedulas de 40 y 80

- ***Acero al carbón, aceros de media y baja aleación***

La tubería de acero al carbón, aceros de alta (más de 0.50% de C), media (0.35% a 0.50% de C) y baja aleación (de 0.08% a 0.35% de C) y otras aleaciones con excepción de los aceros inoxidable, deben cumplir con las dimensiones y requerimientos de (ASME B36 10M: 2004)

En esta aleación el carbón es el elemento que controla en forma esencial las propiedades de las aleaciones, la cantidad de manganeso, que proporciona la dureza, está limitada a 1.65% y los contenidos de cobre y silicio son mínimas.

El acero de baja es suave y dúctil, es el que se utiliza más para producción, se usa para hojas de lata, lamina para carrocería, elementos estructurales. El acero de media se usa para fundiciones de acero de altas resistencias y para forjas como ejes de ferrocarril, engranes, etc. Y el acero de alta sirve para forjas como llaves de tuercas y herramientas en general, aunque actualmente se utilizan los aceros de baja aleación ultrarresistentes, que son más baratos pero recibe un tratamiento para hacerlos más resistentes

- ***Acero inoxidable***

Debe cumplir con las dimensiones y requerimientos de (ASME B36 19M: 2004) o equivalentes. El acero al carbón tiene poca resistencia a la corrosión, a la oxidación y al impacto, para superar este problema se ha desarrollado aceros aleados que contiene elementos que mejoran sus propiedades y de esas aleaciones salen los aceros inoxidable, que se componen de hierro y cromo que es el elemento que proporciona la resistencia a la corrosión. Otros elementos que están presentes en estas aleaciones son níquel, molibdeno, manganeso, silicio y titanio.

- ***Acero aleado***

Son las aleaciones al fierro y ciertos segmentos, con el objetivo de mejorar sus propiedades mecánicas.

Metales no ferrosos y sus aleaciones

Aluminio y sus aleaciones

El aluminio es uno de los materiales no ferrosos más utilizados en las tuberías ya que tiene buenas propiedades térmicas, es maleable y dúctil, pero tiene escasa resistencia mecánica. Por lo que existen varias aleaciones en el mercado, la resistencia a la corrosión que ofrece el aluminio es gracias a la película protectora de óxido de aluminio que se forma sobre el área del metal expuesta a la atmósfera, aunque el aluminio puro es mucho más resistente a la corrosión que cualquier otra aleación pero no es factible su uso comercial.

De las aleaciones utilizadas en tuberías se prefieren las que contengan magnesio ya que éste le confiere mayor resistencia a la corrosión y en combinación con cromo se utiliza en la elaboración de tubos hidráulicos, si se combina con magnesio, silicio y cobre puede ser utilizado en estructuras marinas y tuberías.

Cobre y sus aleaciones

El tubo de cobre disponible es suave, recocido o estirado en frío. Este último tipo es más rígido y fuerte, conserva su forma recta y soporta presiones mayores. La tubería recocida se utiliza para serpentines y adopta otras formas especiales. Los tamaños nominales o estándar de los tipos K, L, M y DWV son los de 1/8 de pulgada menos que el diámetro exterior real. Los espesores de pared son diferentes para cada tipo. Aquí se describirán solo 6 tipos de tubos de cobre y la selección de algunos depende de la aplicación, de consideraciones ambientales, presión de fluido y las propiedades de este, sus descripciones más comunes son:

1. Tipo K: Tiene un mayor espesor de pared y es recomendable para instalaciones subterráneas, servicio con agua, combustibles, gas natural y aire comprimido.
2. El Tipo L es adecuado para tuberías domésticas de propósito general, es similar al tipo K, pero con un espesor de pared menor.
3. Tipo M: similar a los tipos K y L, pero con espesor de pared más pequeño; es preferible para la mayoría de los servicios hidráulicos y aplicaciones de calor a presiones moderadas

4. Tipo DWV: Se utiliza en drenaje, desechos y ventilación en sistemas de plomería.
5. Tipo ACR: Acondicionamiento de aire, refrigeración, gas natural, gas licuado de petróleo (LP) y aire comprimido.
6. Tipo OXY/MED se emplea para la distribución de oxígeno o gases medicinales, aire comprimido en la medicina y aplicaciones de vacío. Hay tamaños disponibles similares a los tipos K y L, pero con procesamiento especial para tener una limpieza mayor.

Níquel y sus aleaciones

El níquel es un metal no ferroso muy importante por su excepcional resistencia a la corrosión, a la oxidación y buena conductividad eléctrica. Casi un 60% de níquel es usado como elemento de aleación en particular en los aceros inoxidable austeníticos.

Las aleaciones con níquel y cobre conocidas como Monel son bastantes similares a los aceros inoxidable en resistencia a la corrosión y ambientes ácidos, por su apariencia y propiedades es usado para el manejo de soluciones alcalina, cáusticas y saladas.

Ahora se dará una breve descripción sobre la instalación de tubería metálica y no metálica.

Plomo y sus aleaciones

Las tuberías de plomo son ampliamente utilizadas en la industria química para el transporte de sustancias corrosivas, es resistente casi a todas las concentraciones de ácido sulfúrico arriba del 96% y a bajas temperaturas, tampoco es afectado por el cloro seco. No es recomendado su uso para el manejo de ácido clorhídrico o sulfúrico a altas temperaturas. Sólo se utiliza tubería de plomo duro donde la resistencia mecánica no es requisito indispensable.

Si al plomo se le adiciona antimonio en un porcentaje aceptable se produce una mayor resistencia mecánica y a la erosión a temperaturas menores a 100°C. La tubería de plomo revestida o forrada de hierro puede soportar grandes presiones, con una resistencia a la corrosión adecuada y un costo menor al de cualquier aleación, la

aleación de plomo sólo es preferida sobre la revestida con hierro en instalaciones externas donde se tiende a corroer el acero.

Estaño y sus aleaciones

Éste metal forma una capa de óxido estable que lo hace no reactivo con el agua, sin embargo es soluble en ácidos, álcalis y reacciona rápidamente con halógenos. Debido a su buena resistencia química es utilizado como recubrimiento para evitar la corrosión y forma parte de los bronce. La tubería revestida de estaño es utilizada para el transporte de agua destilada, carbonatada y de consumo humano; así como para jugo de frutas y sustancias que contienen ácido acético o cítrico, productos alimenticios y químicos donde es fundamental mantener un alto grado de pureza.

Titanio y sus aleaciones

El titanio es uno de los elementos encontrados recientemente en la industria química en tuberías y accesorios. En forma esencial no se produce titanio de alta pureza, el titanio puro comercial a veces se denomina titanio sin aleación, útil por su resistencia a la corrosión, tal vez un poco más fuerte que la mayoría de las aleaciones base cobre y base aluminio, para más débil que el titanio aleado. Las propiedades mecánicas y la resistencia a la corrosión de las aleaciones de titanio se comparan favorablemente con las de los aceros austeníticos en general, estas aleaciones son usadas como sustitutas de acero inoxidable.

Instalación de Tubería metálica

- La instalación de tuberías y accesorios, deben cumplir con la Ingeniería Aprobada Para Construcción. La instalación de la tubería que se conecta a equipos dinámicos (bombas, compresores, sopladores, y turbinas) debe efectuarse siguiendo las prácticas, lista de verificación y procedimientos recomendados, indicados en el Capítulo 6 del API RP 686-2009 o equivalente.

Alineamiento

- Las tuberías se deben alinear para no provocar distorsiones y sobreesfuerzos, tanto para la tubería como para los equipos. Se debe cumplir con las tolerancias que especifica 335 de ASME B31.3-2010.

- Las uniones soldadas de las tuberías se deben alinear. de tal manera que el desalineamiento no sea mayor al valor que se permite en 328.4.3 de ASME B31.3-2010.
- Para el alineamiento de uniones bridadas se debe cumplir con 335 de ASME B31.3-2010 y los Apéndices D y E de ASME PCC-1:2010 o equivalente.
- Los elementos (grapas o dispositivos interiores) para alineación y montaje, así como los apoyos temporales de la tubería, no se deben soldar a la tubería.
- Las soldaduras longitudinal o helicoidal de los tubos y componentes de tubería no deben coincidir en la junta circunferencial, por lo que se deben alternar en los cuadrantes superiores. Se debe evitar que las soldaduras coincidan con los soportes de tubería.

2.10. 2 Materiales plásticos en tuberías

Existe una variedad amplia de aplicaciones donde tiene ventajas por su peso ligero, facilidad de instalación, resistencia a la corrosión y a los productos químicos. Por ejemplo están la distribución de agua y gas, drenaje y aguas residuales, producción de petróleo y gas, irrigación y muchas aplicaciones industriales. Entre ellos están las variedades de polietileno (PE), Poliamida (PA) polipropileno (PP), Cloruro de polivinilo (PVC), cloruro de polivinilo clorado (CPVC).

Debido a que ciertas tuberías y tubos se encuentran en los mismos mercados que los metales, donde ha sido común la existencia de estándares. Muchos productos de plásticos se adecuan a los estándares que hay para tamaños de tuberías de hierro, de hierro dúctil o tamaño de tubería de cobre.

Polietileno

Material termoplástico más utilizado debido a su bajo costo y a sus múltiples propiedades como son dureza a temperatura ambiente, buena flexibilidad en un amplio rango de temperaturas, excelente resistencia a la corrosión, propiedades aislantes, no tóxico y baja transmisión de vapor de agua. Existe de baja densidad y de alta densidad. Las tuberías fabricadas con este material son flexibles, fuertes y

resistentes a la corrosión, por lo que se utilizan para transportar productos corrosivos y abrasivos

Cloruro de polivinilo (PVC)

Plástico termoestable, se usa extensamente por su alta resistencia química y sus habilidades única para mezclarse con aditivos para producir un gran número de compuestos con un amplio rango de propiedades físicas y químicas. Este material no soporta demasiado calor y es ampliamente resistente ácidos, bases y alcoholes, no es tóxico y se le puede usar en transporte de alimentos.

Cloruro de Polivinilo clorado (CPVC)

Este material ofrece las misma propiedades del PVC la única diferencia es que se puede usar a temperatura mayores y ofrece un mayor tiempo de vida útil, pero su alto costo restringe el uso de este tipo de material. Este material es ideal para servicio de agua potable.

Polipropileno

Tercer termoplástico más importante en ventas, dueño de una gran resistencia química, al impacto a la humedad, a la abrasión al transporte de sustancia corrosivas y al calor, cuanta con buena dureza superficial, notables flexibilidad y no es toxico, puede ser usado en un rango de temperaturas de -10 °C a 105°C. No debe usarse con sustancias aromáticas, ácidos fuertemente oxidantes, halógenos e hidrocarburos halogenados. Su aplicación en el campo de la tubería es común utilizarlos en drenaje químico, transporte de gas natural y en líneas de baja presión, aire comprimido, agua acondicionada, etc.

Poliestireno

Termoplástico transparente, inodoro e insípido, poco resistente al ambiente, es poco resistente por los disolventes orgánicos y aceites, usando en tubería cuando se trata del tipo de alto impacto. Se usa para elaborar espuma de poliestireno en la elaboración de empaques y sellos.

Teflón

Resina de fluorocarbono, más utilizados por contar con una excelente resistencia química y al impacto, no es permeable. Puede ser utilizado en servicios con rangos de temperaturas de -28°C a 232 °C. Es resistentes a muchas sustancias químicas y solventes excepto con metales alcalinos fundidos.

Tubería no metálica

- Se deben inspeccionar visualmente, todas las tuberías y accesorios antes de su instalación en campo, para asegurar que no han sufrido daños ni desperfectos durante las fases de transporte y almacenamiento de material.
- No se aceptan tuberías o componente de tuberías con reparaciones, los defectuosos se deben remplazar por nuevos.

2.11 Códigos y Normas

Hoy en día la elaboración o especificación de cualquier material debe sustentarse en códigos y normas, en donde podemos encontrar los requerimientos mínimos para el diseño, fabricación, pruebas, etc. Se debe tener en cuenta que todos los materiales que se emplean deben de estar sustentados bajo códigos y normas.

Las normas más utilizadas para las tuberías son la ANSI, ASME. La disponibilidad de material dependerá del tipo de proceso que se lleve a cabo y el tipo del fluido, si la adquisición del material es complicado puede ocasionar retrasos en la construcción o que se eleve el costo de una planta de proceso, la ventaja que se tiene al utilizar códigos y normas es que podemos manejar el tipo de materiales que podemos emplear para un proceso dado. Los códigos y normas establecen requerimientos mínimos para el diseño, selección de materiales, dimensiones, edificación, inspección y prueba de sistemas de tuberías; a continuación se dará una lista de las normas y códigos más utilizados en la especificación sobre tuberías: (ver anexo B para la descripción de los códigos y normas citados)

- AWWA Asociación Americana de Trabajos Hidráulicos
- AFSA (American Fire Sprinkler Association)
- NFPA Asociación Nacional Contra Incendios

- NSF (National Sanitation Foundation)
- IAPMO (International Association of Plumbing and Mechanical Officials)
- ISO Organización que establece normas internacionales para elementos incluidos en válvulas
- AISI Instituto Americano de Hierro y los Aceros
- ANSI Instituto Americano Nacional de Estándares
- ASME Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
- ASTM Sociedad Americana de Pruebas y Materiales
- ISA Sociedad de Instrumentos de Americana
- MSS Sociedad de Fabricantes de Estandarización de válvulas y accesorios
- API Instituto Americano del Petróleo
- AWS Sociedad Americana de Soldadura
- PFI Instituto de Fabricación de Tuberías
- AISC Manual de Construcciones de Acero

Estos son los organismos más relacionados con sistemas de tuberías y emiten además de códigos de tuberías otros relacionados con accesorios referentes a la construcción

De todos los códigos y normas que se mencionó el que se utiliza más en la especificación de las tuberías es el código ANSI B31, indica la especificación de tuberías a presión en el cual describe los requisitos mínimos de los materiales, diseño, fabricación, ensamble, soporte, instalación, examen, inspección y pruebas de los sistemas de tuberías sujetas a presión o vacío.

Este código consiste en ocho secciones que se publican como documentos independientes por su sencillez, en los cuales se encuentra especificaciones sobre materiales de tuberías y accesorios y métodos de prueba de la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), especificación de la asociación Americana de Soldadura (AWS), y las normas de la Sociedad de Fabricantes de Estandarización de Válvulas y accesorios (MSS)

Cada una de las secciones del código ANSI B31, difieren ampliamente en sus prohibiciones de uso de materiales, componentes o métodos de montaje y esas prohibiciones se refieren con frecuencia al diámetro de las tuberías, el fluido que se

maneja y el ambiente circundante. En la siguiente tabla se enlistaran los códigos principales para el diseño de tubería. ANSI B31 y se dará una breve descripción.

Designación y número	Alcance y aplicación	Observaciones*
Tuberías de potencia B31 1	Para todas las tuberías en centrales generadoras de vapor	Último número 1980
Tubería para gases combustibles B31 2	Para gases combustibles de centrales generadoras de vapor y edificios industriales	Último número 1968
Tubería para plantas químicas y refinerías petroleras B31 3	Para todas las tuberías dentro de los límites de las instalaciones dedicadas al procesamiento y productos petroquímicos y conexos, salvo aquellos proscritos por el código	Último número 1980
Tuberías de transporte de aceites B31 4	Para productos líquidos, crudos o refinados en líneas de tuberías por todo terreno.	Último número 1979
Tubería para refrigeración B31 5	Para tuberías de refrigeración en unidades embaladas y edificios comerciales públicos	Último número 1974
Tubería para plantas químicas B31-6	Estos códigos están en preparación, incluye tubería para plantas químicas, así también tuberías de vapor, combustibles etc.	

<p>Tuberías para energía nuclear B31 7</p>	<p>Para flujos cuyas pérdidas en el sistema podrían causar riesgos de radiaciones para el personal de la planta o el público en general</p>	<p>Véase la sección 3 del código ASME para calderas y recipientes a presión</p>
<p>Sistemas de distribución y transmisión de gases B31 8</p>	<p>Para gases de tuberías por todo el terreno, así como también para líneas de distribución de las ciudades</p>	<p>Último número 1975</p>
<p>*se publican adiciones a intervalos entre la aparición de ediciones completas. Los datos de los últimos números pueden ser obtenidos del (ASME)</p>		

Tabla 2.2 Estado del código ANSI B para tuberías a presión

Fuente <http://soldando.blogspot.mx/2009/05/asme-b31-codigo-para-tuberias-presion.html>

2.12 Selección de material, diámetro y espesor de la tubería.

La selección y el dimensionamiento de las tuberías es una técnica muy familiar para la mayoría de los ingenieros, debido a que estos factores pueden abarcar desde cálculos de diámetro, flujos, caídas de presión y velocidades para el transporte de los distintos tipos de fluidos. En la mayoría de la selección y diseños de tuberías, el requerimiento consiste en encontrar el diámetro de la tubería. Los dos criterios más utilizados para el dimensionamiento del diámetro de tuberías son

- En base a la caída de presión máxima admisible o caída de presión en 100ft, recomendada.
- En base a la velocidad recomendada.

2.12.1 Selección del material

La selección del material para un determinado servicio puede ser muy complicada, especialmente cuando la corrosión es un factor muy importante, pero generalmente hay factores que influyen en la selección de material como son los siguientes

- a) Propiedades mecánicas adecuadas
- b) Costo
- c) Características de fabricación (doblado, estirado, etc.)
- d) Resistencia a la corrosión y/o erosión
- e) Disponibilidad del mercado
- f) Soldabilidad
- g) Características térmicas y eléctricas
- h) Características especiales como baja densidad, magnetismo o requerimientos nucleares
- i) Resistencia a la baja temperatura y ductilidad

2.13 Velocidad en las líneas

Para evitar incrustaciones en las tuberías la velocidad mínima generalmente es fijada entre 0.25 y 0.4 m/seg. Si lo que se transporta tiene material en suspensión la velocidad no deberá ser inferior a 0.6 m/seg

2.13.1 Efectos de la velocidad de los fluidos incompresibles en tuberías

Durante el transporte en tuberías generalmente la velocidad del líquido es considerada uniforme siempre y cuando fluya a través de una sección de diámetro constante.

El rozamiento ocasiona una turbulencia en la corriente y opone resistencia al flujo lo que da como resultado un aumento de la presión en la tubería. Por lo tanto es necesario establecer velocidades recomendadas debido a que puede ser perjudicial tanto una velocidad demasiado baja como una demasiado alta.

2.13.1.1 Efectos de una velocidad excesiva

- Origina golpes de ariete cuyo valor de sobrepresión puede provocar roturas.
- Aceleración del desgaste interior de la tubería por efectos de la corrosión por erosión.
- Produce pérdidas excesivas de carga.
- Niveles de ruido excesivos.
- Dimensionamiento del diámetro de la tubería menor de lo esperado.

2.13.1.2 Efectos de una velocidad inferior

- Propicia la formación de depósitos (sustancias en suspensión) que pudiera presentar el fluido, provocando obstrucciones en el interior de la tubería.
- Implica un diámetro de tubería excesivo, sobredimensionado, con lo que la instalación se encarece de forma innecesaria.
- Reducción de la demanda del flujo requerido y como consecuencia un aumento de la potencia de la bomba.
- Formación de burbujas de aire que propiciaría a la presencia de cavitación en la bomba.

Un valor límite recomendado de la velocidad para el transporte de líquidos en tuberías es de 10 ft/s, este valor es una referencia general que se emplean en situaciones de dimensionamiento para tuberías de succión y descarga de bombas. Sin embargo, existen otros valores de referencia para dimensionar tuberías, las cuales dependen de cierta forma de las características del líquido (corrosivo, erosivo, viscoso, etc.) o en relación a la demanda requerida por el proceso. (NRF Pemex 2002)

2.13.2 Velocidades recomendadas

Las velocidades más comúnmente aplicadas en el diseño de redes de tuberías se indican en la tabla 2.3

Pero no simplemente podemos meter cualquier velocidad a las tuberías, porque se podría dañar a la tubería y como consecuencia alterar la producción y económicamente será más costoso; por lo tanto existen pruebas en las que se determina cual es la velocidad permisible o recomendada para distintos diámetros de tubería, estas pruebas se hacen para cualquier sustancia y comúnmente se emplea agua. En el anexo B se encontrara una tabla que indica la velocidad recomendada del agua con respecto a un diámetro

Flujo	Velocidad m/seg
Gases a tiro natural	2 – 4
Gases a presión atmosférica o cercana a ésta en conductos de gas y tuberías de ventilación	5 -20
Líquidos al desplazarse por la acción de gravedad	0.1 – 0.5
Líquidos en tuberías de presión	0.5 – 2.5
Vapor de agua a presión absoluta mayor o igual a 0.5 atm	15 – 40
Vapor de agua a presión absoluta mayor o igual de 0.2 a 0.5 atm	40 – 60

Tabla 2.3 Velocidades recomendadas para algunos fluidos.

Fuente: Notas de clase de Ingeniería de Proyectos

2.14 Efecto de la caída de presión de los fluidos incompresibles en tuberías

El transporte de un líquido a través de una tubería viene acompañado de una pérdida de energía disponible denominada comúnmente como caída de presión o pérdida de carga, resultado de la resistencia que presenta un fluido en movimiento cuando entra en contacto con la superficie interna de la tubería. Esta pérdida de carga se manifiesta como una disminución de la presión en el sentido del flujo.

La caída de presión excesiva perjudica considerablemente a la tubería y a la bomba. El fenómeno más frecuente es el golpe de ariete. Los golpes de ariete por presión pueden ser lo suficientemente grandes para romper la carcasa de una bomba o reventar las tuberías, por lo tanto es recomendable considerar la caída de presión excesiva durante el dimensionamiento de tuberías.

También existen otras caídas de presión presentes en el trayecto de las tuberías que se manifiestan como una pérdida de energía adicional al sistema, tales como: válvulas, accesorios, medidores de flujo o equipos. Debe evitar el uso excesivo de accesorios, diferencias de altura y cambios de dirección, con la finalidad de evitar caídas de presión excesivas que perjudiquen al sistema y se vean reflejadas posteriormente en los costos de mantenimiento.

Para cuestiones prácticas durante el transporte de líquidos se considera como límite máximo recomendado una caída de presión de 2 psi por cada 100 ft, de longitud de tubería (2 psi/100 ft), con la finalidad de proporcionar una condición de servicio adecuada para la tubería y la bomba.

2.15 Especificación de los servicios

Documento en el cual se describen, indican y establecen las características mínimas que debe tener la tubería, así como los requerimientos particulares del usuarios, vida útil, condiciones de diseño y operación, ambiente, hojas de datos de seguridad de las sustancias, características físicas y químicas de los fluidos (sustancias), flexibilidad operativa y la normatividad aplicable, en cumplimiento con esta (NRF)

2.16 Diagrama de tubería e instrumentación (DTI)

En este documento que muestra toda la tubería, válvulas, instrumentos y accesorios que se requieren para una adecuada operación de una planta o proceso en condiciones de operación (normal, arranque, paro y emergencia)

En este diagrama se hace la representación principal del sistema de tuberías (P&ID's en sus siglas en inglés). Se trata de una representación esquemática de la interconexión de las tuberías con los instrumentos y los distintos equipos.

2.16.1 Información requerida para elaborar un DTI

- Bases de diseño
- Diagrama de flujo de proceso
- Hojas de datos
- Descripción del proceso
- Diagrama de simbología
- Índice de servicios
- Criterios de diseños
- Filosofía de operación

2.17 Diseño de tuberías

Es responsabilidad del ingeniero especificar la tubería para una aplicación en particular, ya 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 y organizaciones

El diseño mecánico de la tubería se debe realizar en base a las condiciones de diseño y servicio de que realizara la tubería, (ver cap. II ASME), así como de manera enunciativa con lo siguiente:

- a) Temperaturas máximas y mínimas, tanto del proceso como del ambiente
- b) Presiones máximas y mínimas del circuito de la tubería
- c) Propiedades físicas y químicas de las sustancias y grados de riesgo de la misma
- d) Compatibilidad entre los materiales de los componentes de tubería con la sustancia contenida y con el ambiente
- e) Compatibilidad entre materiales de los componentes de tubería y resistencia mecánica de estos
- f) Construcción y facilidades de operación en la tubería
- g) Efectos ambientales que inciden en la tubería
- h) Efectos que se derivan del servicio, instalación, apoyos y localización geográfica que inciden en la tubería
- i) Vida útil mínima requerida (corrosión y erosión)
- j) Esfuerzos permisibles y otros límites de esfuerzos
- k) Variaciones en las condiciones presión – temperatura
- l) Tolerancia y Resistencia mecánica

Capítulo III Índice o Lista de líneas.

En todo proceso existen planos en los que nos podemos orientar para obtener información sobre el proceso por ejemplo un diagrama de flujo de fluidos (PDF) o un diagrama de bloques, estos diagramas muestran de una manera sencilla la información sobre cierto proceso; o en los planos de Diagrama y Tubería de Instrumentación se obtiene una amplia información sobre los equipos y tuberías, como ya se ha mencionado en todos los procesos químico las tuberías están en mayor cantidad en todo tipo de plantas.

A fin de coordinar los requerimientos de la ingeniería de proceso con las especificaciones de tuberías es necesario el preparar dos documentos:

- Índice de servicios
- Índice o lista de líneas

3.1 Índice de servicios

Este documento tiene como finalidad el indicar a la selección de tuberías los materiales seleccionados de acuerdo a la experiencia del proceso para manejar los fluidos involucrados.

Debe contener la descripción de materiales que deben emplearse en la construcción de los sistemas de tuberías de procesos y de servicios auxiliares.

Se debe mostrar una lista con al menos el tipo de material, tolerancia a la corrosión, clase de tuberías y servicio. También se debe mostrar en forma detallada la descripción de válvulas y especificación de la tubería cuando estas sean críticas para la planta, así como la clasificación de bridas y conexiones.

A continuación se describe la información de un índice de servicios

a) Clave de todos los servicios:

La cual deberá ser consistente con la indicada en los diagramas de tuberías e instrumentación al identificar las líneas, la clave de los servicios se puede tomar en base, a la experiencia del Ingeniero, en base a una norma o simplemente en cada proceso o planta de proceso se deben de especificar estas claves y se harán dependiendo de sus necesidades (En el anexo C se enlista las claves de los servicios recomendadas por Pemex en el artículo de “Especificación Técnica para proyectos de obras SIMOLOGÍA DE EQUIPO DE PROCESO primera edición ”)

Por ejemplo si se transporta por medio de una tubería agua de enfriamiento, algún ácido o cualquier otra sustancia que requiera el proceso, será complicado, requiere de más esfuerzos y es poco entendible el colocar en cada línea el nombre del servicio que da al proceso; por lo cual todas estas sustancias que se involucran dentro del proceso deben ser abreviadas de tal manera que al especificar el servicio en una tubería sea sencillo y se pueda localizar fácilmente. Es por eso que se propone usar las claves de los servicios dadas en el anexo C.

b) El material básico

Para propósitos de selección de materiales el ingeniero de procesos deberá clasificar los diferentes servicios de acuerdo a su corrosión, erosión o bien por contaminación del producto. Es responsabilidad del ingeniero de proceso el indicar materiales especiales o aleaciones.

Como ya se mencionó, para las tuberías existe un vasto uso de materiales, al igual que la construcción de ellas. Los materiales abarcan desde acero hasta plástico y en otros casos podrían ser de concreto. Pero al igual que la gran cantidad de material, también hay una gran cantidad de sustancias que deben ser transportadas por las tuberías. No todos los materiales son apropiados para ciertas sustancias o viceversa. Por lo que la necesidad de especificar los materiales propios para cada sustancia surgió como punto importante en un proceso, si esta especificación no se hiciera entonces existe el riesgo de rupturas de tuberías, que la sustancia y la tubería hiciesen reacción química, que el producto final de proceso saliera contaminado e inservible entre otras cosas más. Sin mencionar la resistencia a presión y la temperatura que es otro punto importante.

Esto debido a que no solo y no todos los procesos necesitan condiciones estándar. Entonces debido a la gran variedad de sustancias en un proceso y esto indica que por lo tanto las tuberías no pueden ser del todo iguales. Por los que existe la necesidad de hacer la especificación del material de las tuberías.

Esta especificación depende, de la experiencia del ingeniero de procesos, de los conocimientos básicos con que se cuente. Encontraremos que no todas las especificaciones de las tuberías en todas las plantas de proceso son iguales ya que cada proceso es diferente aunque se basen en las mismas normas y códigos todo depende del criterio que se le dé al proceso.

La especificación de la tubería debe:

Especificar los materiales de la tubería. Por ejemplo: Indicar si el material de la tubería es metálico o no metálico y entre ellos los aceros, hierros, los plásticos, etc.; el grado o la clase, donde el grado nos indica las composiciones del material, si la tubería es soldada o no soldada, las temperaturas que resiste entre otras cosas más.

En el anexo C se encontrara la especificación de algunos materiales basado en el Catalogo de TUBACERO, S.A Catalogo General. Basado en ASTM, DIN, API, ISO. En este apartado del anexo se encontrara el nombre del material y los grados del material el cual se dará por medio de tablas, lo que podría ser una opción si es que se quiere usar.

A continuación se muestran algunos ejemplos sobre cómo es que se puede especificar el material de las tuberías, pero como se mencionó antes las tuberías se pueden especificar conforme a las necesidades del proyecto.

Nomenclatura para las especificaciones de material de tubería

La especificación del material de una tubería, se puede hacer dependiendo de la experiencia o la necesidad del proyecto. La nomenclatura para la especificación de tubería de procesos y servicios auxiliares se define mediante los siguientes criterios.

La especificación de la tubería se caracteriza por 4 caracteres que se describirá a continuación

a) Primer carácter C o T

C = Instalaciones industriales costa afuera

T = Instalaciones de plantas terrestres

b) Segundo carácter define la Clase de la siguiente forma:

A = Clase 150

B = Clase 300

D = Clase 600

E = Clase 900

F = Clase 1500

G = Clase 2500

c) El tercer carácter es un número consecutivo formado por dos dígitos, este carácter indica el número consecutivo de la EMT dentro de cada Clase y de acuerdo al material base. Inicia desde 01 y se incrementa progresivamente. En su caso EMT del Tecnológico o licenciador deben de iniciar a partir del 30 y las del contratista del 60

d) El cuarto carácter define el material base formado por la letra "T" y un número, tal y como se indica a continuación:

T1 = Acero al carbón

T2 = Acero de baja y de media aleación

T3 = Acero inoxidable

T4 = Níquel y sus aleaciones

T5 = Titanio y sus aleaciones

T6 = Aluminio y sus aleaciones

T7 = Tántalo y sus aleaciones y otras aleaciones no ferrosas

T8 = Materiales no metálicos

TX = Materiales diferentes a los anteriores

Ejemplo

C-A01T1 = Instalaciones industriales costa fuera (C); Clase 150(A); especificación uno (01); Material Acero al carbón (T1)

T-B01T3 = Instalaciones de plantas industriales terrestres (T); Clase 300 (B); Especificación uno (01); Material Acero inoxidable (T3)

C-A31T1 = Instalaciones industriales costa fuera (C); Clase 150 (A); Especificación uno del Tecnológico o licenciador (31); Material Acero al carbón (T1)

T-B61T3 = Instalaciones de plantas industriales terrestres (T); Clase 300 (B); Especificación uno del contratista o proveedor (61); Material Acero inoxidable (T3)

[Referencia tomada de NRF-032-PEMEX-2012 pp 61]

c) Tolerancias por corrosión

La corrosión se puede dar por diversos factores, entre ellos esta interactuar en el medio en el que trabaja o las sustancias con las que está en contacto el material. La corrosión es el deterioro de un material a causa de un efecto electroquímico en un medio determinado, los átomos del metal se disuelven en forma de iones, por lo tanto el tener conocimiento de la corrosión en distintos materiales permitiría predecir el comportamiento a largo plazo de las materiales.

En el Anexo C se muestran tablas del comportamiento de los aceros inoxidable frente a la corrosión.

d) Condiciones de diseño, presión y temperatura.

Condiciones de diseño, presión y temperatura, para cada uno de los servicios estableciendo así las limitaciones del material seleccionado. Las condiciones de diseño se obtendrán a partir de las necesidades del proceso, ya que dependiendo de las condiciones que tenga el proceso se podrán especificar cuáles son los requerimientos para la presión y temperatura de diseño. Hay que recordar en base a las necesidades del proceso se debe de dar un sobre diseño para evitar accidentes en la planta de proceso.

A partir de la información anterior la sección de tuberías completa el índice de servicios indicando materiales secundarios y agrupando los servicios a fin de desarrollar las especificaciones de tuberías.

En él se muestra:

- Servicio
- Clase
- Libraje de bridas
- Material
- Tolerancia por corrosión
- Códigos aplicados
- Limitaciones de diámetro
- Condiciones máximas de presión y temperatura
- En general es útil para conocer servicio, condiciones máximas de operación y material de las tuberías por servicio.

3.1.1 Información requerida

- Diagrama de flujo de proceso
- Balance de materia y energía
- Información complementaria
- Especificación
- Literatura para la selección de materiales

Todo lo anterior se engloba en un documento que se llama especificación de servicios, en el cual se describe, identifica y establece las características mínimas que debe tener la tubería, así como los requerimientos particulares del usuarios, vida útil, condiciones de diseño y operación, ambiente, hojas de datos de seguridad de las sustancias, características físicas y químicas de los fluidos (sustancias), flexibilidad operativa y la normatividad aplicable, en cumplimiento con NRF (Norma de referencia)

3.1.2 Información contenida

- Servicio (clase)
- Temperatura máxima de operación líquido / L(V) / Vapor (gas)
- Presión máxima de operación líquido / L(V) / Vapor (gas)
- Materiales de la tubería
 - a) libraje y caras de bridas
 - b) material
 - c) tolerancia por corrosión
 - d) especificación
 - e) limitaciones de diámetro

- f) código aplicable
- g) notas (si aplica)

Sirve a

- Tuberías: Para sus diseños de acuerdo al servicio, corrosión permisible, libraje.
- Análisis de esfuerzos: Condiciones, máximas de presión y temperatura, así como materiales para sus estudios de esfuerzos.
- Seguridad: Requerimientos mínimos de seguridad para personal y equipo de acuerdo a las condiciones de operación y materiales manejados.

3.2 Hoja de Índice de servicios de tuberías

Se muestra un ejemplo sobre la hoja del índice de servicio de tuberías, este ejemplo se toma del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP). De la misma manera se propone la hoja que utilizará, para uso dentro de la clase de ingeniera de procesos, de servicios, LTP de 5 °, 8° y 9° Semestre.

Primero se describirá el contenido de la hoja.

La primer parte tenemos el servicio [ver en el anexo C]. Del mismo modo aquí se da la clase del servicio o material. Esta clase o especificación depende del ingeniero de proceso. Esta tesis se basa en la especificación del material como lo hace la NRF 32 de Pemex, el cual indica Letra y número para la especificación de material ejemplo:

- T1 = Acero al carbón
- T2 = Acero de baja y de media aleación
- T3 = Acero inoxidable
- T4 = Níquel y sus aleaciones
- T5 = Titanio y sus aleaciones
- T6 = Aluminio y sus aleaciones
- T7 = Tántalo y sus aleaciones y otras aleaciones no ferrosas
- T8 = Materiales no metálicos
- TX = Materiales diferentes a los anteriores

Y también se colocara la cedula de la tubería.

Por ejemplo si se usa acero al carbón cedula 40, su especificación es la siguiente manera T140.

Siguiendo con el orden de la hoja se encuentra la temperatura máxima de operación, [se propone que sean en Celsius], el flujo que se transporta, puede ser: líquido, dos fases, o vapor. La temperatura máxima de operación se obtiene a partir de la temperatura de operación, este dato se obtiene del proceso y es ilustrado en el DFP. Entonces la temperatura máxima se obtiene con la siguiente fórmula

$$T_{\text{máx.}} = T_{\text{op}} + 15^{\circ}\text{C}$$

Después encontramos la presión máxima de operación (Kg/cm^2 man); de la misma manera se especifica el fluido que se lleva en la tubería, (si es líquido, dos fases o si es vapor), la presión se obtiene del proceso que se ilustra en un DFP y la presión máxima de operación se establece con las siguiente formula

$$P_{\text{max}} = P_{\text{op}} * 1.1$$

$$P_{\text{max}} = P_{\text{op}} + 2\text{Kg/cm}^2$$

El dato que se utiliza de estas dos fórmulas, es el dato de mayor valor, este dato especifica la máxima presión de operación.

Por último sigue el material de la tubería, en donde se indica la clase o grado o especificación del material. La clase se puede especificar cómo se indicó en el capítulo 2 sección 2.4; el grado del material que como ya se mencionó describe la composición del material y como es que realiza a unión del tubo (soldado o no soldado, etc.) la especificación es solo la descripción del material.

Después se coloca el nombre del material (ejemplo Acero inoxidable 304L), seguido por la tolerancia a la corrosión; la norma en la que se especifica el material, el grado del material y sus características. Por ejemplo, si la tubería es con costura o sin costuras, si es radiografiado etc., [304L C/C (Con costura) EFW radiografiado]. Y después el rango de diámetros de la tubería (ejemplo $\frac{1}{2}$ " A 14"). Todos estos requisitos que se mencionaron se debe de tomar para el llenado del índice de servicios en el cual

proporciona información sobre la tubería y el servicio que lleva cabo. En la tabla 3.1 se muestra una hoja para el llenado del índice de servicios de tubería

Especificaciones		Tubería de proceso y servicios auxiliares, clasificación de materiales por servicio			Especificación No.:		
Fecha	<input type="text"/>	Requisitos especificación del proyecto			Proyecto Para cotización Hoja _ de _		
Revisión:							
Realiza: _____ Aprueba: _____							
Índice de servicios de tubería							
Servicio	Tem. Max. Oper. (°C)			P. Max. Oper. (°C)			Material de tubería
	Líquido	2 fases	Vap.	Líquido	2 fases	Vap.	
Clase	$T_{max} = T_{op} + 15^{\circ}C$			$P_{max} = P_{op} * 1.1$			Eje: 150 # RF T.C = 0" ASTM A312/TP 304L C/C EFW De ½" a 14" (1)
Servicio (SE)				$P_{max} = P_{op} + 2Kg/cm^2$			

Tabla 3.1 Índice de servicios. Fuente: Notas de clase de la materia de Ingeniería de Proyectos

Notas: 1. Código de diseño ANSI / ASME B31. 3. Última edición

3.3 Índice o Lista de líneas

Este documento tiene como finalidad el indicar las condiciones bajo las cuales será diseñada, construida y estará en operación cada línea en un determinado proceso o servicio auxiliar.

El índice de líneas es el resultado de un esfuerzo combinado entre las secciones de proceso y tuberías. La información que contiene proviene de los diagramas de proceso y de la memoria de cálculo de diámetros del ingeniero de proceso que al combinarse

con la identificación de la línea y los criterios de diseño establecidos en las especificaciones de tuberías componen un documento que servirá de base a la selección, ayudara como elemento de control en la compra de materiales seleccionados y permitirá planear las actividades de prueba

3.3.1 Información requerida en una lista de líneas.

A continuación se indica en forma detallada la información que contiene un índice de líneas típico

a) Revisión

Se indica el número o letra de la revisión correspondiente, puede que se genere una modificación o corrección en los datos de determinada línea lo cual cambia el número o letra de la revisión. Para casos académicos solo se llega a la primera revisión (A)

b) Identificación de la línea

La identificación de las líneas utilizadas tanto en Diagramas de Tuberías e Instrumentación como en la lista de líneas, están basadas principalmente en lo señalado por el “Procedimiento de trabajo para la identificación de líneas”.

La designación completa línea de proceso contiene lo siguiente: (1) tamaño de la línea (nominal), (2) servicio (3) número de secuencia, y (4) Especificación de la tubería

En forma general las líneas se identifican de la siguiente forma

(1)DI - (2)SE - (3)NUME - (1)ESTU

1. El diámetro será el calculado por el Ingeniero de Proceso.
2. El servicio corresponde a las claves de servicio previamente acordadas en el proyecto.
3. Se emplearán números consecutivos de líneas puede ser a partir de 1, 100, 1000, etc.
4. La especificación de tubería será la previamente analizada y determinada en el documento Índice de Servicios.

Es conveniente hacer notar que el índice de Líneas se ordena alfanuméricamente, es decir, por clave de servicio y número de línea consecutivo. Así también, ésta identificación deberá ser consistente con la indicada en los Diagramas de Tubería e Instrumentación.

c) Fluido y la fase en que se encuentra

Indicará si la sustancia está en estado líquido, líquido-vapor o Vapor.

d) Ruta de Línea

Se indica de donde parte una línea y a donde llega (Desde: se indica el origen de la línea - Hasta: se indica el destino de la línea).

e) Condiciones de operación

Se indica las condiciones más severas de presión y temperatura a las que la línea está sometida. Debe notarse qué condiciones temporales se indicarán, solamente cuando exista una clara evidencia de que gobernarán en el diseño de acuerdo a lo establecido en los códigos como (ANSI B31-3).

Dis: Se indican las condiciones máximas de presión y temperatura a las que la línea estará sometida.

En los casos en que exista una situación especial que afecte al diseño, ésta deberá indicarse en la columna de observaciones.

f) Condición de diseño

Se indica la presión y temperatura coincidentes que se emplearán para el diseño de la línea. Estos datos provienen de:

- Aplicación de una regla general
- Estudio de sistemas.

En el caso de una regla general sería: 10 % o 25% más sobre la presión de operación o vacío total. En el caso de estudio de sistema podrá ser: La máxima presión de descarga

de una bomba. En los casos que exista una situación especial que afecte el diseño, ésta se deberá indicar en la columna de observaciones.

g) Presión de prueba para cada línea

El diseñador de procesos también tiene que designar a las presiones de prueba hidráulica para cada línea. Esta prueba se lleva a cabo después de la construcción, es esencialmente completa y, a menudo se lleva a cabo mediante pruebas de secciones de sistemas de tuberías, por partes de la tubería o equipo, si es necesario. Se debe de tener extremo cuidado para evitar el exceso de presión sobre la tubería. Algunos sistemas de diseño de línea incluyen la presión de prueba en el código de línea, pero esto a menudo se vuelve demasiado difícil de manejar para los propósitos de redacción.

La presión máxima de prueba será aquella que corresponda al componente más débil en un sistema de tubería y equipo; pudiendo ser una brida el cuerpo de una válvula o bien el espesor de una tubería.

g.1) Reglas generales

Cuando la prueba es hidrostática será especificada a una presión de 1.5 veces la presión de diseño; cuando es neumática 1.1 veces la presión de diseño y en caso de vacío 15 psig mínimo.

g.2) Medio de prueba

Si el medio de prueba es agua, se indicará L. y

Si el medio de prueba es gas o aire se indicará G.

h) Aislamiento y pintura

Se indica el tipo de aislamiento de la línea de acuerdo a claves como:

- BP: protección personal
- HC: Conservación de calor
- ST: Trazado

O bien la especificación de pintura aplicable

3.3.1.1 Línea Crítica

Si: Se indicará una Si cuando el sistema de tubería sea crítico por el proceso, por ejemplo una línea de succión de bomba.

3.3.1.2 Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI)

Se indica el número de diagrama de tubería e instrumentación donde se encuentre contenida la línea, si la línea se encuentra contenida en varios DTI, se indicará el número del diagrama de origen y el número final, separados por una diagonal.

3.3.1.3 Información de localización

Se muestra en el DTI en que se encuentra o nace la línea y en los casos que se requiere, el número de sistema de flexibilidad.

3.3.1.4 Dimensionamiento de líneas

El dimensionamiento de líneas puede ser dividido en dos categorías: sistemas que no involucran equipo de bombeo y sistemas que involucran equipo de bombeo o compresión.

Las líneas en la primera categoría son dimensionadas bajo la base de caída de presión disponible mientras que las líneas que comprenden la segunda categoría su diámetro deberá estar basado en un tamaño económico (mientras más pequeña es la línea es menor el costo de la tubería pero se incrementa el costo del bombeo, por lo que debe existir un diámetro optimo).

El ingeniero de proceso basado en reglas generales de experiencia relativas a velocidades o caídas de presión puede seleccionar un diámetro de línea posiblemente conservados pero que cumplirá con los requerimientos de proceso.

Capítulo IV Cómo se elabora un Índice o Lista de líneas.

El índice de líneas o lista de líneas tiene como objetivo ayudar al ingeniero de proceso o al personal el entender e identificar las tuberías que actúan en un proceso, como ya se sabe para cualquier proceso químico antes de empezar, durante su construcción y aun así en funcionamiento deben de existir planos para una mayor identificación.

Antes de realizar un índice de líneas, se debe identificar el proceso en un Diagrama de Flujo de Proceso (DFP) en este solo se indican los equipos y las tuberías principales del proceso; después de este diagrama sigue el de tubería e instrumentación (DTI) que es un diagrama más específico sobre el proceso y servicios auxiliares. En el DTI se especifica con mayor detalle las tuberías y los equipos.

Tanto para las tuberías, equipo y accesorios, existen especificaciones en “hojas de especificación”. Para las tuberías, existe un documento que se llama índice de servicios que se encarga de hacer la especificación del material de la tubería.

Debido a que las tuberías son los elementos en mayor cantidad en la planta de proceso, surge la necesidad de agruparlas en un índice o lista; todas las tuberías se identifican como se describió en el capítulo III (1)DI - (2)SE - (3)NUME - (1)ESTU. Esto debe coincidir con la especificación que se hace en el DTI.

En este apartado se describe como es que se de elaborar un indice de lineas.

Este índice es un sumario de todas las líneas de proceso donde se incluye el diámetro, servicio, número y especificación, origen y destino de las líneas, así como presión y temperatura de operación, y de diseño.

A partir de este documento se podrá conocer las interconexiones entre tuberías y equipos, conocer las condiciones de operación a las que se sujetará la tubería y establecer las condiciones de diseño de la tubería.

4.1 Número de línea

En un proceso químico las líneas y equipos toman y forman un papel importante por lo que al identificar las líneas y los equipos es importante ya que de esta manera se puede llevar un mejor control e identificación para un proceso dado.

En número de línea o de corriente, se asigna por un orden de importancia. Por ejemplo, primero enumerar la líneas principales; es decir, todas las que provienen de un límite de batería y que es materia prima del proceso, después por las líneas que entran a los equipos, por consiguiente la líneas que salen de los equipos, continuamos con los subproductos que salga del proceso y por último las líneas de servicio a la planta de proceso.

Pero no hay alguna regla para la numeración de la línea y todo es basado en la experiencia, el número de la línea podría seguir el orden que se desee, teniendo en cuenta que esta numeración debe tener una secuencia. La numeración de línea empieza desde un DFP, seguido por el DTI, y después la lista de líneas, en estos documentos las líneas deben ser iguales, ya que de lo contrario causara problemas al momento de describir y tratar de entender el proceso.

Las líneas en el DTI pueden ser numeradas al igual que las líneas del DFP, por ejemplo, puede comenzar desde 01, 02, 03, 04...etc., las del DTI son iguales; debemos tener en cuenta que muchas veces si el proceso se divide en tres partes y a cada parte se le debe de hacer un diagrama, entonces tal vez las numeración primero tendría el número del plano. Por ejemplo 100, seguido o sustituyendo el último número por el número de la corriente esto es 100-1 o 101, o sin importar eso, la numeración puede empezar a partir de 1000 o del número que mejor le acomode al proceso, pero siempre debe de existir una congruencia entre todas las líneas del plano y el índice de líneas

4.2 Clasificación de tubería

Como se mencione el capítulo III, la especificación de la tubería puede ser de acuerdo a las características con las que fue hecha la tubería, por ejemplo si es acero al carbón, acero inoxidable, acero y otras aleaciones o algún otro metal o plástico. Cada uno de estos materiales tiene un código o un clave.

Esta tesis se basa en la especificación del material como lo hace la NRF 32 de Pemex 2012, el cual indica Letra y número para la especificación de material. Por lo cual se proponen los siguientes materiales y su abreviación

- T1 = Acero al carbón
- T2 = Acero de baja y de media aleación
- T3 = Acero inoxidable
- T4 = Níquel y sus aleaciones
- T5 = Titanio y sus aleaciones
- T6 = Aluminio y sus aleaciones
- T7 = Tántalo y sus aleaciones y otras aleaciones no ferrosas
- T8 = Materiales no metálicos
- TX = Materiales diferentes a los anteriores

Esto es si usamos acero al carbón cedula 40, se especificara de la siguiente manera **T140**.

4.3 Conexiones entre tuberías

El objetivo de las lista de líneas es identificar todas las líneas de proceso. Entonces para tener una mejor clasificación e identificación de la línea debemos considerar los equipos y las líneas que se conectan. Por lo cual en el índice de líneas se considerara a los equipos que interactuaran ente ellas y en algunas ocasiones si es que interactúan entre ellas mismas. Para ello el índice de líneas estos equipos se deben de mencionar de la siguiente manera.

- ***4.3.1 Desde equipo***

Indicara de qué equipo sale la tubería. La clave del equipo y el número del equipo que se muestra en el DFP y DTI

- ***4.3.2 Hasta equipo***

Indicara hasta qué equipo llega la tubería. La clave del equipo y el número del equipo que se muestra en el DFP y DTI

4.4 Condiciones de Operación

Las condiciones de operación, son las que se determinan por medio del proceso, es decir son las condiciones que requiere el proceso para obtener el producto deseado. En estas condiciones de operación tenemos a:

- **Temperatura**

La temperatura determina la entalpía necesaria para que el proceso funcione, puede ocurrir el caso en el que las temperaturas puedan o no puedan ser iguales en el proceso, y eso depende de las características del fluido que se transporta, habrá fluidos que requieran una temperatura mayor a la ambiente o menor, pero todo esto depende del fluido que se transporte

- **Presión**

De la misma manera, la presión indica la cantidad de carga de fluido, indicara si para su proceso se requiere la presión atmósfera o si necesita más o menos para que el fluido cumpla con las características en el proceso, y al igual que la temperatura no todas las presiones serán iguales pero eso dependerá de las condiciones del fluido que se transporte y los requerimientos del proceso.

4.5 Condiciones de Diseño

Temperatura: La temperatura de diseño es la temperatura del metal que representa la condición más severa de presión y temperatura coincidentes. Los requisitos para determinar la temperatura del metal de diseño para tuberías son como sigue:

- Para componentes de tubería con aislamiento externo, la temperatura del metal para diseño será la máxima temperatura de diseño del fluido contenido
- Para componentes de tubería sin aislamiento externo y sin revestimiento interno, con fluidos a temperaturas de 32°F (0°C) y mayores, la temperatura del metal para diseño será la máxima temperatura de diseño del fluido reducida
- Para temperaturas de fluidos menores de 32°F (0°C), la temperatura del metal para el diseño, será la temperatura de diseño del fluido contenido.

- Para tuberías aisladas internamente la temperatura será especificada o será calculada usando la temperatura ambiente máxima sin viento (velocidad cero).

Presión: La presión de diseño no será menor que la presión a las condiciones más severas de presión y temperatura coincidentes, externa o internamente, que se espere en operación normal. La condición más severa de presión y temperatura coincidente, es aquella condición que resulte en el mayor espesor requerido y en la clasificación (“rating”) más alta de los componentes del sistema de tuberías.

4.6 Caudal

El puede ser volumétrico, másico, molar. EL caudal que se transporte en las tuberías debe ser acorde a la tubería; es decir que dependiendo el diámetro de la tubería existe un caudal recomendado. Por otro lado si el caudal que se requiere es muy grande y la tubería muy pequeña, causara que el caudal no sea el necesario o pueda dañar a la tubería, y pasaría lo mismo para un caudal muy pequeño y una tubería grande; existiría un caudal innecesario que no proporciona lo que se requiere en la planta; ambos casos provocarían grandes caídas de presión, poca eficiencia y elevaría el costo de la planta. Cuando no se cuenta con el caudal indicado o es recomendable recurrir a tablas de especificación de flujo dependiendo del diámetro de tubería, en el cual nos indicara que flujo es recomendado para cierto tamaño de tubería.

A continuación se mostrara un ejemplo de los requerimientos de un índice de líneas

4.7 Hoja de índice de líneas

Se propone este formato para la especificación del índice de líneas.

<u>Proyecto</u>				<u>Giro</u>								
<u>Fecha</u>				<u>Cliente</u>								
<u>Elaborado</u>				<u>Localización</u>								
<u>Revisión</u>				<u>Aprobado</u>								
N° de DTI												
Línea clave de identificación				Ruta		Presión Kg/cm ²		Temperatura °C		Medio de prueba	Línea crítica	Observaciones
∅ _N (In) (DN)	Servicio	Numero de línea	Esp. Material	Desde	Hasta	Op	Dis	Op	Dis	Liq (L) Gas (G)		

Tabla 4.1 Propuesta de la lista para la especificación del índice de líneas

Clave de identificación en el DTI
2 - AC - 123 - T6 40

Tabla 4.2 Especificación de la tubería en la forma DI-SE-NU-ESTU

Se genera al momento de capturar las líneas del proceso, la ventaja que se puede resaltar es que a las necesidades del alumno, la tabla podrá orientar en la descripción de las líneas de proceso y una mayor identificación debido a su rápido acceso

Capítulo V Programa de cómputo.

En este apartado se especifica y se desarrolla un programa que permita la especificación de las tuberías.

El programa nos proporciona tres opciones: La primera es el dimensionamiento del diámetro de la tubería a través de las propiedades del fluido; La segunda opción es el dimensionamiento del diámetro de la tubería por medio de velocidades y diámetros recomendados en donde solo se necesita indicar el flujo que corre por la tubería; y la tercera opción, da acceso a la especificación de la tubería mediante un llenado del índice de líneas la cual se puede complementar con las dos primeras opciones.

El dimensionamiento del diámetro de la tubería se puede usar u omitir, esto depende si es que se requiere; es decir, si no se cuenta con el diámetro de las tuberías que se utilizaran en un proceso o un problema de flujo de fluidos, se debe recurrir al cálculo del diámetro por alguna de las dos opciones.

El programa está codificado con Visual Basic y Excel, mediante un comando de macros, tiene la ventaja de que puede ser consultado en cualquier parte y no se requiere ninguna instalación de programas, ya que Excel tiene VBA dentro de sus controles de programador.

5.1 Descripción del programa

Primero, comenzamos por abrir el documento de Excel que contiene al programa.

Al abrir el documento aparecerá una barra que indica que los macros están deshabilitados, por lo que le debe habilitar o activar el macros, figura 5.1

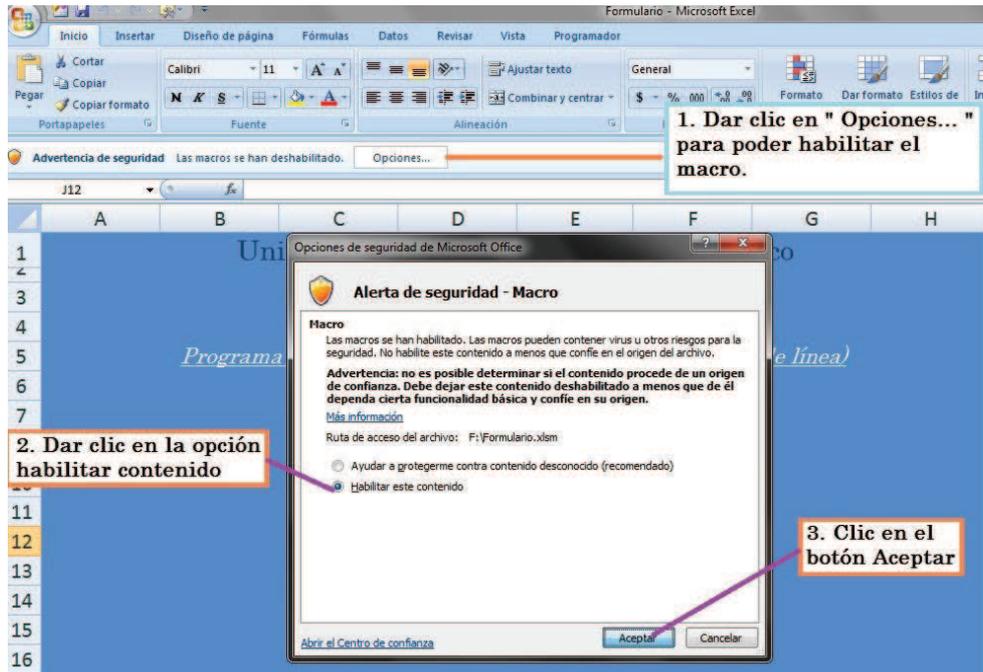


Figura 5.1 Acción de habilitar macros en la hoja de Excel.

Después de que se habilito el macro en Excel, se muestra la siguiente ventana

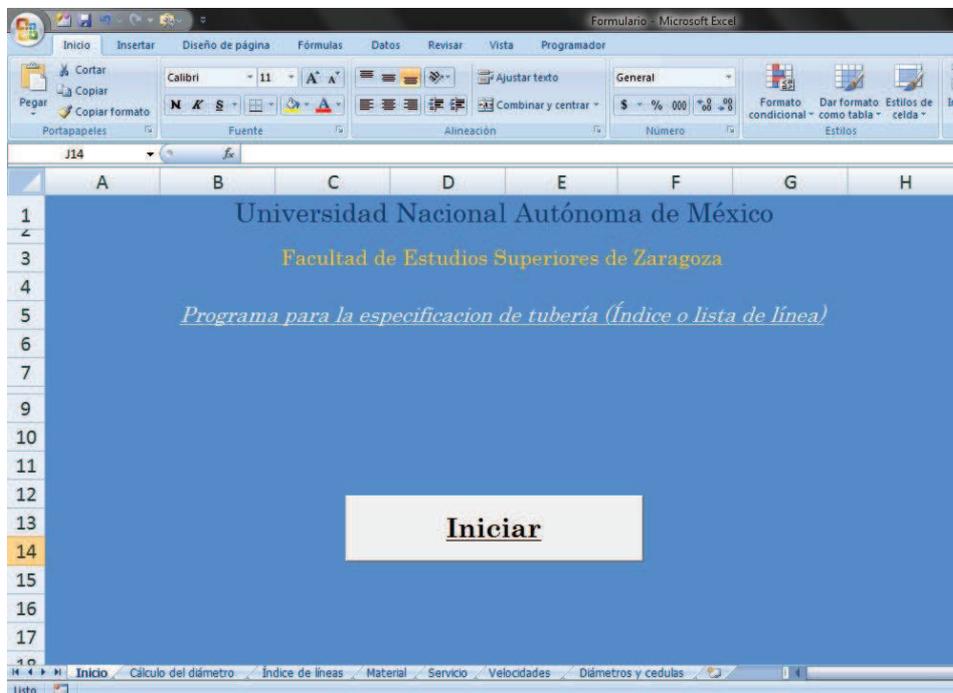


Figura 5.2 Ventana de Inicio para la especificación de la tubería de proceso

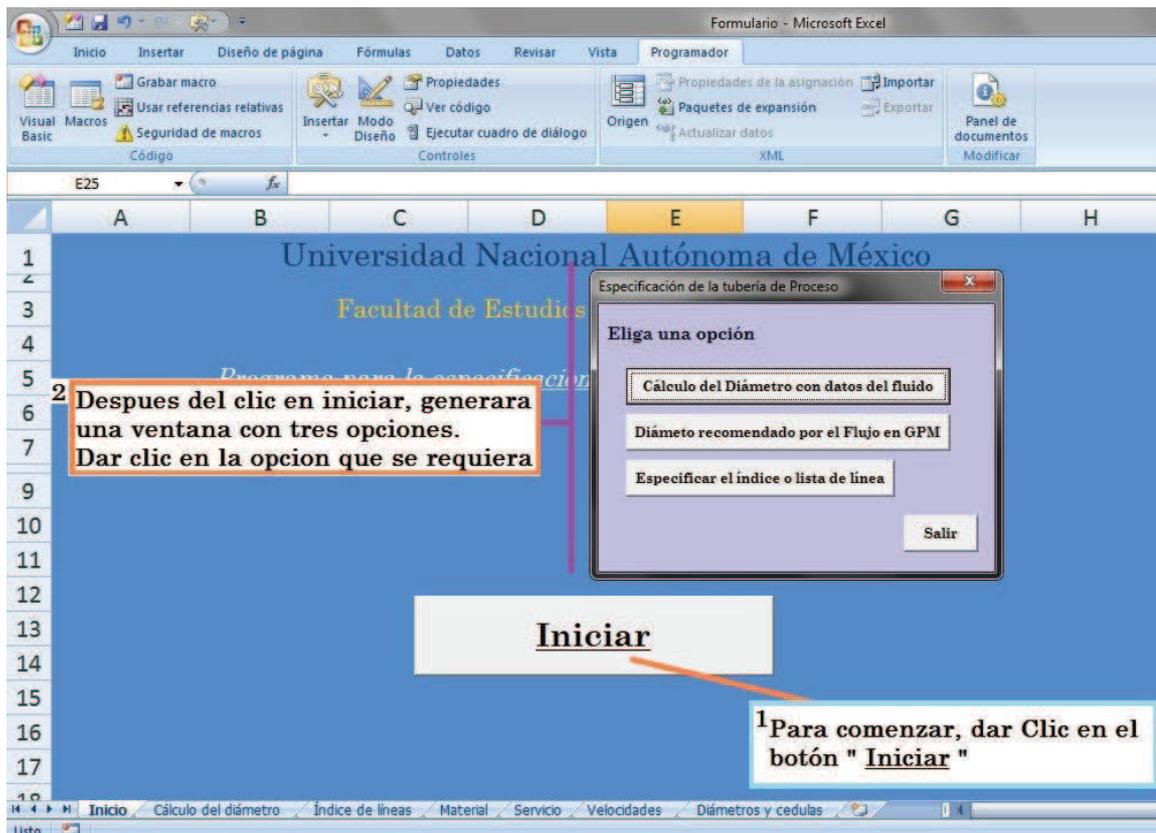


Figura 5.3 Inicio del programa y ventana de selección

5.1.1 Funcionamiento del programa

Dar clic en la primera opción “Cálculo del diámetro con datos del fluido”.

Se genera la ventana que se muestra en la figura 5.4.

En la ventana que se genera pide que introduzca los valores de algunas de las propiedades del fluido, de la tubería y del medio que la rodea.

Se puede consultar el Anexo A y B para obtener los datos del fluido

The image shows a software window titled "Cálculo del diámetro de la tubería" with a close button (X) in the top right corner. The window has a light purple background and contains the following elements:

- Datos:** A section with four input fields:
 - Flujo ft^3/s
 - Densidad lb/ft^3
 - Viscosidad $\text{lb}/\text{ft}^*\text{s}$
 - Diametro* ft
- A button labeled "Cálculo del Número de Reynolds".
- A horizontal pink separator line.
- Five more input fields:
 - LT ft
 - gc $\text{lbft}/\text{lb}^*\text{s}^2$
 - DP lb/ft^2
 - E/D
 - Factor f
- A button labeled "Cálculo del Diámetro".
- Two output fields with pink backgrounds:
 - Diámetro (ft)
 - Diámetro (in)
- A button labeled "Almacenar".
- A button labeled "Regresar" in the bottom right corner.

Figura 5.4. Cálculo del diámetro de la tubería

A continuación se dará un ejemplo de un problema para familiarizarse con el programa. El ejemplo se toma de un problema de la materia de flujo de fluidos de 5° semestre [Anexo D formulas usadas para el cálculo de la tubería]

Ejemplo 1

Una tubería de acero remachado lleva 2 ft³/s de gasolina a una distancia de 800 ft y una diferencia de presión ΔP de 40 PSI, la temperatura a la que se transporta el fluido es a 60°F. Seleccionar el diámetro óptimo para esta instalación.

Primer paso, Datos del problema.

En este apartado se debe obtener todas las propiedades del fluido que se transporta en la tubería, estas propiedades pueden ser especificadas en el problema o se pueden obtener por medio de fórmulas, graficas, nomogramas, o tablas. En el Anexo A se muestran algunas tablas y nomogramas para la obtención de estas propiedades.

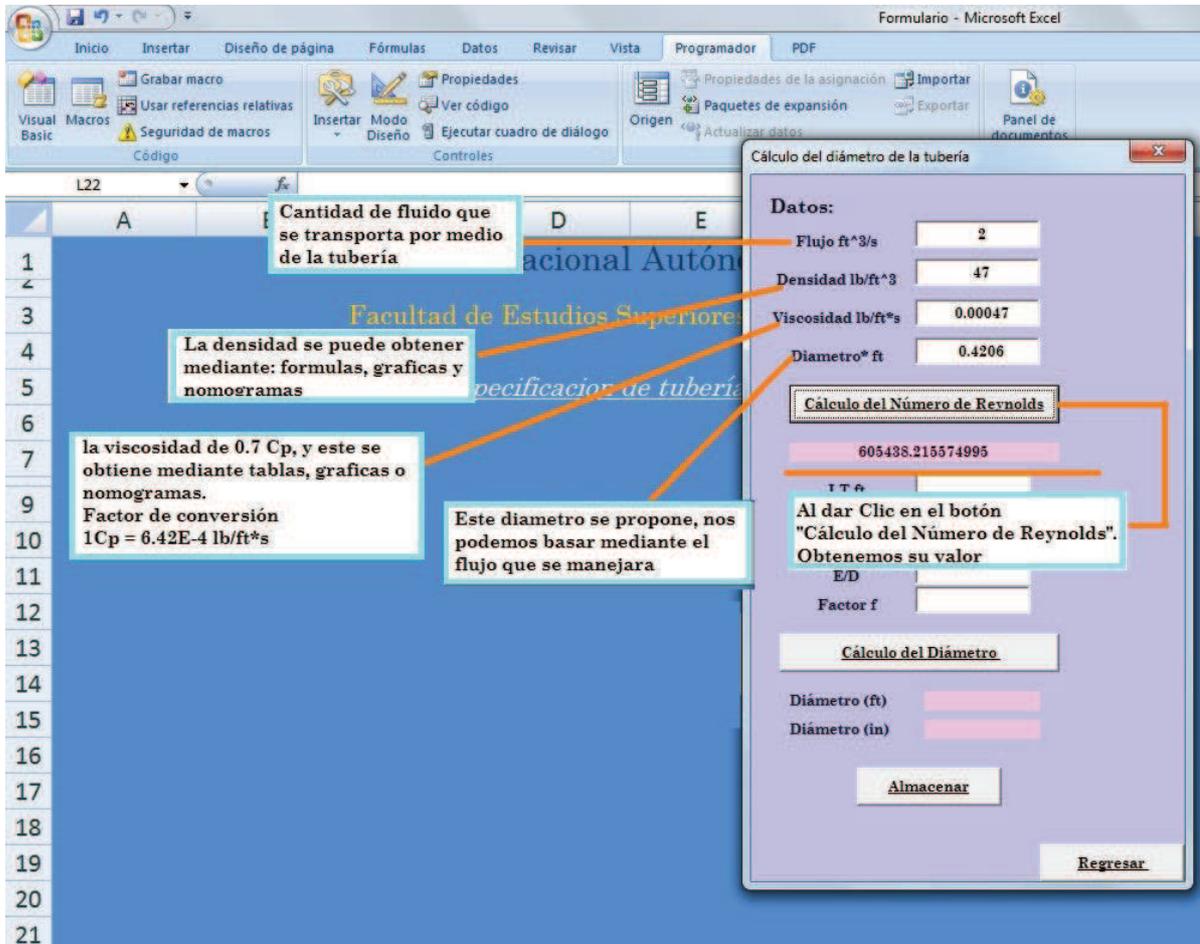


Figura 5.5. Cálculo del número de Reynolds

Después del cálculo del número de Reynolds, se pasa al segundo bloque que son las condiciones de la tubería y del medio ambiente.

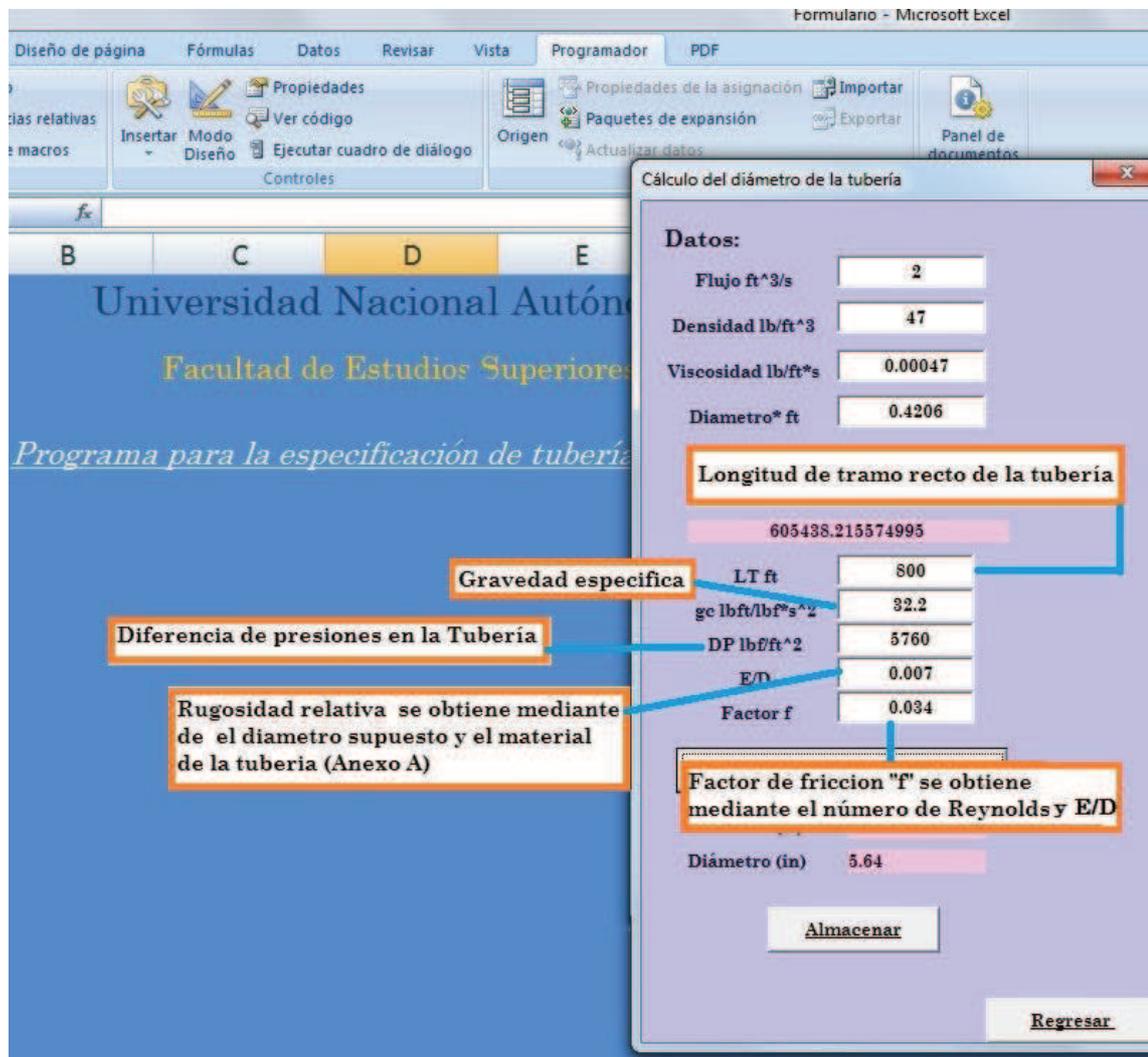


Figura 5.6 Datos de la tubería

LT se debe de especificar en el problema, la diferencia de presión se toma al inicio y final de la tubería, la rugosidad relativa E/D se obtiene mediante el diámetro supuesto y el material de la tubería mediante una gráfica, y por último el factor de fricción "f" se obtiene mediante el número de Reynolds y la rugosidad relativa mediante una gráfica [Anexo A]

Nota: en caso de que la tubería sea lisa el factor de fricción se calcula como

$$f = 0.3164 N_{RE}^{-1/4}$$

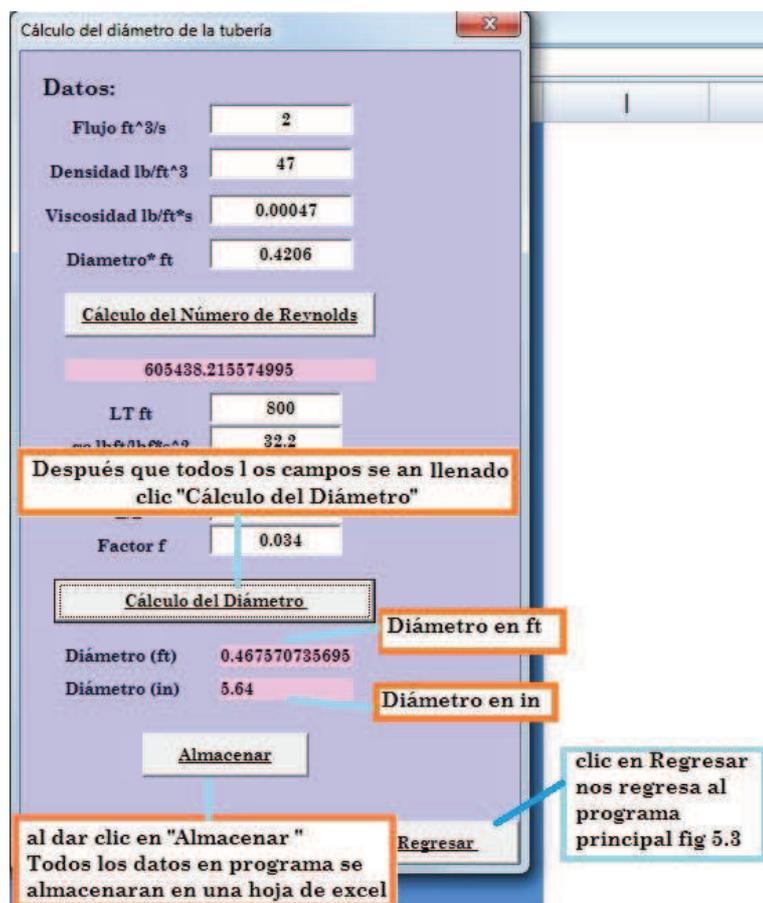


Figura 5.7 Cálculo del Diámetro

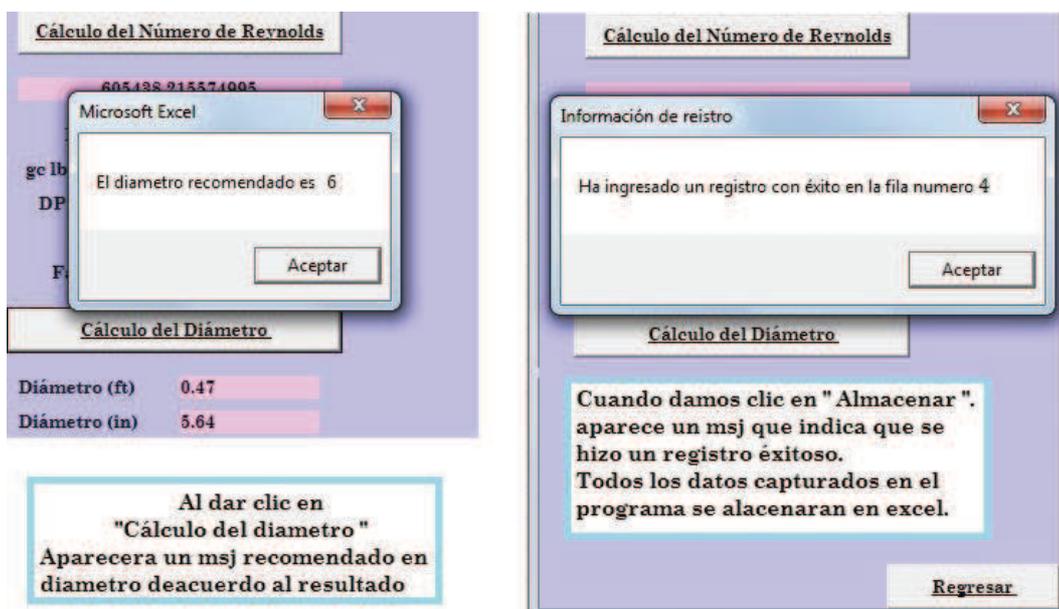


Figura 5.8 Almacenamiento de datos

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2												
3	Flujo ft ³ /s	Densidad lb/ft ³	Viscosidad lb/ft ² s	LT (Ft)	gc lbf/lbm*s ²	DeltaP lbf/ft ²	Dsup (ft)	e/d	Factor de fricción f	Nre	Diametro (ft)	Diametro (in)
4	2	47	0.00047	800	32.2	5760	0.4206	0.007	0.034	6.0544E+05	0,46757073 5695559	6

Figura 5.9 Almacenamiento de los datos y dimensionamiento del diámetro de tubería, en la hoja de Excel

Este cálculo se repite hasta encontrar el diámetro correspondiente a la tubería. Esto es, hasta que el diámetro supuesto y el calculado sean iguales. Por lo cual se podrá decir que se ha encontrado el diámetro óptimo para la tubería.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1												
2												
3	Flujo ft ³ /s	Densidad lb/ft ³	Viscosidad lb/ft ² s	LT (Ft)	gc lbf/lbm*s ²	DeltaP lbf/ft ²	Dsup (ft)	e/d	Factor de fricción f	Nre	Diametro (ft)	Diametro (in)
4	2	47	0.00047	800	32.2	5760	0.4206	0.007	0.034	6.0544E+05	0.4676	6
5	2	47	0.00047	800	32.2	5760	0.4645	0.006	0.032	5.4822E+05	0.4619	6
6	2	47	0.00047	800	32.2	5760	0.4619	0.006	0.032	5.5130E+05	0.4619	6

Figura 5.10 Determinación del diámetro óptimo

Por lo que como resultado obtenemos que el diámetro que se requiere para este problema es de 6 pulgadas.

Nota: la rugosidad y el factor de fricción, al transcurso del cálculo deben de modificarse ya que estas propiedades dependen de gráficas. [Tablas y nomograma anexo A]

Al dar clic en el botón regresar, regresa a la ventana principal que se muestra en figura 5.3, Ahora al elegir el botón “Diámetro recomendado por el flujo en GPM” se obtiene la siguiente ventana:

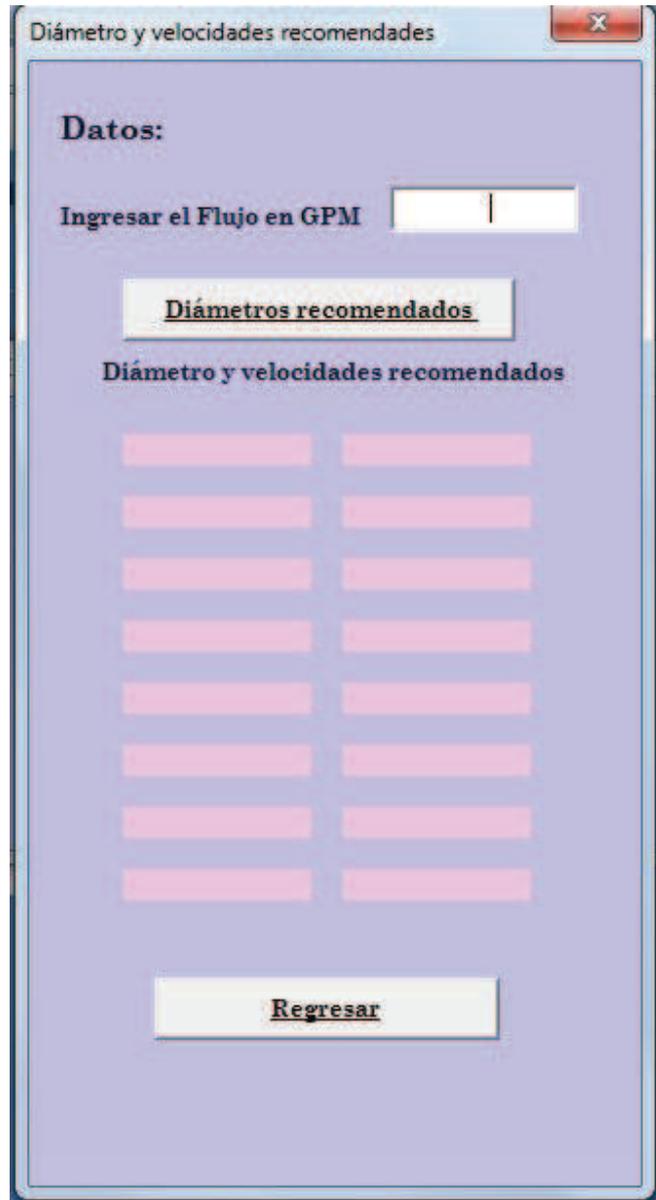


Figura 5.11 Programa para la recomendación del el diámetro mediante el flujo de proceso

Este programa da la opción de recomendar un diámetro y una velocidad. Se usa si es que solo se cuente con el flujo que lleva la tubería.

Su funcionamiento es el siguiente al ingresar un flujo en GPM, y dar clic en diámetro recomendado el resultado es: Diámetros y velocidades recomendados. La primera columna mostrara todos los diámetros recomendados para ese flujo y para cada diámetro se le asignara una velocidad recomendada que se muestra en la segunda columna.

Se muestra un listado de diámetros cada uno con una velocidad, por lo que solo queda seleccionar el diámetro que se requiera para la tubería. El flujo, se pide en GPM (Galones por minuto), debido a que las cantidades son más manipulables. El factor de conversión que podemos utilizar para pasar de galones a ft^3/min es el siguiente: $1 \text{ GPM} = 0.1337 \text{ ft}^3/\text{min}$

Ejemplo 2

Se requiere transportar 100 GPM en una tubería, y se requiere saber qué diámetro se puede utilizar: Por lo que en la ventana que se muestra en la figura 5.13 se ingresa el flujo requerido.

Diámetro y velocidades recomendadas

Datos:

Ingresar el Flujo en GPM

Diámetros recomendados

Diámetro y velocidades recomendados

2	9.56
2.5	6.7
3	4.34
3.5	3.25
4	2.52
5	1.6
6	1.11
1.5	15.78

Regresar

Figura 5.12 Dimensionamiento de diámetro de la tubería, por medio diámetros y velocidades recomendadas

Como resultado se recomiendan los siguientes diámetros 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 5, 6 in. De este rango de diámetros se utiliza el que se ajuste a la necesidad del proceso, Estos datos que están basados en la cedula 40 que es más comercial.

Al dar clic en el botón regresar enviara a la ventana principal que se muestra en figura 5.3.

Ahora al dar clic en el botón “Especificar el índice o lista de líneas”.

Llamara a la ventana que se muestra en la figura 5.14

The screenshot shows a software window titled "Especificación de líneas" with a close button (X) in the top right corner. The window contains a form for pipe specification with the following fields and controls:

- Identificación de la línea.**
- Projecto: [Text input]
- Fecha: [Text input]
- Revisión: [Text input]
- Elaborado por: [Text input]
- Giro: [Text input]
- Cliente: [Text input]
- Localización: [Text input]
- Aprobado: [Text input]
- Número de DTI: [Text input]
- Fluido de servicio: [Dropdown menu]
- Número de línea: [Text input]
- Material de tubería: [Dropdown menu]
- Ruta de la tubería: Desde: [Text input] Hasta: [Text input]
- Presión de operación [Kg/cm²]: [Text input]
- Presión de Diseño [Kg/cm²]: [Text input]
- Temperatura de Operación [°C]: [Text input]
- Temperatura de Diseño [°C]: [Text input]
- Fase del Fluido: Líquido Vapor
- Línea crítica: Si No
- Cedula: [Dropdown menu]
- Diámetro: [Dropdown menu]
- Observaciones: [Text area]
- Buttons: Especificar, Almacenar, Regresar

Figura 5.13 Programa para la especificación del índice de líneas

Este formulario proporciona opciones y ventajas para facilitar el registro de un índice de líneas.

The screenshot shows a software window titled "Especificación de líneas" with the following fields and callouts:

- Identificación de la línea:**
 - Projecto, Fecha, Giro, Localización, Aprobado, Número de DTI (all in a red box).
 - Revisión, Elaborado por, Cliente (all in red boxes).
 - Callout: "Los datos que aparecen en rojo, es la identificación del proceso"
- Fluidos y Condiciones:**
 - Fluido de servicio, Número de línea, Material de tubería (all in a purple box).
 - Callout: "En este apartado se hace la especificación de la tubería con DI-SE-NUME-ESTU"
 - Fase del Fluido: Líquido Vapor
 - Línea crítica: Si No
 - Callout: "Da información sobre la fase del fluido y bajo que condiciones trabaja la tubería"
- Ruta y Condiciones de Diseño:**
 - Ruta de la tubería: Desde: [] Hasta: []
 - Presión de operación [Kg/cm²], Presión de Diseño [Kg/cm²], Temperatura de Operación [°C], Temperatura de Diseño [°C] (all in a green box).
 - Callout: "Se muestran las condiciones en las que se lleva acabo el proceso y apartir de estos datos se obtienen las condiciones de diseño"
 - Callout: "Muestra la ruta de la tubería"
- Output and Navigation:**
 - Cedula, Diámetro (dropdown menus in a purple box).
 - Callout: "Al dar clic en almacenar todos los datos se vacian en el formato de hoja propuesto en excel. Mientras no se cierre el programa las datos en rojo permaneceran"
 - Buttons: Almacenar, Regresar

Figura 5.14 Descripción de la hoja de almacenamiento

Ejemplo 3

El siguiente ejemplo se tomara en base a los ejercicios de la materia de Ingeniería de Proyectos.

Se tiene un mezcla de glicol rico (Teg-agua) proveniente del sistema de recuperación de líquidos, esta será alimentada a control de flujo al sistema de regeneración glicol a 1.0kg/cm² man. Y 14 °C. el glicol rico es recibido en el tanque acumulador de glicol rico FA-250, el cual opera a una presión de 0.4 kg/cm² man y 13°C. Puesto que la planta operará aproximadamente 2 horas al día, este tanque funcionara como tanque acumulador y tanque de carga a la planta. Sirviendo también para eliminar parte de los hidrocarburos gaseosos al sistema de desfogue a control de presión, que pudiera

llevar la corriente de glicol. El glicol rico es enviado por medio de la bomba GA-250/R a una presión de 4 kg/cm² man y 13°C, al filtro de cartuchos FG-250, donde se eliminan partículas sólidas resultado de la corrosión y de la abrasión y posteriormente al intercambiador de calor glicol rico –glicol pobre EA-250, precalentándolo con el glicol pobre a 65°C a control de temperatura para de ahí ser alimentado a la columna agotadora DA-250 que cuenta con empaque estructurado que permite una mejor separación del glicol agua y que está montada sobre un rehervidor de glicol EA 251.

Para lograr esta separación de glicol rico será calentado a una temperatura aproximada de 142 °C y una presión de 2 kg/cm² man, en el rehervidor de glicol EA-251. El vapor generado durante el calentamiento atravesará la sección empacada y será enviado a la atmósfera por el domo de la columna agotada. El glicol pobre que sale del rehervidor se enviara al tanque acumulador de glicol pobre FA-251 a 2 kg/cm² man y 142 °C previo al enfriamiento en e intercambiador EA-250, para finalmente ser inyectado al sistema de recuperación de liquidas del límite de batería mediante la GA-251/R bomba a una presión de 12.5 kg/cm² y 75°C. El rehervido EA-251 de glicol utilizará gas combustible como medio de calentamiento a control de temperatura conectado a la salida del rehervido EA-251, debido a que durante el proceso hay perdidas de producto, se cuenta con un tanque de reposición de glicol FA-252 que es inyectado con la bomba GA-252/R, al tanque acumulador de glicol pobre para mantener siempre una presión positiva.

Para obtener el resultado del esta descripción de proceso, primero se debería de hacer un DFP y después un DIT. Pero aparte de especificar el índice de líneas de un proceso, que tiene como objetivo este programa, existe la ventaja de que se puede colaborar con este programa, para obtener a especificación del la tubería y de esta manera identificar y colocar de una manea más sencilla las claves en el DTI.

Entonces primero empezaremos por identificar las conexiones que existen en este proceso y las condiciones en las que se encuentran cada una de estas conexiones.

- FA250 a GA-250/R 4 kg/cm² man y 13°C
- GA-250/R a FG-250, 4 kg/cm² man y 13°C
- FG-250 a EA-250 a 65°C

- EA-250 a DA250
- DA250 a EA 251 142 °C y una presión de 2 kg/cm² man
- EA 251 a EA-250 142 °C y una presión de 2 kg/cm² man
- EA-250 a FA251
- FA251 a GA-251/R
- GA-251/R a L.B 12.5 kg/cm² y 75°C
- GA-252/R a FA-252, 1.0kg/cm² man. Y 14 °C

Después de que identificamos las conexiones y las condiciones del proceso, se puede comenzar a utilizar el programa.

Figura 5.15 llenado del programa para la especificación de la tubería

En el cuadro 1 el fluido que se transporta por medio de la tubería. Este se elige a través de un listado de contiene el programa al elegir el servicio de la tubería, se genera automáticamente la clave de la tubería.

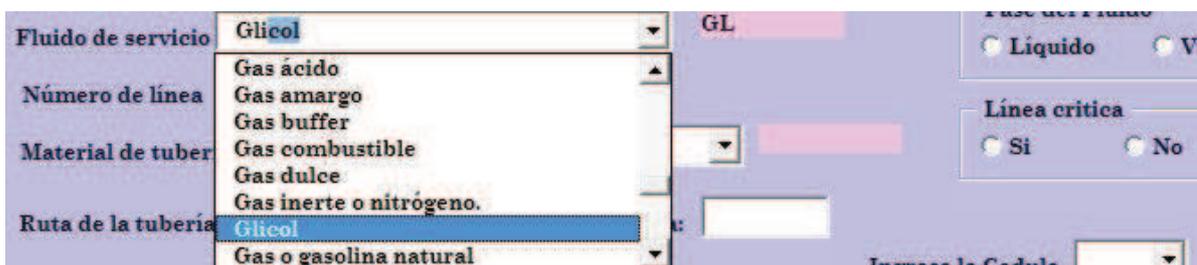


Figura 5.16 Elección de la clave del fluido que transporta la tubería. Para saber que significa cada abreviatura ver Anexo C, en la tabla guía de servicios

En el cuadro 2. Para elegir el material de la tubería sucede lo mismo que el cuadro 1, existe una lista despegable donde se encuentra una lista de materiales propuestos para este trabajo al dar clic en el material requerido se genera la clave del material.

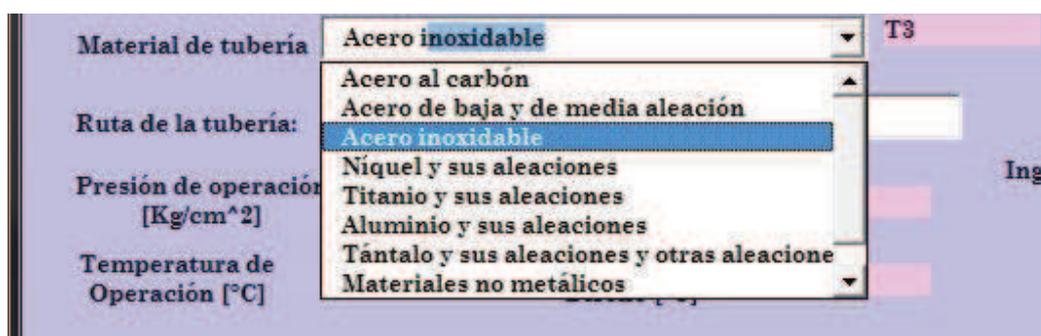


Figura 5.17 Selección del tipo de material.

Para esta tesis la clasificación de la tubería se eligió de manera que fuese sencilla de recordar y práctica de usar. En el capítulo IV se cuenta con la asignación de la clasificación de los materiales. Por lo que se recomienda consultarlo antes de que llene el formulario. Para este caso elegiremos acero inoxidable que se clasifica con T3.

Debido a que la descripción del proceso no trae el diámetro, ni el flujo que se maneja en la tubería, se supone un flujo y con el programa para recomendar se obtiene el diámetro, Se propone un flujo de 100 GPM. La cedula que se elige depende del tipo de proceso en este caso no se trabaja a altas presiones y temperaturas por lo que podemos usar la cedula más comercial.

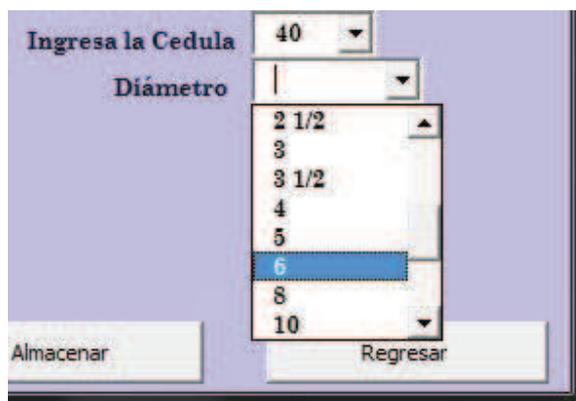


Figura 5.18 Elección de la cedula y diámetro de a tubería

En este programa solo se especifican los diámetros de las cedula 40 debido a que solo es para uso académico y es la cedula más comercial, si se desea colocar otra cedula el programa tiene la flexibilidad de almacenar la cedula en la hoja propuesta

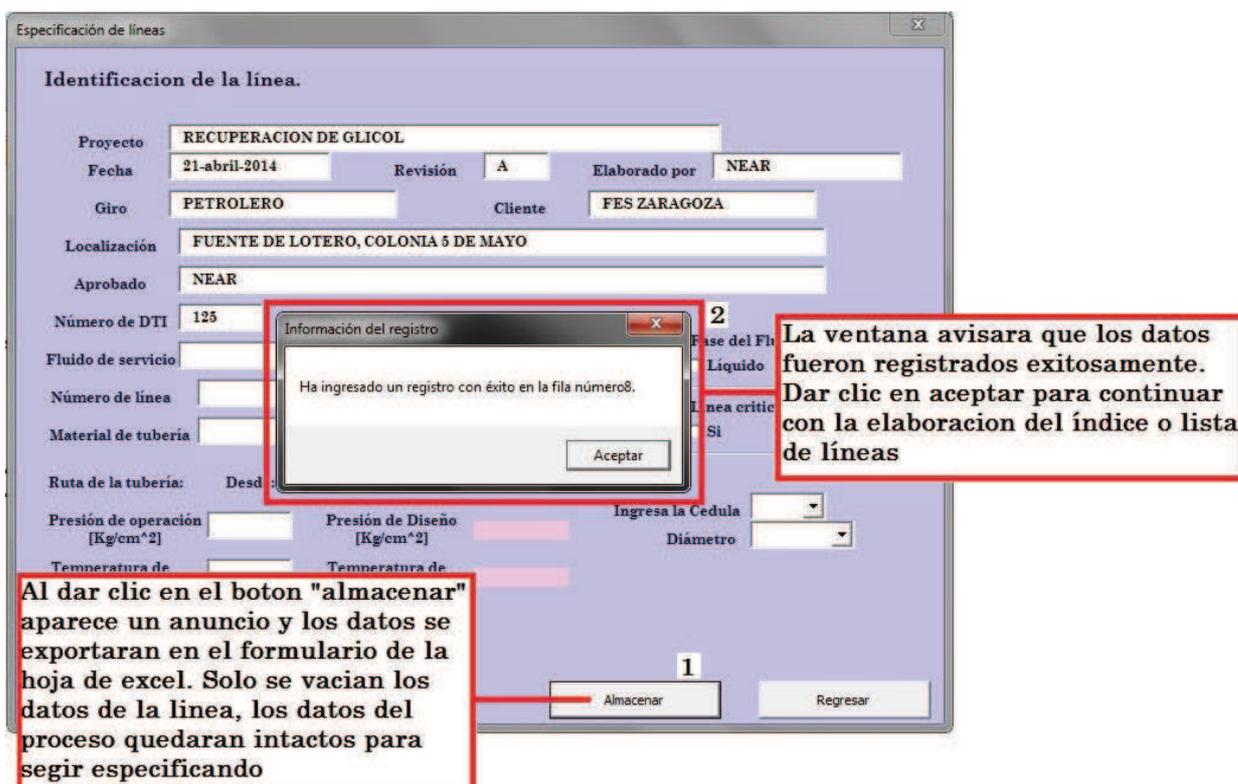


Figura 5.19 Almacenamiento de datos en la hoja de Excel

Al momento de dar clic en aceptar, los datos se almacenan en el formulario y se vacía la ventana para llenar el índice o lista de líneas, cuando se requiera especificar otro proceso solo se cierra la venta y se comienza nuevamente.

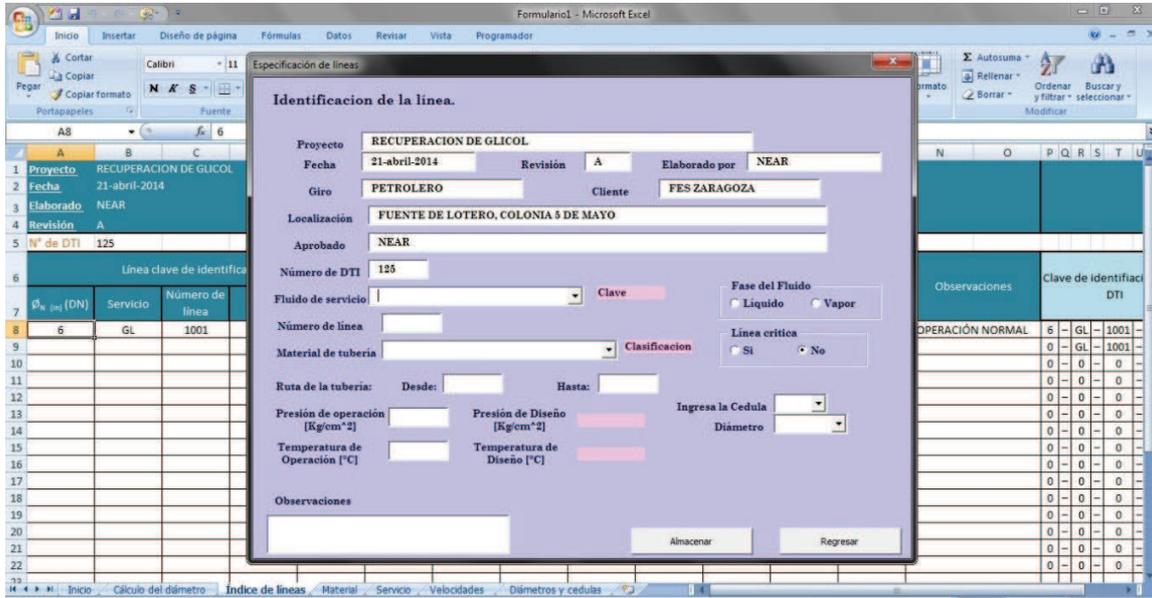


Figura 5.20 Almacenamiento de datos

Al dar clic en regresar se abre la ventana que se muestra en la figura 5.21 y solo debe dar clic en salir para cerrar el programa y poder imprimir la plantilla del índice de líneas y las claves que se generan para cada línea.

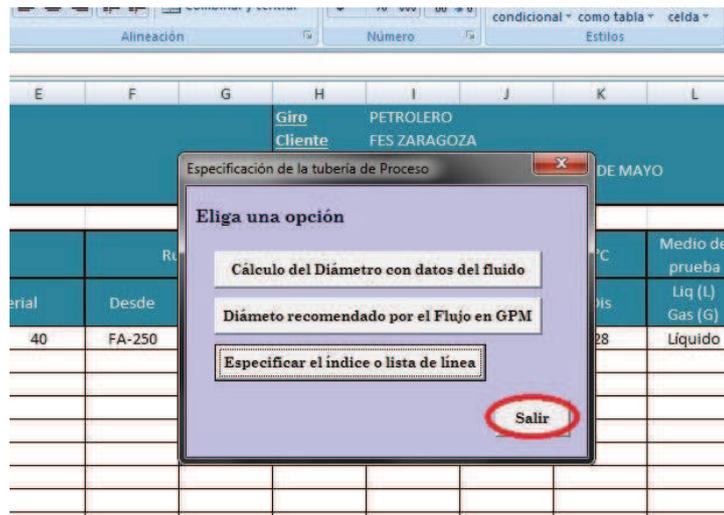


Figura 5.21 Finalizar el programa

Linea clave de identificación				Ruta		Presión Kg/cm ²		Temperatura °C		Medio de prueba	Linea crítica	Observaciones
Ø _N (in) (DN)	Servicio	Numero de línea	Esp. Material	De	Hasta	Op	Dis	OP	Dis	Liq (L) Gas (G)		
6	GL	1001	T3	FA-50	GA-250/R	3.88	4,268	13	28	Líquido		OPERACION NORMAL

Figura 5.22 Partes de la hoja del Índice de líneas

Por lo que ahora se procederá a llenar la índice de líneas con los datos obtenidos en el proceso.

El llenado del este índice será el identificar las conexiones de las tuberías con cualquier parte del procesos, ya que se tenga identificados estas conexiones se ahora se identificara cuáles son las condiciones bajo la que opera la tubería, es decir las condiciones de presión y de temperatura, el estado del fluido que trasporta si es liquido o gas y si es una línea crítica.

Después de que se tiene esta información al programa se la ira añadiendo línea por línea, y cada vez que se le oprima el botón de especificar, este almacenara la información de la línea, vaciando los datos en la hoja de Excel y dejando vacías las casillas, para que se continúe con el registro. Lo único que no se vaciara son los datos que identifican a la planta.

Cuando se termine de especificar todas la líneas solo se oprime el botón salir y se cerrara el programa, dejando como resultado un índice o lista de líneas llenado en Excel. Como se verá a continuación

Proyecto RECUPERACIÓN DE GLICOL					Giro PETROLERO							
Fecha 21-abril-2014					Cliente FES ZARAGOZA							
Elaborado NEAR					Localización FUENTE DE LORETO, CALLE 5 DE MAYO							
Revisión A					Aprobado NEAR							
N° de DTI 125												
Linea clave de identificacion				Ruta		Presión Kg/cm ²		Temperatura °C		Medio de prueba	Linea critica	Observaciones
Ø _N (In) (DN)	Servicio	Numero de línea	Esp. Material	Desde	Hasta	Op	Dis	OP	Dis	Liq (L) Gas (G)		
6	GL	1001	T3 40	FA-250	GA-250/R	4	4.40	13	28	Liquido	No	OPERACION NORMAL
5	GL	1002	T3 40	GA-250/R	FG-250	4	4.40	13	28	Liquido	No	OPERACION NORMAL
4	GL	1003	T3 40	FG-250	EA-250	1	1,1	65	80	Liquido	No	OPERACION NORMAL
5	GL	1004	T3 40	EA-250	DA-250	1	1,1	65	80	Liquido	No	OPERACION NORMAL
4	GL	1005	T3 40	DA-250	EA-251	2	2.20	142	157	Vapor	No	OPERACION NORMAL
5	GL	1006	T3 40	EA-251	EA-250	2	2.20	142	157	Vapor	No	OPERACION NORMAL
4	GL	1006	T3 40	EA-251	FA-251	1	1.10	75	90	Liquido	No	OPERACION NORMAL
5	GL	1007	T3 40	FA-251	GA-251/R	4	4.40	75	90	Liquido	No	OPERACION NORMAL
4	GL	1008	T3 80	GA-251/R	L.B	12.5	13.75	75	90	Liquido	SI	ALTA PRESIÓN
5	GL	1009	T3 40	GA-252/R	FA-252	1	1.1	12	27	Liquido	No	OPERACION NORMAL

Tabla 5.1 Índice de líneas del ejemplo 2, llenado por medio del programa para le especificación de la tubería

Capítulo V Programa para la especificación de la tubería

Una ventaja más que podemos obtener de este programa y como ya se ha mencionado antes, es que automáticamente se generan las claves para la identificación de las líneas en un DTI. Y esto se obtiene mediante el llenado del índice de líneas.

Clave de identificación en el DTI					
6	-	GL	-	1001	- T3 40
5	-	GL	-	1001	- T3 40
4	-	GL	-	1002	- T3 40
5	-	GL	-	1003	- T3 40
4	-	GL	-	1005	- T3 40
5	-	GL	-	1006	- T3 40
4	-	GL	-	1006	- T3 40
5	-	GL	-	1007	- T3 40
4	-	GL	-	1008	- T3 80
5	-	GL	-	1009	- T3 40

Tabla 5.2 Especificación de la claves para la identificación en el DTI

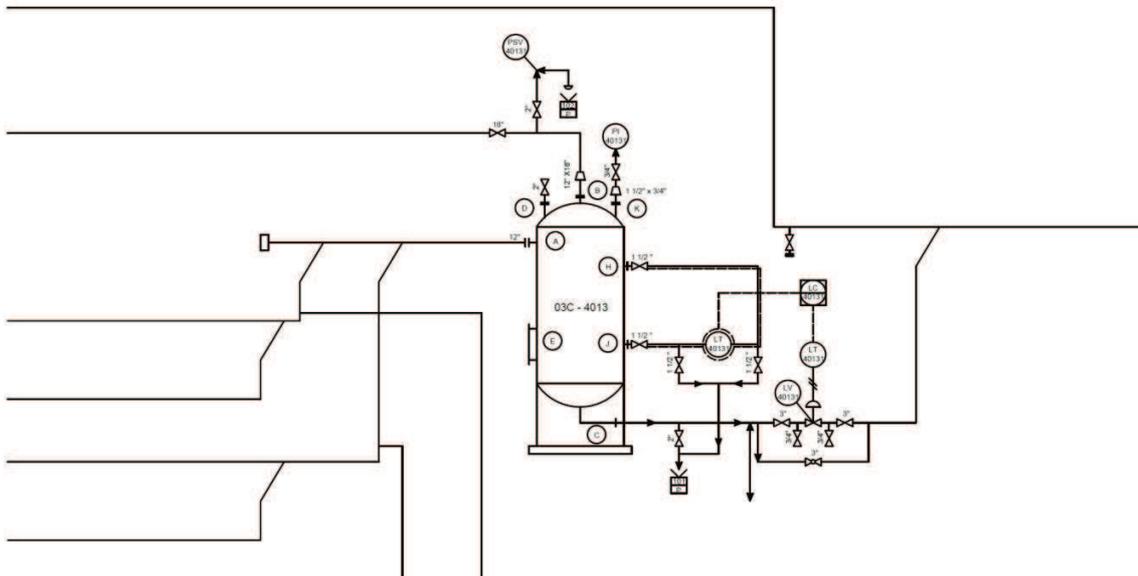


Figura 5.23 Diagrama de Tubería e Instrumentación (DTI)

Capítulo V Programa para la especificación de la tubería

Entonces para poder hacer la especificación de la tuberías es necesario contar con un diagrama, el cual nos permita llevar el orden de las líneas, ya que las líneas se pueden enumerar de acuerdo a la elección del Ingeniero Químico, pero no hay que olvidar que esta numeración debe de llevar un orden y secuencia en todos los planos que se hagan. Por ello, el programa debe utilizarse sin dejar a un lado la especificación de la tubería en el DTI.

Capítulo V Programa para la especificación de la tubería

Análisis de resultados.

A partir de la hoja que se utilizó para la especificación de la tubería y llenado del índice o lista de líneas, se pudo especificar la tubería por medio de un programa, permitiendo que los datos se almacenen consecutivamente hasta capturar el total de líneas del proceso.

Si especificamos más entradas al programa referido al índice de líneas, se podrá realizar un programa más completo y de mayor utilidad.

Para el cálculo del diámetro de la tubería se descartaron las alturas que pueden existir entre ellas, esto solo fue con el fin de lograr ejemplificar el cálculo del diámetro de la tubería.

En este programa al especificar la cedula, solo se cuenta con la cedula 40 y los diámetros correspondientes a esta cedula, pero si se requiere la especificación de otra cedula y diámetro el programa cuenta con la flexibilidad de almacenar el dato que le indique

Se da la facilidad de que su acceso a este programa sea sencillo; por lo que la base del programa se hace en Visual Basic y en Excel, ¿Por qué?, Porque son los programas a los que podemos tener acceso en nuestra computadora o en algún dispositivo móvil.

Una de las ventajas con la que contamos es: que facilita y simplifica el trabajo de modo que al momento de llenar el índice de líneas automáticamente se generan las claves que identifican a la línea de proceso, se lleva a cabo en menos tiempo, se obtiene un orden debido al formato que se propone.

Por lo tanto al dividir al programa en partes, una para el diámetro de la tubería y para la especificación de la tubería nos permite abarcar más, ya que no solo se queda para un solo uso, este uso se puede extender para la materia de flujo de fluidos, los LTP de 4, 5, 8 y 9 semestre y en las materia de Ingeniería de Servicios y Proyectos.

Conclusiones.

Se logró el desarrollo un programa que dimensiona el diámetro de tubería y especifica el índice de líneas, con la ventaja que genera automáticamente la identificación de la tubería de proceso de un DTI como se había especificado:

(1)DI - (2)SE - (3)NUME - (1)ESTU.

Al contar un programa para la especificación del diámetro de tuberías en un proceso químico o de un problema, nos da la satisfacción de tener una base en la cual nosotros podemos consultar nuestros resultados.

El índice o lista de líneas, nos permite recopilar la información del proceso y especificar las claves de las tuberías en un DTI. También se puede obtener una reducción de la captura de información; fácil y ágil acceso a la información; así como contabilidad rápida de la cantidad de tubería requerida en el proyecto.

Si esta información se toma como apoyo para los estudiantes de 4 y 5 semestre, proporcionarían bases para los problemas de flujo de fluidos y LTP debido a pueden contar con información para sus proyectos; al igual que los LTP de 8 y 9 semestre en donde esta información podría desarrollarse un poco más.

Anexos

Anexo A

Densidades de líquidos diversos (tablas y graficas)

Densidad y peso específico* de líquidos diversos

Líquido	Temperatura		Densidad <i>P</i> kg/m ³	Peso específico <i>S</i>	Líquido	Temperatura		Densidad <i>P</i> kg/m ³	Peso específico <i>S</i>
	^o F	^o C				^o F	^o C		
Acetona	60	15.6	791.3	0.792	Mercurio	20	-6.7	13 612	13.623
Amoniaco saturado	10	-12.2	655.2	0.656	Mercurio	40	4.4	13 584	13.596
Benceno	32	0	898.6	0.899	Mercurio	60	15.6	13 557	13.568
Salmuera de CaCl al 10%	32	0	1090.1	1.091	Mercurio	80	26.7	13 530	13.541
Salmuera de NaCl al 10%	32	0	1077.1	1.078	Mercurio	100	37.8	13 502	13.514
Comb Bunkers C Máx.	60	15.6	1013.2	1.014	Leche
Disulfuro de carbono	32	0	1291.1	1.292	Aceite de oliva	59	15.0	117.9	0.919
Destilado	60	15.6	848.8	0.850	Pentano	59	15.0	623.1	0.624
Combustible 3 Máx.	60	15.6	897.4	0.898	Aceite lubricante SAE 10	60	15.6	875.3	0.876
Combustible 5 Mín.	60	15.6	964.8	0.966	Aceite lubricante SAE 3011	60	15.6	897.4	0.898
Combustible 5 Máx.	60	15.6	991.9	0.993	Aceite lubricante SAE 7011	60	15.6	915.0	0.916
Combustible 6 Mín.	60	15.6	991.9	0.993	Crudo de Sal Creek	60	15.6	841.9	0.843
Gasolina	60	15.6	749.8	0.751	Crudo de 32.6° API	60	15.6	861.3	0.862
Gasolina natural	60	15.6	679.5	0.680	Crudo de 35.6° API	60	15.6	845.9	0.847
Keroseno	60	15.6	814.5	0.815	Crudo de 40° API	60	15.6	824.2	0.825
Residuo M.C.	60	15.6	934.2	0.935	Crudo de 48° API	60	15.6	787.5	0.788

* Líquido a la temperatura especificada, relativo al agua a 15.6°C (60°F)

† La leche tiene una densidad entre 1028 y 1035 kg/m³ (64.2 a 64.6 lb/pe³)

‡ Índice de viscosidad 100

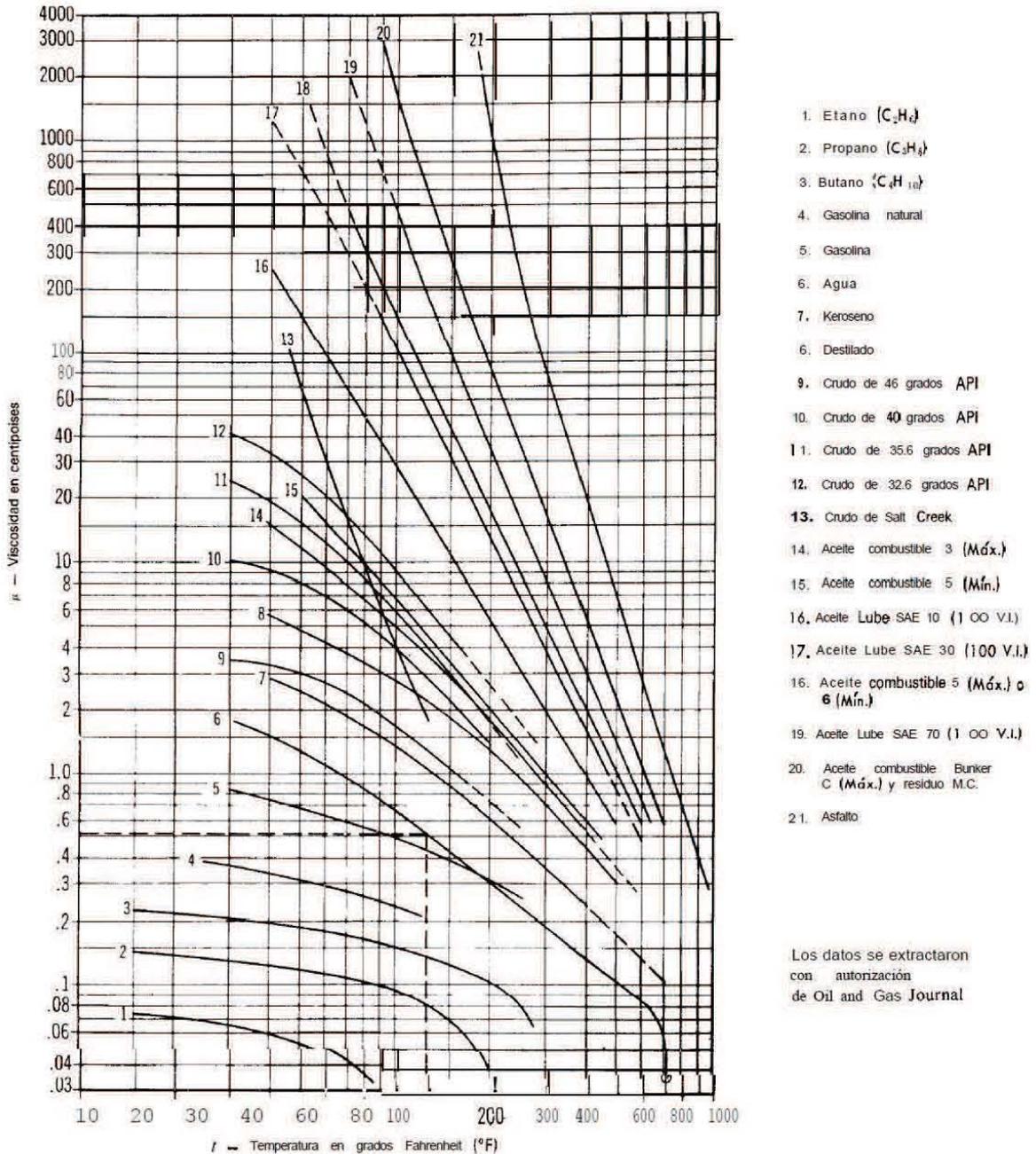
Los valores de la tabla anterior están basados en *Smithsonian Physical Tables*, Mark's *Engineer's Handbook* y *Nelson's Petroleum Refinery Engineering*.

Tabla A1 Densidad y espeso específico de diversos líquidos.

Fuente: Crane. (1990.) *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*. México. McGraw-Hill

Viscosidades

Viscosidad del agua y líquidos derivados del petróleo



Grafica A1 Viscosidad del agua y algunos líquidos derivados del petróleo.

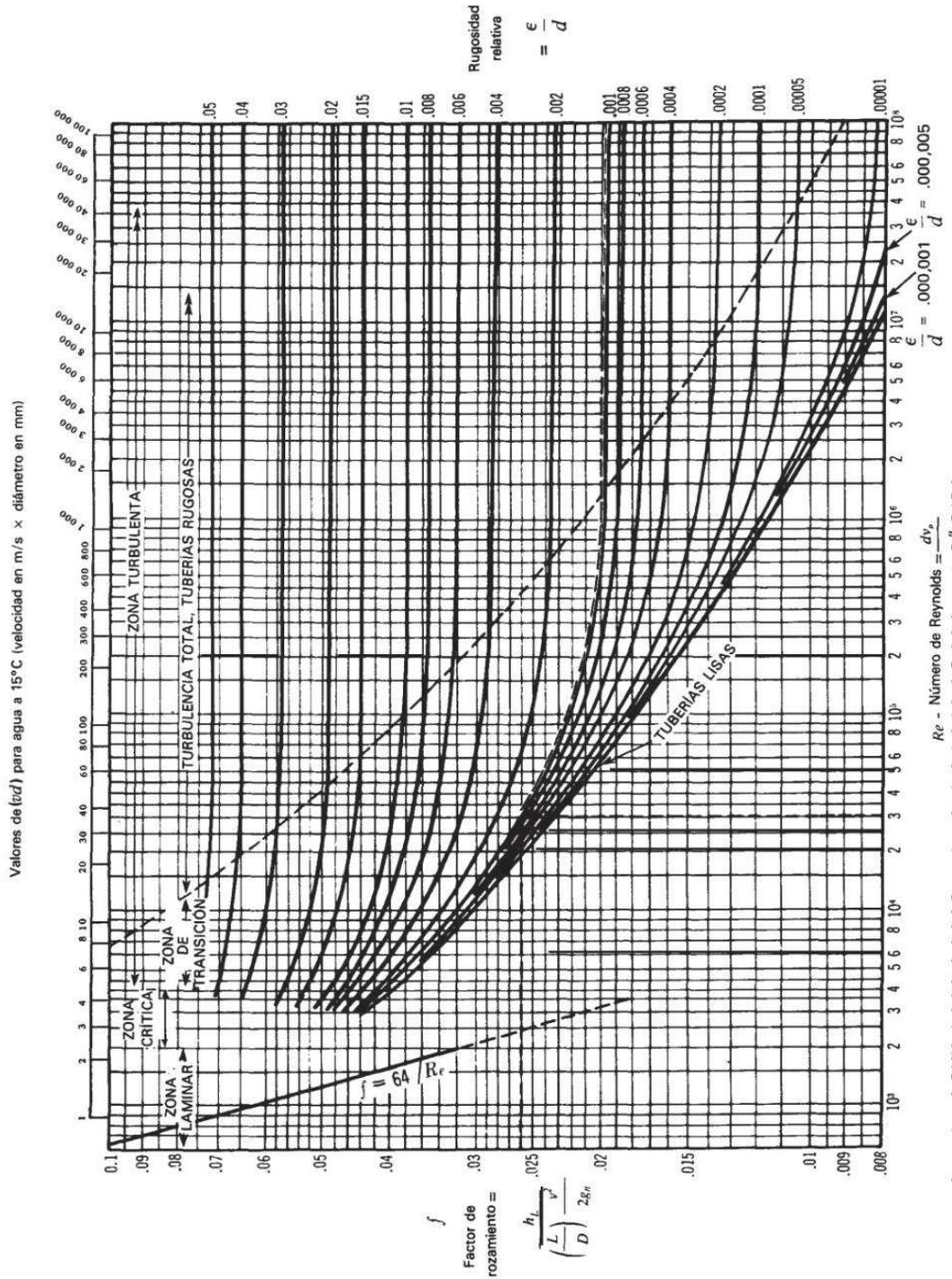
Fuente: Crane. (1990.) *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*. México. McGraw-Hill

Propiedades de algunos gases

Nombre del gas	Fórmula química o símbolo	Peso molecular aproximado M	Densidad kg/m ³ ρ	Peso específico con relación al aire S _g	Constante individual del gas J/kg K R	Calor específico a temperatura ambiente J/kg K		Capacidad calorífica por metro cúbico J/m ³ K		γ igual a c _p /c _v
						c _p	c _v	c _p	c _v	
Acetileno (etino)	C ₂ H ₂	26.0	1.0925	0.907	320	1465	1127	1601	1231	1.30
Aire		29.0	1.2045	1.000	287	1009	721	1215	868	1.40
Amoniaco	NH ₃	17.0	0.7179	0.596	490	2190	1659	1572	1191	1.32
Argón	A	39.9	1.6610	1.379	208	519	311	862	517	1.67
1-Butano	C₄H₁₀	58.1	2.4897	2.067	143	1654	1490	4118	3710	1.11
Dióxido de carbono	CO ₂	44.0	1.8417	1.529	189	858	660	1580	1216	1.30
Monóxido de carbono	CO	28.0	1.1648	0.967	297	1017	726	1185	846	1.40
Cloro	Cl ₂	70.9	2.9944	2.486	117	481	362	1440	1084	1.33
Etano	C ₂ H ₆	30.0	1.2635	1.049	277	1616	1325	2042	1674	1.22
Etileno	C ₂ H ₄	28.0	1.1744	0.975	296	1675	1373	1967	1612	1.22
Helio	He	4.0	0.1663	0.1381	297	5234	3153	870	524	1.66
Ácido clorhídrico	HCl	36.5	1.5273	1.268	297	800	567	1222	866	1.41
Hidrógeno	H ₂	2.0	0.0837	0.0695	4126	14319	10155	1199	850	1.41
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	34.1	1.4334			1017	782	1458	1121	1.30
Metano	CH ₄	16.0	0.6673	0.5541199	311	2483	1881	1657	1255	1.32
Cloruro de metilo	CH ₃ Cl	50.5	2.1500	1.785	165	1005	838	2161	1800	1.20
Gas natural		19.5	0.8034	0.667	426	2345	1846	1884	1483	1.27
Óxido nítrico	N ₂ O	30.0	1.2491	1.037	277	967	691	1208	863	1.40
Nitrógeno	N ₂	28.0	1.1648	0.967	297	1034	733	1204	854	1.41
Óxido nitroso		44.0	1.8429	1.530	189	925	706	1705	1301	1.31
Oxígeno	O ₂	32.0	1.3310	1.105	260	909	649	1210	864	1.40
Propano	C ₃ H ₈	44.1	1.8814	1.562	188	1645	1430	3095	2690	1.15
Propano propileno	C ₃ H ₆	42.1	1.7477	1.451	198	1499	1315	2620	2298	1.14
Dióxido de azufre	SO ₂	64.1	2.7270	2.264	129	645	512	1759	1396	1.26

Tabla A2 Propiedades de algunos gases

Fuente: Crane. (1990.) *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. México. McGraw-Hill.*

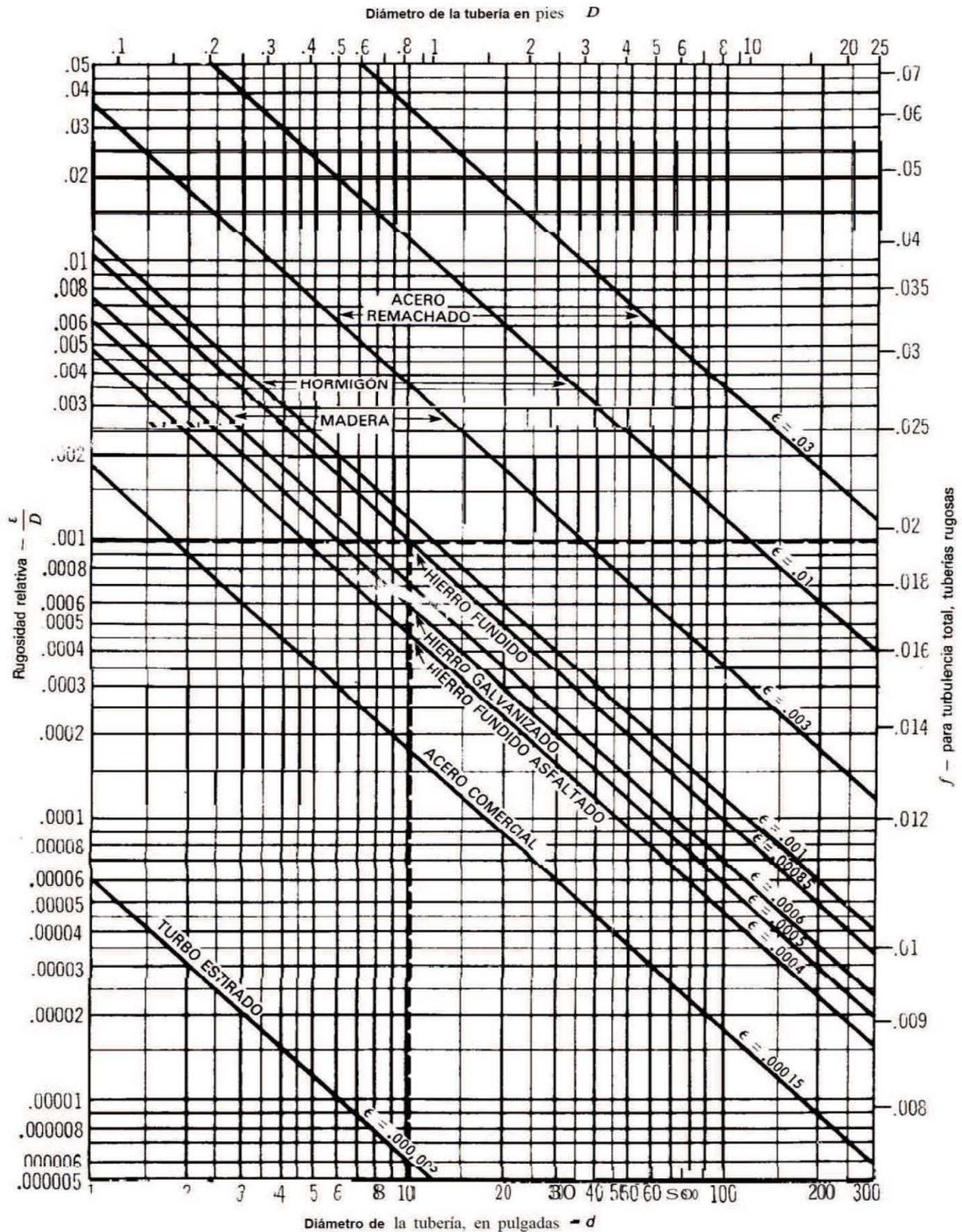


Grafica A2. Grafica para la determinación de factor de "f".

Fuente: Crane. (1990.) Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. México. McGraw-Hill .

Anexo B

Rugosidad relativa



Grafica B1 Rugosidad relativa de varios materiales en función del diámetro.

Fuente: Crane. (1990.) Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. México. McGraw-Hill

Códigos de diseño Códigos principales

A continuación se enlistan algunos códigos que se usan para, las tuberías

- AWWA (American Water Works Association)

Asociación Americana de Trabajos Hidráulicos. Edita estándares de conexiones, válvulas, bridas, tuberías, juntas, tornillería, etc.

Estos estándares se refieren a tuberías de diámetros mayores cubiertas por ASME o ANSI.

- ✓ C-100. Conexiones de hierro fundido.
- ✓ C-102/106/108. Tubería de hierro fundido para conducción de agua.
- ✓ C-105. Estándares de tubería de hierro dúctil forrada de polietileno agua y otros líquidos
- ✓ C-115. Estándar para tubería roscada de hierro dúctil con bridas roscadas
- ✓ C-150. Estándar para espesores de diseño de hierro dúctil
- ✓ C-200. Estándar para tubería de acero de 6" y mayores, para servicio de agua.
- ✓ C-500. Válvulas para servicio de agua
- ✓ C-507. Válvulas de bola de 6" a 48"
- ✓ C-508. Válvulas check de levantamiento, para servicio de agua.
- ✓ C-600. Instalación de tuberías de hierro dúctil y sus accesorios.
- ✓ C-900. Tubería de PCV de 4" a 12" para distribución de agua.
- ✓ C-950. Tubería de fibra de vidrio

- NFPA (National Fire Protection Association)

Asociación Nacional Contra Incendios. Cubre la estandarización de todo lo referente a válvulas y accesorios de sistemas contra incendios

- ISO (International Organization for Standardization)

Organización que establece normas internacionales para elementos incluidos en válvulas

- ✓ ISO-160. Tubería de presión y juntas de asbesto-cemento

- ✓ ISO-161. Tubería termoplástica para transporte de fluidos.
- ✓ ISO-265. Tubería y accesorios de materiales plásticos- accesorios para agua de uso industrial y doméstico.
- ✓ ISO-559. Tubería de acero para agua y descargas residuales
- ✓ ISO-1127. Tubería de acero inoxidable – dimensiones, tolerancias y masas.
- ✓ ISO-2531. Tubería y accesorios de hierro dúctil para sistemas a presión.
- ✓ ISO-3501. Montaje entre tuberías a presión, accesorios y juntas de polietileno – prueba de resistencias.
- ✓ ISO-3514. Tubería y accesorios de CPVC – Especificación y determinación de densidad.
- ✓ ISO-3545 Tubos y accesorios de acero – símbolos para uso en especificaciones
- ✓ ISO-3663. Tuberías y accesorios de polietileno – dimensiones de bridas
- ✓ ISO-4065. Tubería termoplástica –tabla universal de espesores
- ✓ ISO-4179. Tubería de hierro dúctil para tuberías con y sin presión
- ✓ ISO-4200. Tubos de acero de extremos planos con y sin costura –tablas de dimensiones generales.
- ✓ ISO-4427. Tubería de polietileno para suministro de agua –especificaciones.
- ✓ ISO-6207. Tubería sin costura de níquel y sus aleaciones.
- ✓ ISO-6761. Tubería de acero –preparación de extremos y accesorios para soldar.
- ✓ ISO-7245. Tubería y accesorios de ABS.
- ✓ ISO-7671. Tubería y accesorios de polipropileno – especificaciones.
- ✓ ISO-8180. Tubería de hierro dúctil –revestidas interiormente de polietileno
- ✓ ISO-9264. Tubería termoplástica para fluidos presurizados.
- ✓ ISO-9329. Tubería de acero sin costura para propósitos generales
- ✓ ISO-9330. Tubería de acero con costura para propósitos generales
- ✓ ISO-10803. Método de diseño para tubería de hierro dúctil
- ✓ ISO-5752-14,. Dimensionamiento de válvulas de mariposa

- AISI American Iron Steel Institute

Instituto Americano de Hierro y los aceros. Estas normas determinan la composición química de algunos aceros, sobre los aceros inoxidables

AISI-SS-910. Guía para el diseño de sistemas de tubería de acero inoxidable

- ANSI American National Estándar Institute

El instituto edita códigos y estándares relacionados a la ingeniería de tuberías y por su importancia en nuestra área.

- ✓ A13.1 Esquemas para la identificación de sistemas de tubería
- ✓ A21.6, A21.7, A21.8 y A21.9 Diferentes tipos de tubería de hierro fundido
- ✓ A40.5 Tuberías roscadas de hierro fundido para drenajes, venteos, etc.
- ✓ A112.1.2 Boquillas de aire para tuberías
- ✓ A112.18.IM Accesorios para sistemas de tuberías
- ✓ A112.19.1M Accesorios de tuberías de hierro fundido con esmalte
- ✓ B1.1 Cuerdas y roscas para tornillos y tuercas
- ✓ B1.4 Cuerdas y roscas para tornillos y tuercas de altas resistencias
- ✓ B1.20.1 Tubería roscada para propósitos generales
- ✓ B2.1 Roscado de tuberías
- ✓ B16.1 Bridas y conexiones de hierro fundido
- ✓ B16.3 Conexiones roscadas de hierro maleable, clase 150 y 300
- ✓ B16.4 conexiones roscadas de hierro fundido clases 125 y 250
- ✓ B16.5 Bridas, conexiones y válvulas bridadas de acero
- ✓ B36.10 Tuberías de acero y hierro forjado
- ✓ B36.19 Tubería de acero inoxidable

- ASME American Society of Mechanical Engineers

La Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. Edita códigos que amparan el diseño, materiales, pruebas, operación, cálculo, soldadura, inspección, etc; tuberías, calderas y recipientes a presión.

Cuenta con varias secciones que se mencionan a continuación

- ✓ Sección 1. Calderas de potencia
- ✓ Sección 2. Especificación de materiales
- ✓ Sección 3. Componentes para plantas nucleares
- ✓ Sección 4. Calderas para calefacción
- ✓ Sección 5. Exámenes no destructivos
- ✓ Sección 6. Reglas recomendadas para el cuidado y operación de caldera para calefacción
- ✓ Sección 7. Reglas recomendadas para el cuidado y operación de caldera de potencia
- ✓ Sección 8. Recipientes a presión no sujetos a fuego directo
- ✓ Sección 9. Clasificación de soldadura
- ✓ Sección 10. Recipientes de plástico a presión
- ✓ Sección 11. Reglas para inspección en servicio de componentes en plantas nucleares

También ASME edita código B31 para tuberías a presión acreditado por ANSI

- ✓ B31.1 tuberías para plantas de fuerza
- ✓ B31.2 Tuberías para gas combustibles
- ✓ B31.3 Tuberías para gas combustible
- ✓ B31.4 Sistema de tuberías de transporte de hidrocarburos líquido, gas licuado de petróleo, amoniaco anhidro, alcoholes
- ✓ B31.5 Tuberías para refrigeración
- ✓ B31.6 tuberías para procesos químicos
- ✓ B31.7 tuberías para plantas nucleares
- ✓ B31.8 sistemas de tuberías para transmisión y distribución de gas
- ✓ B31.8S Manejo integral de un sistema de tubería de gas
- ✓ B31.9 Tuberías para servicios a edificios
- ✓ B31.11 sistemas de tuberías para transporte de lodos

- ASTM American Society for Testing Materials

Sociedad Americana de Pruebas y Materiales. Estas especificaciones cubren materiales, métodos de manufactura composiciones químicas, tratamientos térmicos, pruebas, tolerancias, etc.,

Los estándares ASTM Comprende de sesenta y siete volúmenes que son publicados anualmente y donde se incorporan revisiones , solo se presentara algunos estándares relacionados con la tuberías

- ✓ ASTM A-36 Especificaciones de acero estructural
- ✓ ASTM A-47. Fundiciones de acero férrico maleable
- ✓ ASTM A-53. Tipos de acero para la fabricación de tuberías
- ✓ ASTM A-72. Tubería soldada a hierro forjado
- ✓ ASTM A-74. Especificación para tubería y accesorios de hierro fundido
- ✓ ASTM A-106. Especificación para tubería de acero al carbón si costura, para servicio de alta temperatura.
- ✓ ASTM A-120. Tuberías de acero soldadas, roscadas y bridadas.
- ✓ ASTM A-134. Tuberías de acero soldada por arco eléctrico
- ✓ ASTM A-135. Especificación para tuberías de acero soldada por resistencia eléctrica
- ✓ ASTM A-139. Especificación para tubería de acero soldada por arco eléctrico.
- ✓ ASTM A-155. Tubería soldada por fusión eléctrica para servicios de alta temperatura y presión
- ✓ ASTM A-181. Tubería de acero al carbón forjado para propósitos generales
- ✓ ASTM A-211. Especificación para tubería de hierro o acero soldada en espiral
- ✓ ASTM A-269. Espesores nominales de tuberías de acero inoxidable con y sin costura, para servicios de corrosión, baja y alta temperatura.
- ✓ ASTM A-333. Tuberías de acero con y sin costura, para servicio de baja temperatura
- ✓ ASTM A-334. Tuberías de acero a carbón y aleado con y sin costura, para servicio de baja temperatura.
- ✓ ASTM A-335. Tubería de acero y aleaciones ferrosas, para servicio de alta temperatura-

- ✓ ASTM A-377. Tubería de hierro dúctil.
- ✓ ASTM A-671. Tubería de acero soldada por fusión eléctrica, para temperatura baja y atmosférica.
- ✓ ASTM A-672. Tubería de acero soldada por fusión eléctrica, para servicio de alta presión a temperatura moderada.
- ✓ ASTM A-691. Tubería de acero al carbón y aleado soldada por fusión eléctrica para servicio de alta presión y temperatura
- ✓ ASTM B-42. Tubería de cobre sin costura, tamaños estándar.
- ✓ ASTM B-43. Tubería de latón rojo sin costura.
- ✓ ASTM B-68. Tubería de cobre sin costura con recocido brillante.
- ✓ ASTM B-75. Tubería de cobre sin costura.
- ✓ ASTM B-210. Tubería sin costura de aluminio y aleaciones de aluminio.
- ✓ ASTM B-241. Tubería sin costura y tubo extruido de aluminio y aleación de aluminio
- ✓ ASTM C-14. Tubería de concreto.
- ✓ ASTM D-1527. Tubería de ABS, cédula 40 y 80-
- ✓ ASTM D-1785. Tubería de PVC, cédula 40, 80 y 120.
- ✓ ASTM D-2104. Tubería de PE, cedula 40
- ✓ ASTM D-2464. Tubería y accesorios roscados de PVC, cédula 80.
- ✓ ASTM D-2466. Accesorios de tubería de PCV, cédula 40
- ✓ ASTM D-2467. Accesorios de tubería de PVC, cédula 80
- ✓ ASTM D-2513. Tubería, tubing y accesorios de termoplástico para servicio de gas a presión.
- ✓ ASTM D-2517. Tubería y accesorios de resina epoxica reforzada
- ✓ ASTM D-2661. Tubería de acrílico butadieno estireno (ABS)
- ✓ ASTM D-2665. Tubería y accesorios de PVC
- ✓ ASTM F-441 tubería de CPVC

- ISA Sociedad de Instrumentos de America

La sociedad cubre la estandarización de materiales, fabricación, inspección y pruebas de los instrumentos empleados en los sistemas de tuberías.

- ✓ ISA 1-55617-531-0. Estándar para medidas y control
- ✓ ISA-20. Medidas de proceso, instrumentos, elementos primarios y válvulas.
- ✓ ISA 75.04. Dimensiones para válvulas de control sin bridas.
- ✓ ISA 75.19. Pruebas hidrostáticas para válvulas de control.
- ✓ ISA RP60.9. centro de control guía de tuberías

- MSS

Sociedad de Estandarización de los Productores de Válvulas y Conexiones Industriales. Edita los estándares de fabricación para accesorios y válvulas empleados en sistemas de tuberías.

Publican prácticas estándares (SP) que son de uso común por las manufacturas, se requiere de su cumplimiento cuando el código lo indique.

- ✓ MSS-SP-6. Acabado de caras de bridas para conexiones y válvulas
- ✓ MSS-SP-25. sistemas de marcados para válvulas, conexiones, bridas y uniones.
- ✓ MSS-SP-33. Bridas en líneas de tuberías
- ✓ MSS-SP-44. Bridas de tubería de acero
- ✓ MSS-SP-52. Válvulas de hierro fundido.
- ✓ MSS-SP-58. Colgantes y soportes de tubería – material, diseño y fabricación.
- ✓ MSS-SP-61. Pruebas hidrostáticas para válvulas de acero.
- ✓ MSS-SP-67. Válvulas de mariposa.
- ✓ MSS-SP-70. Válvulas de compuerta de hierro fundido con extremos bridados y roscados
- ✓ MSS-SP-72. Válvulas de bola para usos generales.
- ✓ MSS-SP-85. Normas para marcar válvulas, conexiones y bridas

Cedulas, diámetros y áreas de tuberías

	Nominal Pipe Size Inches	Outside Diameter Inches	Thick-ness Inches	Inside Diameter		Inside Diameter Functions (In Inches)				Transverse Internal Area	
				d Inches	D Feet	d ²	d ³	d ⁴	d ⁵	a Sq. in.	A Sq. Ft.
Schedule 10	14	14	0.250	13.5	1.125	182.25	2460.4	33215.	448400.	143.14	0.994
	16	16	0.250	15.5	1.291	240.25	3723.9	57720.	894660.	188.69	1.310
	18	18	0.250	17.5	1.4583	306.25	5359.4	93789.	1641309.	240.53	1.670
	20	20	0.250	19.5	1.625	380.25	7414.9	144590.	2819500.	298.65	2.074
	24	24	0.250	23.5	1.958	552.25	12977.	304980.	7167030.	433.74	3.012
	30	30	0.312	29.376	2.448	862.95	25350.	744288.	21864218.	677.76	4.707
Schedule 20	8	8.625	0.250	8.125	0.6771	66.02	536.38	4359.3	35409.	51.85	0.3601
	10	10.75	0.250	10.25	0.8542	105.06	1076.9	11038.	113141.	82.52	0.5731
	12	12.75	0.250	12.25	1.021	150.06	1838.3	22518.	275855.	117.86	0.8185
	14	14	0.312	13.376	1.111	178.92	2393.2	32012.	428185.	140.52	0.9758
	16	16	0.312	15.376	1.281	236.42	3635.2	55894.	859442.	185.69	1.290
	18	18	0.312	17.376	1.448	301.92	5246.3	91156.	1583978.	237.13	1.647
Schedule 30	8	8.625	0.277	8.071	0.6726	65.14	525.75	4243.2	34248.	51.16	0.3553
	10	10.75	0.307	10.136	0.8447	102.74	1041.4	10555.	106987.	80.69	0.5603
	12	12.75	0.339	12.09	1.0075	146.17	1767.2	21366.	258304.	114.80	0.7972
	14	14	0.375	13.25	1.1042	175.56	2326.2	30821.	408394.	137.88	0.9575
	16	16	0.375	15.25	1.2708	232.56	3546.6	54084.	824801.	182.65	1.268
	18	18	0.438	17.124	1.4270	293.23	5021.3	85984.	1472397.	230.30	1.599
Schedule 40	8	8.625	0.405	0.269	0.0224	0.0724	0.0195	0.005242	0.00141	0.057	0.00040
	10	10.75	0.405	0.364	0.0303	0.1325	0.0482	0.01756	0.00639	0.104	0.00072
	12	12.75	0.405	0.493	0.0411	0.2430	0.1198	0.05905	0.02912	0.191	0.00133
	14	14	0.405	0.622	0.0518	0.3869	0.2406	0.1497	0.09310	0.304	0.00211
	16	16	0.405	0.824	0.0687	0.679	0.5595	0.4610	0.3799	0.533	0.00371
	18	18	0.405	1.049	0.0874	1.100	1.154	1.210	1.270	0.864	0.00600
Schedule 60	1 1/4	1.660	0.140	1.380	0.1150	1.904	2.628	3.625	5.005	1.495	0.01040
	1 1/2	1.900	0.145	1.610	0.1342	2.592	4.173	6.718	10.82	2.036	0.01414
	2	2.375	0.154	2.067	0.1722	4.272	8.831	18.250	37.72	3.355	0.02330
	2 1/2	2.875	0.203	2.469	0.2057	6.096	15.051	37.161	91.75	4.788	0.03322
	3	3.500	0.216	3.068	0.2557	9.413	28.878	88.605	271.8	7.393	0.05130
	3 1/2	4.000	0.226	3.548	0.2957	12.59	44.663	158.51	562.2	9.886	0.06870
	4	4.500	0.237	4.026	0.3355	16.21	65.256	262.76	1058.	12.730	0.08840
	5	5.563	0.258	5.047	0.4206	25.47	128.56	648.72	3275.	20.006	0.1390
	6	6.625	0.280	6.065	0.5054	36.78	223.10	1352.8	8206.	28.891	0.2006
	8	8.625	0.322	7.981	0.6651	63.70	508.36	4057.7	32380.	50.027	0.3474
	10	10.75	0.365	10.02	0.8350	100.4	1006.0	10080.	101000.	78.855	0.5475
	12	12.75	0.406	11.938	0.9965	142.5	1701.3	20306.	242470.	111.93	0.7773
Schedule 80	14	14.0	0.438	13.124	1.0937	172.24	2260.5	29666.	389340.	135.28	0.9394
	16	16.0	0.500	15.000	1.250	225.0	3375.0	50625.	759375.	176.72	1.2272
	18	18.0	0.562	16.876	1.4063	284.8	4806.3	81111.	1368820.	223.68	1.5533
	20	20.0	0.593	18.814	1.5678	354.0	6659.5	125320.	2357244.	278.00	1.9305
	24	24.0	0.687	22.626	1.8855	511.9	11583.	262040.	5929784.	402.07	2.7921
	8	8.625	0.406	7.813	0.6511	61.04	476.93	3725.9	29113.	47.94	0.3329
Schedule 100	10	10.75	0.500	9.750	0.8125	95.06	926.86	9036.4	88110.	74.66	0.5185
	12	12.75	0.562	11.626	0.9688	135.16	1571.4	18268.	212399.	106.16	0.7372
	14	14.0	0.593	12.814	1.0678	164.20	2104.0	26962.	345480.	128.96	0.8956
	16	16.0	0.656	14.688	1.2240	215.74	3168.8	46544.	683618.	169.44	1.1766
	18	18.0	0.750	16.500	1.3750	272.25	4492.1	74120.	1222982.	213.83	1.4849
Schedule 120	20	20.0	0.812	18.376	1.5313	337.68	6205.2	114028.	2095342.	265.21	1.8417
	24	24.0	0.968	22.064	1.8387	486.82	10741.	236994.	5229036.	382.35	2.6552
	1/8	0.405	0.095	0.215	0.0179	0.0462	0.00994	0.002134	0.000459	0.036	0.00025
	1/4	0.540	0.119	0.302	0.0252	0.0912	0.0275	0.008317	0.002513	0.072	0.00050
	3/8	0.675	0.126	0.423	0.0353	0.1789	0.0757	0.03200	0.01354	0.141	0.00098
Schedule 150	1/2	0.840	0.147	0.546	0.0455	0.2981	0.1628	0.08886	0.04852	0.234	0.00163
	3/4	1.050	0.154	0.742	0.0618	0.5506	0.4085	0.3032	0.2249	0.433	0.00300
	1	1.315	0.179	0.957	0.0797	0.9158	0.8765	0.8387	0.8027	0.719	0.00499
	1 1/4	1.660	0.191	1.278	0.1065	1.633	2.087	2.6667	3.409	1.283	0.00891

Courtesy Crane Co., Technical Manual 410, Flow of Fluids.

Tabla B1 Diámetros, áreas y cedulas de una tubería de acero.

Fuente: Crane. (1990.) Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. México. McGraw-Hill

Continuación

Nominal Pipe Size	Outside Diameter	Thickness	Inside Diameter		Inside Diameter Functions (In Inches)				Transverse Internal Area			
			<i>d</i>	<i>D</i>	<i>d</i> ²	<i>d</i> ³	<i>d</i> ⁴	<i>d</i> ⁵	<i>a</i>	<i>A</i>		
Inches	Inches	Inches	Inches	Feet					Sq. In.	Sq. Ft.		
Schedule 80—cont.	1½	1.900	0.200	1.500	0.1250	2.250	3.375	5.062	7.594	1.767	0.01225	
	2	2.375	0.218	1.939	0.1616	3.760	7.290	14.136	27.41	2.953	0.02050	
	2½	2.875	0.276	2.323	0.1936	5.396	12.536	29.117	67.64	4.238	0.02942	
	3	3.5	0.300	2.900	0.2417	8.410	24.389	70.728	205.1	6.605	0.04587	
	3½	4.0	0.318	3.364	0.2803	11.32	38.069	128.14	430.8	8.888	0.06170	
	4	4.5	0.337	3.826	0.3188	14.64	56.006	214.33	819.8	11.497	0.07986	
	5	5.563	0.375	4.813	0.4011	23.16	111.49	536.38	2583.	18.194	0.1263	
	6	6.625	0.432	5.761	0.4801	33.19	191.20	1101.6	6346.	26.067	0.1810	
	8	8.625	0.500	7.625	0.6354	58.14	443.32	3380.3	25775.	45.663	0.3171	
	10	10.75	0.593	9.564	0.7970	91.47	874.82	8366.8	80020.	71.84	0.4989	
	12	12.75	0.687	11.376	0.9480	129.41	1472.2	16747.	190523.	101.64	0.7058	
	14	14.0	0.750	12.500	1.0417	156.25	1953.1	24414.	305176.	122.72	0.8522	
Schedule 100	16	16.0	0.843	14.314	1.1928	204.89	2932.8	41980.	600904.	160.92	1.1175	
	18	18.0	0.937	16.126	1.3438	260.05	4193.5	67626.	1090518.	204.24	1.4183	
	20	20.0	1.031	17.938	1.4948	321.77	5771.9	103536.	1857248.	252.72	1.7550	
	24	24.0	1.218	21.564	1.7970	465.01	10027.	216234.	4662798.	365.22	2.5362	
	8	8.625	0.593	7.439	0.6199	55.34	411.66	3062.	22781.	43.46	0.3018	
	10	10.75	0.718	9.314	0.7762	86.75	807.99	526.	69357.	68.13	0.4732	
	12	12.75	0.843	11.064	0.9220	122.41	1354.4	14985.	165791.	96.14	0.6677	
	14	14.0	0.937	12.126	1.0105	147.04	1783.0	21621.	262173.	115.49	0.8020	
	16	16.0	1.031	13.938	1.1615	194.27	2707.7	37740.	526020.	152.58	1.0596	
	18	18.0	1.156	15.688	1.3057	246.11	3861.0	60572.	950250.	193.30	1.3423	
	20	20.0	1.281	17.438	1.4532	304.08	5302.6	92467.	1612438.	238.83	1.6585	
	24	24.0	1.531	20.938	1.7448	438.40	9179.2	192195.	4024179.	344.32	2.3911	
Schedule 120	4	4.50	0.438	3.624	0.302	13.133	47.595	172.49	625.1	10.315	0.07163	
	5	5.563	0.500	4.563	0.3802	20.82	95.006	433.5	1978.	16.35	0.1136	
	6	6.625	0.562	5.501	0.4584	30.26	166.47	915.7	5037.	23.77	0.1650	
	8	8.625	0.718	7.189	0.5991	51.68	371.54	2671.	19202.	40.59	0.2819	
	10	10.75	0.843	9.064	0.7553	82.16	744.66	6750.	61179.	64.53	0.4481	
	12	12.75	1.000	10.750	0.8959	115.56	1242.3	13355.	143563.	90.76	0.6303	
	14	14.0	1.093	11.814	0.9845	139.57	1648.9	19480.	230137.	109.62	0.7612	
	16	16.0	1.218	13.564	1.1303	183.98	2495.5	33849.	459133.	144.50	1.0035	
	18	18.0	1.375	15.250	1.2708	232.56	3546.6	54086.	824804.	182.66	1.2684	
	20	20.0	1.500	17.000	1.4166	289.00	4913.0	83521.	1419857.	226.98	1.5762	
	24	24.0	1.812	20.376	1.6980	415.18	8459.7	172375.	3512313.	326.08	2.2645	
	Schedule 140	8	8.625	0.812	7.001	0.5834	49.01	343.15	2402.	16819.	38.50	0.2673
10		10.75	1.000	8.750	0.7292	76.56	669.92	5862.	51291.	60.13	0.4176	
12		12.75	1.125	10.500	0.8750	110.25	1157.6	12155.	127628.	86.59	0.6013	
14		14.0	1.250	11.500	0.9583	132.25	1520.9	17490.	201136.	103.87	0.7213	
16		16.0	1.438	13.124	1.0937	172.24	2260.5	29666.	389340.	135.28	0.9394	
18		18.0	1.562	14.876	1.2396	221.30	3292.0	48972.	728502.	173.80	1.2070	
20		20.0	1.750	16.5	1.3750	272.25	4492.1	74120.	1222981.	213.82	1.4849	
24		24.0	2.062	19.876	1.6563	395.06	7852.1	156069.	3102022.	310.28	2.1547	
Schedule 160		½	0.840	0.187	0.466	0.0388	0.2172	0.1012	0.04716	0.02197	0.1706	0.00118
		¾	1.050	0.218	0.614	0.0512	0.3770	0.2315	0.1421	0.08726	0.2961	0.00206
		1	1.315	0.250	0.815	0.0679	0.6642	0.5413	0.4412	0.3596	0.5217	0.00362
		1¼	1.660	0.250	1.160	0.0966	1.346	1.561	1.811	2.100	1.057	0.00734
	1½	1.900	0.281	1.338	0.1115	1.790	2.395	3.205	4.288	1.406	0.00976	
	2	2.375	0.343	1.689	0.1407	2.853	4.818	8.138	13.74	2.241	0.01556	
	2½	2.875	0.375	2.125	0.1771	4.516	9.596	20.39	43.33	3.546	0.02463	
	3	3.50	0.438	2.624	0.2187	6.885	18.067	47.41	124.4	5.408	0.03755	
	4	4.50	0.531	3.438	0.2865	11.82	40.637	139.7	480.3	9.283	0.06447	
	5	5.563	0.625	4.313	0.3594	18.60	80.230	346.0	1492.	14.61	0.1015	
	6	6.625	0.718	5.189	0.4324	26.93	139.72	725.0	3762.	21.15	0.1469	
	8	8.625	0.906	6.813	0.5677	46.42	316.24	2155.	14679.	36.46	0.2532	
10	10.75	1.125	8.500	0.7083	72.25	614.12	5220.	44371.	56.75	0.3941		
12	12.75	1.312	10.126	0.8438	102.54	1038.3	10514.	106461.	80.53	0.5592		
14	14.0	1.406	11.188	0.9323	125.17	1400.4	15668.	175292.	98.31	0.6827		
16	16.0	1.593	12.814	1.0678	164.20	2104.0	26961.	345482.	128.96	0.8956		
18	18.0	1.781	14.438	1.2032	208.45	3009.7	43454.	627387.	163.72	1.1369		
20	20.0	1.968	16.064	1.3387	258.05	4145.3	66590.	1069715.	202.67	1.4074		
24	24.0	2.343	19.314	1.6095	373.03	7204.7	139152.	2687582.	292.98	2.0346		

Courtesy Crane Co., Technical Manual #10, Flow of Fluids.

Tabla B1 continuación Diámetros, áreas y cédulas de una tubería de acero.

Fuente: Crane. (1990.) Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. México. McGraw-Hill

Velocidades de fluido sugeridos en para tuberías y Tubing: en líquidos, gases y vapores a baja / moderada presión a 50 psig y 50 ° a 100 ° F

Las velocidades son indicativas y no son para ser casada con el tamaño aproximado de línea como punto de partida para calcular la pérdida de presión.

El tamaño de la línea final debe ser tal que proporcione un equilibrio económico entre la caída de presión y velocidad razonable

Fluido	Velocidad sugerida	Materia de tubería	Fluido	Velocidad sugerida	Materia de tubería
Acetylene (Observe pressure limitations)	4000 fpm	Steel	Sodium Hydroxide 0-30 Percent	6 fps	Steel
Air, 0 to 30 psig	4000 fpm	Steel	30-50 Percent	5 fps	Steel and Nickel
Ammonia			50-73 Percent	4	
Liquid	6 fps	Steel	Sodium Chloride Sol'n. No Solids	5 fps	Steel
Gas	6000 fpm	Steel	With Solids	(6 Min.—15 Max.)	Monel or nickel
Benzene	6 fps	Steel	Perchloroethylene	7.5 fps	Steel
Bromine			Steam	6 fps	
Liquid	4 fps	Glass	0-30 psi Saturated*	4000-6000 fpm	Steel
Gas	2000 fpm	Glass	30-150 psi Saturated or superheated*	6000-10000 fpm	
Calcium Chloride	4 fps	Steel	150 psi up superheated	6500-15000 fpm	
Carbon Tetrachloride	6 fps	Steel	*Short lines	15,000 fpm (max.)	
Chlorine (Dry)			Sulfuric Acid 88-93 Percent	4 fps	S. S.—316, Lead
Liquid	5 fps	Steel, Sch. 80	93-100 Percent	4 fps	Cast Iron & Steel, Sch. 80
Gas	2000-5000 fpm	Steel, Sch. 80	Sulfur Dioxide	4000 fpm	Steel
Chloroform			Styrene	6 fps	Steel
Liquid	6 fps	Copper & Steel	Trichloroethylene	6 fps	Steel
Gas	2000 fpm	Copper & Steel	Vinyl Chloride	6 fps	Steel
Ethylene Gas	6000 fpm	Steel	Vinylidene Chloride	6 fps	Steel
Ethylene Dibromide	4 fps	Glass	Water		
Ethylene Dichloride	6 fps	Steel	Average service	3-8 (avg. 6) fps	Steel
Ethylene Glycol	6 fps	Steel	Boiler feed	4-12 fps	Steel
Hydrogen	4000 fpm	Steel	Pump suction lines	1-5 fps	Steel
Hydrochloric Acid			Maximum economical (usual)	7-10 fps	Steel
Liquid	5 fps	Rubber Lined	Sea and brackish water, lined pipe	5-8 fps } 3	R. L., concrete, asphalt-line, saran-lined, transite
Gas	4000 fpm	R. L., Saran, Havg	Concrete	5-12 fps (Min.)	
Methyl Chloride					
Liquid	6 fps	Steel			
Gas	4000 fpm	Steel			
Natural Gas	6000 fpm	Steel			
Oils, lubricating	6 fps	Steel			
Oxygen (ambient temp.)	1800 fpm Max.	Steel (300 psig Max.)			
(Low temp.)	4000 fpm	Type 304 SS			
Propylene Glycol	5 fps	Steel			

Tabla B2 Velocidad recomendada para algunos fluidos.

Fuente Ludwig Ernest. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical plants*. Volumen 1, 3ª Edition. United States of America. Copyright © (1999)

El flujo de agua a través de la Lista 40 de tubería de acero *

Nota: Esta tabla se acerque resultados del Instituto de Hidráulica

La velocidad es una función de la zona de flujo transversal, por lo tanto, es constante para un caudal dado y es independiente de la longitud del tubo.

Discharge		Pressure Drop per 100 feet and Velocity in Schedule 40 Pipe for Water at 60 F.															
		1/8"		1/4"		3/8"		1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"	
Gallons per Minute	Cubic Ft. per Second	Veloc-ity	Press. Drop	Veloc-ity	Press. Drop	Veloc-ity	Press. Drop	Veloc-ity	Press. Drop	Veloc-ity	Press. Drop	Veloc-ity	Press. Drop	Veloc-ity	Press. Drop	Veloc-ity	Press. Drop
		Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.	Feet per Second	Lbs. per Sq. In.
.2	0.000446	1.13	1.86	0.616	0.359												
.3	0.000668	1.69	4.22	0.924	0.903	0.504	0.159	0.317	0.061								
.4	0.000891	2.26	6.98	1.23	1.61	0.672	0.345	0.422	0.086								
.5	0.00111	2.82	10.5	1.54	2.39	0.840	0.539	0.528	0.167	0.301	0.033						
.6	0.00134	3.39	14.7	1.85	3.29	1.01	0.751	0.633	0.240	0.361	0.041						
.8	0.00178	4.52	25.0	2.46	5.44	1.34	1.25	0.844	0.408	0.481	0.102						
1	0.00223	5.65	37.2	3.08	8.28	1.68	1.85	1.06	0.600	0.602	0.155	0.371	0.048				
2	0.00446	11.29	134.4	6.16	30.1	3.36	6.58	2.11	2.10	1.20	0.526	0.743	0.164	0.429	0.044		
3	0.00668			9.25	64.1	5.04	13.9	3.17	4.33	1.81	1.09	1.114	0.336	0.644	0.090	0.473	0.043
4	0.00891			12.33	111.2	6.72	23.9	4.22	7.42	2.41	1.83	1.49	0.565	0.858	0.150	0.630	0.071
5	0.01114			15.75		8.40	36.7	5.28	11.2	3.01	2.75	1.86	0.835	1.073	0.223	0.788	0.104
6	0.01337	0.574	0.044			10.08	51.9	6.33	15.8	3.61	3.84	2.23	1.17	1.29	0.309	0.946	0.145
8	0.01782	0.765	0.073	2 1/2"		13.44	91.1	8.45	27.7	4.81	6.60	2.97	1.99	1.72	0.518	1.26	0.241
10	0.02228	0.956	0.108	0.670	0.046			10.56	42.4	6.02	9.99	3.71	2.99	2.15	0.774	1.58	0.361
15	0.03342	1.43	0.224	1.01	0.094			9.03	21.6	5.57	6.36	3.22	1.63	2.32	1.63	2.37	0.755
20	0.04456	1.91	0.375	1.34	0.158	0.868	0.056			12.03	37.8	7.43	10.9	4.29	2.78	3.16	1.28
25	0.05570	2.39	0.561	1.68	0.234	1.09	0.083	0.812	0.041			9.28	16.7	5.37	4.22	3.94	1.93
30	0.06684	2.87	0.786	2.01	0.327	1.30	0.114	0.974	0.056			11.14	23.8	6.44	5.92	4.75	2.72
35	0.07798	3.35	1.05	2.35	0.436	1.52	0.151	1.14	0.074	0.882	0.041	12.99	32.2	7.51	7.90	5.52	3.64
40	0.08912	3.83	1.35	2.68	0.556	1.74	0.192	1.30	0.095	1.01	0.052	14.85	41.5	8.59	10.24	6.30	4.65
45	0.1003	4.30	1.67	3.02	0.668	1.95	0.239	1.46	0.117	1.13	0.064			9.67	12.80	7.09	5.85
50	0.1114	4.78	2.03	3.35	0.839	2.17	0.288	1.62	0.142	1.26	0.076			10.74	15.66	7.88	7.15
60	0.1337	5.74	2.87	4.02	1.18	2.60	0.406	1.95	0.204	1.51	0.107			12.89	22.2	9.47	10.21
70	0.1560	6.70	3.84	4.69	1.59	3.04	0.540	2.27	0.261	1.76	0.143	1.12	0.047			11.05	13.71
80	0.1782	7.65	4.97	5.36	2.03	3.47	0.687	2.60	0.334	2.02	0.189	1.28	0.060			12.62	17.59
90	0.2005	8.60	6.20	6.03	2.53	3.91	0.861	2.92	0.416	2.27	0.224	1.44	0.074			14.20	22.0
100	0.2228	9.56	7.59	6.70	3.09	4.34	1.05	3.25	0.509	2.52	0.272	1.60	0.090	1.11	0.036	15.78	26.9
125	0.2785	11.97	11.76	8.38	4.71	5.43	1.61	4.06	0.769	3.15	0.415	2.01	0.135	1.39	0.055	19.72	41.4
150	0.3342	14.36	16.70	10.05	6.69	6.51	2.24	4.87	1.08	3.78	0.580	2.41	0.190	1.67	0.077		
175	0.3899	16.75	22.3	11.73	8.97	7.60	3.00	5.68	1.44	4.41	0.774	2.81	0.253	1.94	0.102		
200	0.4456	19.14	28.8	13.42	11.68	8.68	3.87	6.49	1.85	5.04	0.985	3.21	0.323	2.22	0.130		
225	0.5013			15.09	14.63	9.77	4.83	7.30	2.32	5.67	1.23	3.61	0.401	2.50	0.162	1.44	0.043
250	0.557					10.85	5.93	8.12	2.84	6.30	1.46	4.01	0.495	2.78	0.195	1.60	0.051
275	0.6127					11.94	7.14	8.93	3.40	6.93	1.79	4.41	0.583	3.03	0.234	1.76	0.061
300	0.6684					13.00	8.36	9.74	4.02	7.56	2.11	4.81	0.683	3.33	0.275	1.92	0.072
325	0.7241					14.12	9.89	10.53	4.09	8.19	2.47	5.21	0.797	3.61	0.320	2.08	0.083
350	0.7798						11.36	5.41	8.82	2.84	5.62	0.919	3.89	0.367	2.24	0.095	
375	0.8355						12.17	6.18	9.45	3.25	6.02	4.16	0.416	2.40	0.108		
400	0.8912						12.98	7.03	10.08	3.68	6.42	1.19	4.44	0.471	0.121		
425	0.9469						13.80	7.89	10.71	4.12	6.82	1.33	4.72	0.529	0.136		
450	1.003						14.61	8.80	11.34	4.60	7.22	1.48	5.00	0.590	0.151		
475	1.059	1.93	0.054							11.97	5.12	7.62	1.64	5.27	0.653	3.04	0.166
500	1.114	2.03	0.059							12.60	5.65	8.02	1.81	5.55	0.720	3.21	0.182
550	1.225	2.24	0.071							13.85	6.79	8.82	2.17	6.11	0.861	3.53	0.219
600	1.337	2.44	0.083							15.12	8.04	9.63	2.55	6.66	1.02	3.85	0.258
650	1.448	2.64	0.097									10.43	2.98	7.22	1.18	4.17	0.301
700	1.560	2.85	0.112	2.01	0.047							11.23	3.43	7.78	1.35	4.49	0.343
750	1.671	3.05	0.127	2.15	0.054							12.03	3.92	8.33	1.55	4.81	0.392
800	1.782	3.25	0.143	2.29	0.061							12.83	4.43	8.88	1.75	5.13	0.443
850	1.894	3.46	0.160	2.44	0.068	2.02	0.042					13.64	5.00	9.44	1.96	5.45	0.497
900	2.005	3.66	0.179	2.58	0.075	2.13	0.047					14.44	5.58	9.99	2.18	5.77	0.554
950	2.117	3.86	0.198	2.72	0.083	2.25	0.052					15.24	6.21	10.55	2.42	6.09	0.613
1000	2.228	4.07	0.218	2.87	0.091	2.37	0.057					16.04	6.84	11.10	2.68	6.41	0.675
1100	2.451	4.48	0.260	3.15	0.110	2.61	0.068					17.65	8.23	12.22	3.22	7.05	0.807
1200	2.674	4.88	0.306	3.44	0.128	2.85	0.080	2.18	0.042					13.33	3.81	7.70	0.948
1300	2.896	5.29	0.355	3.73	0.150	3.08	0.093	2.36	0.048					14.43	4.45	8.33	1.11
1400	3.119	5.70	0.409	4.01	0.171	3.32	0.107	2.54	0.055					15.55	5.13	8.98	1.28
1500	3.342	6.10	0.466	4.30	0.195	3.56	0.122	2.72	0.063					16.66	5.85	9.62	1.46
1600	3.565	6.51	0.527	4.59	0.219	3.79	0.138	2.90	0.071					17.77	6.61	10.26	1.65
1800	4.010	7.32	0.663	5.16	0.276	4.27	0.172	3.27	0.088	2.58	0.050			19.99	8.37	11.54	2.08
2000	4.456	8.14	0.808	5.73	0.339	4.74	0.209	3.63	0.107	2.87	0.060			22.21	10.3	12.82	2.55
2500	5.570	10.17	1.24	7.17	0.515	5.93	0.321	4.54	0.163	3.59	0.091					16.03	3.94
3000	6.684	12.20	1.76	8.60	0.731	7.11	0.451	5.45	0.232	4.30	0.129	3.46	0.075			19.24	5.59
3500	7.798	14.24	2.38	10.03	0.982	8.30	0.607	6.35	0.312	5.02	0.173	4.04	0.101			22.44	7.56
4000	8.912	16.27	3.08	11.47	1.27	9.48	0.787	7.26	0.401	5.74	0.222	4.62	0.129	3.19	0.052	25.65	9.80
4500	10.03	18.31	3.87	12.90	1.60	10.67	0.990	8.17	0.503	6.46	0.280	5.20	0.162	3.59	0.065	28.87	12.2
5000	11.14	20.35	4.71	14.33	1.95	11.85	1.21	9.08	0.617	7.17	0.340	5.77	0.199	3.99	0.079		
6000	13.37	24.41	6.74	17.20	2.77	14.2											

*Anexo C**Guía de servicios*

La siguiente tabla de servicios, se toma del documento de “Especificación Técnica para Proyectos de Obras SIMBOLOGIA DE EQUIPO DE PORCESO” Primera edición diciembre 1999.

Clave	Descripción
A	Ácido
AA	Agua ácida
AAM	Agua amarga
AB	Agua potable
AC	Aceite de calentamiento
ACA	Agua de alimentación para calderas
ACI	Agua contra incendios
ACR	Agua cruda
AD	Agua de servicios.
ADE	Agua desmineralizada
AE	Suministro de agua de enfriamiento
AH	Aceite hidráulico
AF	Aceite recuperado.
AI	Aire de instrumentos.
AL	Aceite de lubricación.
AM	Agua de mar.
AP	Aire de planta.
APO	Agua potable
APU	Agua pulida
AR	Retorno de agua de enfriamiento.
ARP	Agua de reposición
AS	Agua de servicios
ASF	Asfalto
AST	Aceite sintético o de sellos

ASU	Acido sulfúrico
ATR	Agua tratada.
BI	Biocida
CA	Condesados de alta presión
CAM	Condensadores Amargos
CB	Condensador a baja presión
CC	Condensador caliente
CE	Crudo estabilizado
CI	Inhibidor de corrosión.
CL	Cloro
CM	Condensado media presión
CO	Combustóleo
CH	Combustible para helicópteros
CS	Conexión de servicios
D	Desfogue
DA	Drenaje de sistema de desfogue
DAA	Drenaje abierto aceitoso
DAP	Desfogue alta presión
DBP	Desfogue a baja presión
DC	Drenaje cerrado
DD	Drenaje aceitoso
DEA	Dietanolamina
DEG	Di etilenglicol
DIE	Diesel
DH	Desfogue húmedo
DL	Drenaje del sistema de desfogue
DP	Drenaje pluvial
DPC	Drenaje pluvial contaminado
DG	Drenaje químico
DQ	Drenaje químico
DR	Drenaje pluvial contaminado.
DT	Drenaje de transferencia.

DS	Desemulsificante, desfogue seco drenaje sanitario
DW	Drenaje de agua
E+	Etanol plus
EF	Dietanol amina.
EG	Etilenglicol
FL	Lodos.
G	Gas de instrumentos
GA	Gas ácido
GAM	Gas amargo
GB	Gas buffer
GCO	Gas combustible
GD	Gas dulce
GI	Gas inerte o nitrógeno.
GL	Glicol
GN	Gas o gasolina natural
GAS	Gasolina
GS	Gas combustible.
HF	Combustible de helicóptero.
HCL	Acido Clorhídrico
HD	Aceite de calentamiento.
HN	Hidrazina
IC	Inhibidor de corrosión
KE	Kerosina.
L	Lodos
LPG	Gas licuado de petróleo (Propano o licuado)
P	Línea de proceso.
PE	Polietileno
PP	Propileno
PPP	Polipropileno
PQ	Productos químicos
PR	Purga

RE	Relevo
RV	Resido de vacio
S	Azufre
SA	Salmuera
SAE	Suministro de agua de enfriamiento
SC	Sosa cáustica
TEA	Trietanolamina
TEG	Trietilenglicol
TUR	Turbosina
V	Venteo
VA	Vapor de alta presión
VM	Vapor de media presión

Tabla C1 Abreviación de algunos servicios.

Fuente Pemex.(1999) *Simbología de equipos de procesos*. 1ª edición, México. Diciembre

Especificación de la tubería

La especificación de la tubería puede hacerse en base a un catalogo y su clase será según sus especificaciones, para especificar la tubería se tomara la clasificación del material junto con el grado o la clase del material.

Por ejemplo como vemos en las siguiente tabla, tenemos que el material es Acero galvanizado con y sin soldadura con la especificación A53 y el grado que aparece es grado A, B y AyB cada frado con alguna especificación por lo cual especificar la tueria podría ser de la siguiente manera

A53A, A53B.

De esta manera para todas las especificaciones siguientes se podrá hacer de esta manera

Tubo ASTM Acero al carbón y aleado

Tubo de Acero Galvanizado o Negro con o sin soldadura A-53

Grado A = Tipo F soldado en horno

Grado A y B = Tipo E soldado por resistencia eléctrica

Grado A y B = Tipo S sin soldadura

Composición química

Composición Química A-53 Tipo S

Grados	Carbono % Máx.	Manganeso % Máx.	Fósforo % Máx.	Azufre % Máx.	Cobre % Máx.	Níquel % Máx.	Cromo % Máx.	Molibdeno % Máx.	Vanadio % Máx.
A	0.25	0.95	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
B	0.30	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08

Composición Química A-53 Tipo E

Carbono % Máx.	Manganeso % Máx.	Fósforo % Máx.	Azufre % Máx.	Cobre % Máx.	Níquel % Máx.	Cromo % Máx.	Molibdeno % Máx.	Vanadio % Máx.
0.30	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08

Composición Química A-53 Tipo E

Grados	Carbono % Máx.	Manganeso % Máx.	Fósforo % Máx.	Azufre % Máx.	Cobre % Máx.	Níquel % Máx.	Cromo % Máx.	Molibdeno % Máx.	Vanadio % Máx.
A	0.25	0.95	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08
B	0.30	1.20	0.05	0.045	0.40	0.40	0.40	0.15	0.08

Tabla C2 Composición químicas para la tubería con clasificación A53.

Fuente: Tubacero, S.A. Catalogo General Lloyd's Register Quality Assurance

Tubo de Acero al Carbón sin soldadura para servicios a altas temperaturas A-106

A menos que se especifique lo contrario, la tubería de diámetro igual o superior a 2" será acabada en caliente. Para tubería de 1.1/2". e inferior se permite el acabado en caliente o el estirado en frío.

La tubería estirada en frío será tratada térmicamente a 650°C, mientras que la acabada en caliente no necesita tratamiento térmico.

Composición Química.

Grado	Carbono % Máx.	Manganeso %	Fósforo % Máx.	Azufre % Máx.	Silicio % Min	Cromo % Máx.	Cobre % Máx.	Molibdeno % Máx.	Niquel % Máx.	Vanadio % Máx.
A	0.25	0.27-0.93	0.035	0.035	0.10	0.40	0.40	0.15	0.40	0.08
B	0.30	0.29-1.06	0.035	0.035	0.10	0.40	0.40	0.15	0.40	0.08
C	0.35	0.29-1.06	0.035	0.035	0.10	0.40	0.40	0.15	0.40	0.08

Tabla C3 Composición química para la tubería de clase A106.

Fuente: Tubacero, S.A. Catalogo General Lloyd's Register Quality Assurance

Ejemplo de clasificación

- A106A,
- A106B
- A106C

Donde cada uno de las clasificaciones nos indican que son el un material con aleaciones diferentes dependiendo tabla de sus composición química

Tubo de Acero sin soldadura de aleación media para servicios de refinería A-200

La tubería acabada en caliente, excepto el grado T91, será tratada térmicamente por enfriamiento lento desde 845°C, recocido isotérmico desde 870°C, o enfriado al aire o en horno de atmosfera controlada desde 900°C o más alto y recalentado a 650°C o superior. Los tubos acabados en frío serán tratados térmicamente a una temperatura superior a 650°C. El grado T91 será normalizado entre 1040°C y 1090°C y templado a 730°C mínimo.

Tabla de Composición Química.

Grado	Carbono	Manganeso	Fósforo máx.	Azufre máx.	Silicio	Cromo	Molibdeno	Otros
T4	0.05 - 0.15 máx.	0.30 - 0.60	0.025	0.025	0.50 - 1.00	2.15 - 2.85	0.44 - 0.65	--
T5	0.15 máx.	0.30 - 0.60	0.025	0.025	0.50 máx.	4.00 - 6.00	0.45 - 0.65	--
T7	0.15 máx.	0.30 - 0.60	0.025	0.025	0.50 - 1.00	6.00 - 8.00	0.45 - 0.65	--
T9	0.15 máx.	0.30 - 0.60	0.025	0.025	0.25 - 1.00	8.00 - 10.00	0.90 - 1.10	--
T91	0.08 - 0.12	0.30 - 0.60	0.020	0.010	0.20 - 0.50	8.00 - 9.00	0.85 - 1.05	Ni. 0.40 máx. V. 0.18 - 0.25 Cb. 0.06 - 0.10 N. 0.030 - 0.070 Al. 0.04 máx.
T11	0.05 mín. - 0.15 máx.	0.30 - 0.60	0.025	0.025	0.50 - 1.00	1.00 - 1.50	0.44 - 0.65	--
T21	0.05 mín. - 0.15 máx.	0.30 - 0.60	0.025	0.025	0.50 máx.	2.65 - 3.35	0.80 - 1.06	--
T22	0.05 mín. - 0.15 máx.	0.30 - 0.60	0.025	0.025	0.50 máx.	1.90 - 2.60	0.87 - 1.13	--

Tabla C4 Composición química para los grados de acero.

Fuente: Tubacero, S.A. Catalogo General Lloyd's Register Quality Assurance

Tubo ASTM Acero inoxidable***Tubo de Acero Inoxidable Austenítico Con y Sin Soldadura. A-312.***

En el caso de fabricación con costura, no se producirá adición de material en el proceso de soldadura. Para diámetros exteriores iguales o inferiores a 14" se permite una sola costura y para diámetros superiores se permite el uso de dos costuras longitudinales, debiéndose practicar cuantos ensayos, inspecciones o tratamientos sean aplicables a cada uno de los cordones. La tubería estará libre de oxido. Toda la tubería será tratada térmicamente según tabla adjunta. Se requiere un determinado tamaño de grano para los grados UNS S32615, TP309H, TP309HCb, TP310H, TP310HCb, TP321H

Tabla de Características Mecánicas.

Grado	Designación UNS	Tensión de Rotura, min Ksi (MPa)	Límite Elástico, min Ksi,MPa	Grado	Designación UNS	Tensión de Rotura, min Ksi (MPa)	Límite Elástico, min Ksi,MPa	
TP304L	S30403	70 (485)	25 (170)	TP348H	S34809	75 (515)	30 (205)	
TP316L	S31603	70 (485)	25 (170)	TPXM-10	S21900	90 (620)	50 (345)	
TP304	S30400	75 (515)	30 (205)	TPXM-11	S21904	90 (620)	50 (345)	
TP304H	S30409	75 (515)	30 (205)	TPXM-15	S38100	75 (515)	30 (205)	
TP309Cb	S30940	75 (515)	30 (205)	TPXM-29	S24000	100 (690)	55 (380)	
TP309H	S30909	75 (515)	30 (205)	TPXM-19	S20910	100 (690)	55 (380)	
TP309HCb	S30941	75 (515)	30 (205)	TP304N	S30451	80 (550)	35 (240)	
TP309S	S30908	75 (515)	30 (205)	TP316N	S31651	80 (550)	35 (240)	
TP310Cb	S31040	75 (515)	30 (205)	TP304LN	S30453	75 (515)	30 (205)	
TP310H	S31009	75 (515)	30 (205)	TP316LN	S31653	75 (515)	30 (205)	
TP310HCb	S31041	75 (515)	30 (205)		S31254	94 (640)	44 (300)	
TP310S	S31008	75 (515)	30 (205)		S30615	90 (620)	40 (275)	
	S31272	65 (450)	29 (200)		S30815	87 (600)	45 (310)	
TP316	S31600	75 (515)	30 (205)		S30600	78 (540)	35 (240)	
TP316H	S31609	75 (515)	30 (205)		S31725	75 (515)	30 (205)	
TP317	S31700	75 (515)	30 (205)		S31726	80 (550)	35 (240)	
TP317L	S31703	75 (515)	30 (205)		S31050			
TP321 Welded Seamless: <= 3/8 in >= 3/8 in	S32100			t<=0.25 in t>=0.25 in		84 (580)	39 (270)	
		75 (515)	30 (205)			78 (540)	37 (255)	
		75 (515)	30 (205)			S32615	80 (550)	32 (220)
		70 (485)	25 (170)			S33228	73 (500)	27 (185)
TP321H Welded Seamless: <= 3/8 in >= 3/8 in	S32109				S24565	115 (795)	60 (415)	
		75 (515)	30 (205)		S30415	87 (600)	42 (290)	
		75 (515)	30 (205)		S32654	109 (750)	62 (430)	
		70 (485)	25 (170)		S35315	94 (650)	39 (270)	
TP347	S34700	75 (515)	30 (205)		N08367			
TP347H	S34709	75 (515)	30 (205)	t<=0.187 t>=0.187		100 (690)	45 (310)	
TP347LN	S34751	75 (515)	30 (205)			95 (655)	45 (310)	
TP348	S34800	75 (515)	30 (205)			N08904	71 (490)	31 (215)
TP348H	S34809	75 (515)	30 (205)					
Alargamiento 2 in o 50 mm(o 4D), min, %						Longitudinal	Transversal	
Todos los grados excepto S31050 y S32615						35	25	
S31050,S32615						25		
N08367						30		

Tabla C5 Características mecánicas del acero al carbón.

Fuente: Tubacero, S.A. Catalogo General Lloyd's Register Quality Assurance

Tolerancia a la corrosión para el material de Acero Inoxidable con algunas sustancias.

Sustancias	Marten	Ferrí-	Austeníticos	
	sí-ticos	ticos	302-304- 305	316
Acetileno	1	1	1	1
Acetona 100% a 100°C	1	1	1	1
Aceites minerales en caliente y en frío	-	1(b)	1(b)	1(b)
Aceites vegetales en caliente y en frío	-	1(b)	1(b)	1(b)
Ácido acético hasta 20%	3	2	1	1
Ácido bórico 5%	1	1	1	1
Ácido butírico 5%	1	1	1	1
Ácido cianhídrico 100%	3	3	2	2
Ácido cítrico 5%	-	1	1	1
Ácido clorhídrico (Todas las conc.)	3	3	3	3
Ácido crómico 5%	-	2	1	1
Ácido esteárico 100% hasta 100°C	1	1	1	1
Ácido fluorhídrico (Todas las conc.)	3	3	3	3
Ácido fosfórico 5%	1	1	1	1
Ácido láctico 5%	3	2	1	1
Ácido linoleico 100% hasta 100% C	2	2	2	2
Ácido málico 10-40 %hasta 50°C	-	-	1	1
Ácido muriático	3	3	3	3
Ácido nítrico hasta 10% a 80°C	2	1	1	1
Ácido oleico 100%	1	1	1	1
Ácido oxálico 5%	2	1	1	1
Ácido pícrico (Todas las conc)	2	1	1	1

Anexo C

Ácido sulfhídrico 100% húmedo	3	3	2	2
Ácido sulfúrico 5% en ebullición	-	3	3	3
Ácido sulfúrico fumante (óleum)	2	2	2	2
50°C				
Ácido sulfuroso 100%	3	3	2	2
Ácido tártrico 10% a 100 °C	-	1	1	1
Agua dulce	1	1	1	1
Agua oxigenada 10-30%	-	1	1	1
Aguarrás	-	-	1	1
Alcanfor	-	1	1	1
Alcohol etílico (Todas as concen)	-	1	1	1
Alcohol metílico 100%	-	1	1	1
Almíbar (Todas las concen)	1	1	1	1
Aluminio fundido	3	3	3	3
Amoníaco 100% (Seco)	1	1	1	1
Anhídrido acético 100%	3	3	1	1
Anhídrido carbónico 100% (Seco)	1	1	1	1
Anhídrido sulfuroso 90%	3	3	3	2
Anilina 100 %	1	1	1	1
Azufre fundido	2	2	1	1
Baños para curtidos	-	-	1	1
Baños de cromado	-	-	1	1
Baños de fijación fotográfica	-	2	1(b)	1(b)
Baños de revelado fotográfico	-	2	1	1
Barnices	1	1	1	1
Bencina	1-	1	1	1
Benzol en frío y en caliente	-	1	1	1
Bicarbonato de sodio (Todas las concn)	1	1	1	1
Bisulfuro de sodio 15% a 85 °C	3	3	3	3
Bisulfuro de carbonato 100%	1	1	1	1
Bórax 5% caliente	-	1	1	1

Anexo C

Butano	1	1	1	1
Café en ebullición	-	1	1	1
Carbonato de sodio 5% hasta 65 °C	1	1	1	1
Cerveza	-	-	1	1
Citrato de sodio en frío y caliente	-	-	1	1
(T. C)				
Cloroformo 100%	2	2	1	1
Cloruro de Amoniac 1%	1	1	1	1
Cloruro férrico 5-50%	3	3	3	3
Cloruro ferroso 10 – 20 %	3	3	3	3
Cloruro de magnesio hasta 20%	3	2	1	1
Cloruro de mercurio hasta 10%	3	3	3	3
Cloruro de níquel 10 -30 %	3	3	3	-
Cloruro de potasio 1 – 5%	1	1	1	1
Cloruro de sodio 5 % (No agitado)	2	2	1	1
Cloruro de zinc 10%	-	-	2	1
Cloruro de S 100% a T de ebullición	3	3	1	1
Coca – cola (Jarabe puro)	-	1	1	1
Eter 100%	2	2	1	1
Formaldehido 100%	1	1	1	1
Fosfato de amonio 10 %	-	2	2	2
Fosfato de sodio (Todas las concen.)	2	2	2	2
Furfurol 100% a T de ebullición	1	1	1	1
Gas de cloro húmedo	3	3	3	3
Gas de cok	1	1	1	1
Gelatina	1	1	1	1
Glicerina en todas las concentraciones	1	1	1	1
Glicol etílico 100%	1	1	1	1
Glucosa	1	1	1	1
Goma laca	1	1	1	1
Hidróxido de amonio hasta el 40%	1	1	1	1

Anexo C

Hidróxido de calcio 10% hasta 100°	2	2	2	2
C				
Hidróxido de magnesio 10% hasta 100C	2	2	2	2
Hidróxido de potasio hasta 50%	2	2	2	2
Hidróxido de sodio hasta 20%	1	1	1	1
Hipoclorito de calcio 100%	3	3	3	3
Hipoclorito de sodio 100%	3	3	3	-
Jabón	-	1	1	1
Jugos de naranja concentrado	-	-	1	1
Jugos de limón concentrado	-	-	1	1
Leche (Fresa o acida)	2	1	1	1
Lejia	3	3	3	2
Levadura	-	-	1	1
Mayonesa	-	-	3	3
Melaza	1	1	1	1
Mostaza	-	-	1	1
Nitrato de amonio 10-50%	2	1	1	1
Nitrato de sodio 10-40%	2	2	1	1
Parafina en caliente y en frio	1	1	1	1
Perborato de sodio 10% hasta 100°C	2	2	2	2
Peróxido de hidrogeno 10%	2	2	1	1
Peróxido de sodio 10% hasta 100°C	-	-	2	2
Plomo fundido	3	3	2	2
Propano	1	1	1	1
Silicato de sodio 100% hasta 100°C	2	2	1	1
Suero de leche	2	1	1	1
Sulfato de aluminio 10%	3	2	1	1
Sulfato de amonio 10%	3	2	2	2
Sulfato férrico 10%	2	1	1	1
Sulfato ferroso 10-40%	2	2	2	2

Anexo C

Sulfato de magnesio 10-40%	3	1	1	1
Sulfato de níquel 30%	-	-	1	1
Sulfato de potasio 10% hasta 100°C	1	1	1	1
Sulfato de cobre 10%	2	2	2	1
Sulfato de sodio 10%	3	3	2	1
Sulfato de zinc 10%	2	2	1	1
Sulfato de sodio 10%	3	3	2	1
Tetracloruro de carbono 10%	3	3	3	-
Tiosulfato de sodio 10-60% hasta 100°C	-	-	2	1
Toluol	1	1	1	1
Ticloroetilano 100% (Trielina) a 100°C	2	2	2	2
Vinagre	1	1	1	1
Vinagre (Vapores)	-	2	2	1
Vino	-	-	1	1
Whisky	-	-	1	1
Zinc fundido	3	3	3	3

1. Los aceros de los tipos indicados no presentan normalmente peligro de corrosión óptimas de empleo en contacto con las sustancias consideradas
 2. Los aceros inoxidables de los tipos indicados, cuando estén en contacto con las sustancias consideradas, presentan posibilidad, más o menos marcada de corrosión y por ello es oportuno verificar de vez en cuando las condiciones de su empleo.
 3. Los aceros inoxidables indicados presentan notables fenómenos corrosivos cuando se ponen en contacto con las sustancias consideradas en las condiciones indicadas, y por consiguiente se desaconseja su empleo-
- Sin datos
- (b) puede ser atacado en presencia de ácido sulfúrico

Tabla C6 Tolerancia a la corrosión.

Fuente: Tubacero, S.A. Catalogo General Lloyd's Register Quality Assurance

*Anexo D**Ecuaciones para el cálculo del diámetro utilizado en el programa.*

Vamos a partir de un balance de energía tal como:

Energía de entrada = Energía de salida... (1)

Por lo que tenemos:

$$Z_1 \frac{g}{gc} + \frac{U_1^2}{2gc} + \frac{\rho_1}{\rho} = Z_2 \frac{g}{gc} + \frac{U_2^2}{2gc} + \frac{\rho_2}{\rho} + H_{fs} \dots (2)$$

Para el cálculo de la tubería se utiliza la ecuación (2) la cual estará sujeta las siguientes suposiciones.

1. Se despreciaran las alturas
2. Se considera que las velocidades al inicio y al final de la tubería son iguales por lo que podemos omitir este dato.

Por lo tanto la ecuación resultante es:

$$\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho} = H_{fs} \dots (3)$$

$$H_{fs} = \frac{fU^2L_T}{2gcD} \dots (4)$$

Sustituyendo la ecuación (4) en la ecuación (3)

$$\frac{\rho_1 - \rho_2}{\rho} = \frac{fU^2L_T}{2gcD} \dots (4)$$

La velocidad la podemos ver de la siguiente manera.

$$U = \frac{Q}{S} = \frac{4Q}{\pi D^2} \dots (5)$$

Ahora sustituyendo la ecuación (5) en la ecuación (4) y despegando el diámetro. Tenemos.

$$D = \left(\frac{8fQ^2L_T\rho}{\Delta Pgc\pi^2} \right)^{1/5} \dots (6)$$

La siguiente fórmula que necesitamos es la del número de Reynolds

$$N_{Re} = \frac{\rho UD}{\mu} \dots (7)$$

Sustituyendo la ecuación (5) en la ecuación (7)

$$N_{Re} = \frac{4\rho Q}{\pi D\mu} \dots (8)$$

La ecuación número 6 y la 7 son las que se utilizarán en el programa de cómputo. Y en base a estas dos obtendremos el factor de fricción y la rugosidad relativa.

*Código de programación**Calculo del diámetro:*

```

Label15
Click

Private Sub CommandButton1_Click()
On Error Resume Next

Dim r1, r2, r3, r4 As Double
r1 = Val(TextBox1.Text)
r2 = Val(TextBox2.Text)
r3 = Val(TextBox3.Text)
r4 = Val(TextBox4.Text)
Label6 = (r2 * 4 * r1) / (3.1416 * r4 * r3)

End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
On Error Resume Next
Dim r1, r2, r5, r6, r7, r8 As Double
r1 = Val(TextBox1.Text)
r2 = Val(TextBox2.Text)
r5 = Val(TextBox5.Text)
r6 = Val(TextBox6.Text)
r7 = Val(TextBox7.Text)
r8 = Val(TextBox9.Text)

Label14 = Round(((8 * r8 * r1 ^ 2 * r5 * r2) / (r7 * r6 * 3.1416 ^ 2)) ^ (1 / 5), 2)
dxc = Label14
Label15 = dxc * 12
drec = Round(Label15, 0)
If dxc <> "" Then
MsgBox ("El diametro recomendado es " & drec)
End If

End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()
Diametro.Diametro
End Sub

Private Sub CommandButton4_Click()
Unload Me
End Sub

Private Sub Label15_Click()

End Sub

Private Sub UserForm_Activate()
MsgBox ("Llene todos los campos"), , "Datos del fluido"
End Sub

Private Sub UserForm_Click()

End Sub

```

Figura D1 código para el cálculo del diámetro de la tubería

Modulo 1 (Diámetro)

```

(General)
Diametro

Sub Diametro()
Dim n As Long
Hoja2.Select

n = 3

Do While (Cells(n, 2) <> Empty Or Cells(n, 3) <> Empty Or Cells(n, 4) <> Empty Or Cells(n, 5) <> Empty Or Cells(n, 6) <> Empty Or Cells(n, 7) <> Empty Or Cells(n, 8) <> Empty Or Cells(n, 9) <> Empty Or Cells(n, 10) <> Empty Or Cells(n, 11) <> Empty Or Cells(n, 12) <> Empty Or Cells(n, 13) <> Empty)
n = n + 1
Loop

Cells(n, 2).Value = FrmDiametro.TextBox1
Cells(n, 3).Value = FrmDiametro.TextBox2
Cells(n, 4).Value = FrmDiametro.TextBox3
Cells(n, 5).Value = FrmDiametro.TextBox5
Cells(n, 6).Value = FrmDiametro.TextBox6
Cells(n, 7).Value = FrmDiametro.TextBox7
Cells(n, 8).Value = FrmDiametro.TextBox4
Cells(n, 9).Value = FrmDiametro.TextBox8
Cells(n, 10).Value = FrmDiametro.TextBox9
Cells(n, 11).Value = FrmDiametro.Label6
Cells(n, 12).Value = FrmDiametro.Label14
Cells(n, 13).Value = FrmDiametro.Label15

FrmDiametro.TextBox1 = ""
FrmDiametro.TextBox2 = ""
FrmDiametro.TextBox3 = ""
FrmDiametro.TextBox4 = ""
FrmDiametro.TextBox5 = ""
FrmDiametro.TextBox6 = ""
FrmDiametro.TextBox7 = ""
FrmDiametro.TextBox8 = ""
FrmDiametro.TextBox9 = ""
FrmDiametro.Label6 = ""
FrmDiametro.Label14 = ""
FrmDiametro.Label15 = ""

MsgBox "Ha ingresado un registro con éxito en la fila numero " & n & ".", vbInformation + vbOKOnly, "Información de registro"
FrmDiametro.TextBox1.SetFocus

End Sub

```

Figura D2 Modulo para el llenado en la hoja de Excel del cálculo del diámetro de la tubería

Diámetro recomendado

```

CommandButton1 Click
Private Sub CommandButton1_Click()
Dim Id_GPM, Idbuscar As String
Dim fila As String
Hoja6.Select
fila = 3
Id_GPM = TextBox1
Do While Idbuscar <> Id_GPM
fila = fila + 1
Idbuscar = Range("A" & fila).Value
If Idbuscar = Empty Then
MsgBox "No se encontro dato, elije otro"
Exit Do
End If

Loop
Label14 = Range("C" & fila).Value
Label15 = Range("D" & fila).Value
Label16 = Range("E" & fila).Value
Label17 = Range("F" & fila).Value
Label18 = Range("G" & fila).Value
Label19 = Range("H" & fila).Value
Label110 = Range("I" & fila).Value
Label111 = Range("J" & fila).Value
Label112 = Range("K" & fila).Value
Label113 = Range("L" & fila).Value
Label114 = Range("M" & fila).Value
Label115 = Range("N" & fila).Value
Label116 = Range("O" & fila).Value
Label117 = Range("P" & fila).Value
Label118 = Range("Q" & fila).Value
Label119 = Range("R" & fila).Value
Hoja1.Select
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
Unload Me
End Sub

```

Figura D3 Código para la recomendación del diámetro y velocidad de la tubería

Índice o lista de línea de líneas

```

Label21
Click
Private Sub ComboBox1_Change()
Dim Id_servicio, Idbuscar As String
Dim fila As String
Hoja5.Select
fila = 2
Id_servicio = ComboBox1
Do While Idbuscar <> Id_servicio
    fila = fila + 1
    Idbuscar = Range("A" & fila).Value
    If Idbuscar = Empty Then
        MsgBox "No se encontro dato, elije otro"
    Exit Do
End If
Loop
Label21 = Range("B" & fila).Value
End Sub

Private Sub ComboBox2_Change()
Dim Id_material, Idbuscar As String
Dim fila As String
Hoja4.Select
fila = 1
Id_material = ComboBox2
Do While Idbuscar <> Id_material
    fila = fila + 1
    Idbuscar = Range("A" & fila).Value
    If Idbuscar = Empty Then
        MsgBox "No se encontro dato, elije otro"
    Exit Do
End If
Loop
Label22 = Range("B" & fila).Value
End Sub

Private Sub ComboBox3_Change()
End Sub

Private Sub CommandButton1_Click()
Registrolinea.Especificacion
Hoja3.Select
End Sub

Private Sub CommandButton2_Click()
Unload Me
End Sub

Private Sub CommandButton3_Click()
End Sub

Private Sub Label21_Click()
End Sub

Private Sub TextBox13_Change()
Dim r1 As Double
r1 = Val(TextBox13)
Label23 = r1 * 1.1
End Sub

Private Sub TextBox14_Change()
Dim r2 As Double
r2 = Val(TextBox14)
Label24 = r2 + 15
End Sub

```

Figura D4 Código para el llenado en la hoja de Excel de la especificación del índice o lista de líneas

Modulo 2 (Registro línea)

```

[General]
Especificacion

Sub Especificacion()
Dim n As String
Hoja3.Select

Cells(1, 2).Value = FrmLineas.TextBox1
Cells(2, 2).Value = FrmLineas.TextBox2
Cells(3, 2).Value = FrmLineas.TextBox4
Cells(4, 2).Value = FrmLineas.TextBox3
Cells(1, 9).Value = FrmLineas.TextBox5
Cells(2, 9).Value = FrmLineas.TextBox6
Cells(3, 9).Value = FrmLineas.TextBox7
Cells(4, 9).Value = FrmLineas.TextBox8
Cells(5, 2).Value = FrmLineas.TextBox9

n = 8
Do While (Cells(n, 1) <> Empty Or Cells(n, 2) <> Empty Or Cells(n, 3) <> Empty Or Cells(n, 4) <> Empty Or Cells(n, 5) <> Empty Or Cells(n, 6)
n = n + 1
Loop
If (FrmLineas.OptionButton1.Value = True Or FrmLineas.OptionButton2.Value = True) Then
If (FrmLineas.OptionButton3.Value = True Or FrmLineas.OptionButton4.Value = True) Then
Cells(n, 1).Value = FrmLineas.ComboBox4.Text
Cells(n, 2).Value = FrmLineas.Label121
Cells(n, 3).Value = FrmLineas.TextBox10.Text
Cells(n, 4).Value = FrmLineas.Label122
Cells(n, 5).Value = FrmLineas.ComboBox5.Text
Cells(n, 6).Value = FrmLineas.TextBox11.Text
Cells(n, 7).Value = FrmLineas.TextBox12.Text
Cells(n, 8).Value = FrmLineas.TextBox13.Text
Cells(n, 9).Value = FrmLineas.Label123
Cells(n, 10).Value = FrmLineas.TextBox14.Text
Cells(n, 11).Value = FrmLineas.Label124
Cells(n, 14).Value = FrmLineas.TextBox15.Text

If FrmLineas.OptionButton1.Value = True Then
Cells(n, 12).Value = "Líquido"
FrmLineas.OptionButton1.Value = False

Else

If FrmLineas.OptionButton2.Value = True Then
Cells(n, 12).Value = "Vapor"
FrmLineas.OptionButton2.Value = False
End If

If FrmLineas.OptionButton3.Value = True Then
Cells(n, 13).Value = "Si"
FrmLineas.OptionButton3.Value = False

Else

If FrmLineas.OptionButton4.Value = True Then
Cells(n, 13).Value = "No"
FrmLineas.OptionButton4.Value = False

End If
End If
End If

FrmLineas.ComboBox4.Text = ""
FrmLineas.Label121 = ""
FrmLineas.TextBox10.Text = ""
FrmLineas.Label122 = ""
FrmLineas.ComboBox5.Text = ""
FrmLineas.TextBox11.Text = ""
FrmLineas.TextBox12.Text = ""
FrmLineas.TextBox13.Text = ""
FrmLineas.Label123 = ""
FrmLineas.TextBox14.Text = ""
FrmLineas.Label124 = ""
FrmLineas.TextBox15.Text = ""
FrmLineas.ComboBox1.Text = ""
FrmLineas.ComboBox2.Text = ""

MsgBox "Ha ingresado un registro con éxito en la fila número" & n & ".", vbInformation + vbOKOnly, "Información del registro"
FrmLineas.ComboBox1.SetFocus

Else
MsgBox "Debe de seleccionar una opción" & vbCrLf & "Para el trabajo actual", vbCritical + vbOKOnly, "Alerta ..."
End If
End If

Hoja3.Select

End Sub

```

Figura D5 Modulo para el llenado en la hoja de Excel de la especificación del índice o lista de líneas

Referencias

Libros

1. Valiente, Antonio. *Problemas de Flujo de Fluidos*, 1ª edición, Editorial LIMUSA México pp 136-1137 (1990)
2. Greene, Richard. *Válvula, selección, uso y mantenimiento*. Traducido por Noriega Francisco México. McGraw-Hill p. 10-24
3. Crane. *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías*. Traducido por VALFISA, S.A. México. McGraw-Hill (1990)
4. Shames, Irving. *La mecánica de los fluidos*. Traducido por Saldarriaga Juan México 3ª edición. McGraw-Hill (1995)
5. Mott, Robert. *Mecánica de fluidos*. Traducido por Brito Javier 6ª edición. México. PEARSON EDUCACIÓN, (2006).
6. Ludwig Ernest. *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical plants*. Volumen 1, 3ª Edition. United States of America. Copyright © (1999)
7. Pemex.(1999) *Simbología de equipos de procesos*. 1ª edición, México. Diciembre
8. Tubacero, S.A. Catalogo General Lloyd's Register Quality Assurance
9. Mataix C. *Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicos*. Segunda edición. Ediciones del castillo, Madrid.(1986)
10. Nayyar, Mohinder. *PIPING HANDBOOK*. Seventh edition, Editorial McGraw Hill United States of America. (2000)
11. *Engineering and Design Liquid Process Piping*. US Army Corps Of Engineers. (1999).
12. NRF 032 PEMEX (2012). *Sistemas de tuberías en plantas industriales- Diseño y especificación de materiales*. México
13. NRF 035 PEMEX (2012). *Sistemas de tuberías en plantas industriales instalación y prueba*. México

Tesis

1. Pérez, Jose Luis. *Selección de tuberías, soldaduras y accesorios*. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México. (1986)
2. Aguilar, Araceli. *Desarrollo de programas de computación para la solución de problemas de flujo de fluidos*. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. (2013)
3. Pérez H.J (2006) *Especificación de Materiales de Tuberías en Ingeniería Básica para un proceso de tratamiento de agua*, Tesis de licenciatura Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química.

Recursos electrónicos

1. Sámaco, Diego., y Sen, Mihir. *Mecánica de fluidos*. (Julio 2009 [citado 2 de marzo de 2014]): disponible en <http://www3.nd.edu/~msen/MecFl.pdf>.
2. Pérez, Luis., y Pérez, Sandra. *Criterios de Diseño, Cálculo y Selección de Tuberías en Base al Criterio de las Prestaciones Equivalentes*. (Marzo 2007 [citado 14 de febrero de 2014]): Disponible en <http://escuelas.fi.uba.ar/iis/CursoTuberias.pdf>
3. Pemex. *Sistemas de tubería en plantas industriales - instalación y pruebas*. (febrero 2013 [citado 19 de febrero del 2014]): disponible en <http://www.pemex.com/proveedores-y-suministros/normas-referencia/Normas%20vigentes/NRF-035-PEMEX-2012.pdf>
4. Charlotte. *Catalogo Hierro Fundido Manual Técnico y de Instalación*. Pipe and Foundry Company (Agosto de 2013 [citado 3 de marzo de 2014]): disponible en http://www.charlottepipe.com/Documents/Espan_TM-CI-SP/TM-CI-SP.pdf

5. DPTO Ingeniería química y textil *Diseño de equipos e instalaciones*. Parte II Equipo para transporte de fluidos (España) ([26 de febrero de 2014]): disponible en http://web.usal.es/~tonidm/DEI_04_tuberias.pdf
6. ASME - B31: Código para tuberías a presión (mayo 2009 [03 de marzo de 2014]). Editado por Hernández Gómez: disponible en <http://soldando.blogspot.mx/2009/05/asme-b31-codigo-para-tuberias-presion.html>
7. Perfil-tubos PIPE'S SOLUTION catalogo, ([12 de marzo de 2014]) : disponible en <http://www.perfi-tubos.com.mx/pdf/tdaac.pdf>

Diametro

Diametro

```
r6 = Val(TextBox6.Text)
r7 = Val(TextBox7.Text)
r8 = Val(TextBox9.Text)
```

```
Label14 = Round(((8 * r8 * r1 ^ 2 * r5 * r2) / (r7 * r6 * 3.1416 ^ 2)) ^ (1 /
5), 4)
dxr = Label14
Label15 = dxr * 12
drec = Round(Label15, 0)
If dxr <> "" Then
    MsgBox ("El diametro recomendado es " & drec)
End If
```

End Sub

```
Private Sub CommandButton3_Click()
Diametro.Diametro
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton4_Click()
Unload Me
End Sub
```

```
Private Sub Label15_Click()
```

End Sub

```
Private Sub UserForm_Activate()
MsgBox ("Llene todos los campos"), , "Datos del fluido"
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Click()
```

End Sub

Modulo Diámetro

Modulo Diametro

```
Sub Diametro()  
Dim n As Long  
Hoja2.Select  
  
n = 3  
  
Do While (Cells(n, 2) <> Empty Or Cells(n, 3) <> Empty Or Cells(n, 4) <> Empty  
Or Cells(n, 5) <> Empty Or Cells(n, 6) <> Empty Or Cells(n, 7) <> Empty Or  
Cells(n, 8) <> Empty Or Cells(n, 9) <> Empty Or Cells(n, 10) <> Empty Or  
Cells(n, 11) <> Empty Or Cells(n, 12) <> Empty Or Cells(n, 13) <> Empty)  
n = n + 1  
Loop  
  
Cells(n, 2).Value = FrmDiametro.TextBox1  
Cells(n, 3).Value = FrmDiametro.TextBox2  
Cells(n, 4).Value = FrmDiametro.TextBox3  
Cells(n, 5).Value = FrmDiametro.TextBox5  
Cells(n, 6).Value = FrmDiametro.TextBox6  
Cells(n, 7).Value = FrmDiametro.TextBox7  
Cells(n, 8).Value = FrmDiametro.TextBox4  
Cells(n, 9).Value = FrmDiametro.TextBox8  
Cells(n, 10).Value = FrmDiametro.TextBox9  
Cells(n, 11).Value = FrmDiametro.Label6  
Cells(n, 12).Value = FrmDiametro.Label14  
Cells(n, 13).Value = FrmDiametro.Label15  
  
FrmDiametro.TextBox1 = ""  
FrmDiametro.TextBox2 = ""  
FrmDiametro.TextBox3 = ""  
FrmDiametro.TextBox4 = ""  
FrmDiametro.TextBox5 = ""  
FrmDiametro.TextBox6 = ""  
FrmDiametro.TextBox7 = ""  
FrmDiametro.TextBox8 = ""  
FrmDiametro.TextBox9 = ""  
FrmDiametro.Label6 = ""  
FrmDiametro.Label14 = ""  
FrmDiametro.Label15 = ""  
  
MsgBox "Ha ingresado un registro con éxito en la fila numero " & n & ".",  
vbInformation + vbOKOnly, "Información de reistro"  
FrmDiametro.TextBox1.SetFocus  
  
End Sub
```

Diametro recomendado

Diametro recomendado

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
Dim Id_GPM, Idbuscar As String  
Dim fila As String  
Hoja6.Select  
fila = 3  
Id_GPM = TextBox1  
Do While Idbuscar <> Id_GPM  
fila = fila + 1  
Idbuscar = Range("A" & fila).Value  
If Idbuscar = Empty Then  
MsgBox "No se encontro dato, elije otro"  
Exit Do  
End If
```

```
Loop  
Label4 = Range("C" & fila).Value  
Label5 = Range("D" & fila).Value  
Label6 = Range("E" & fila).Value  
Label7 = Range("F" & fila).Value  
Label8 = Range("G" & fila).Value  
Label9 = Range("H" & fila).Value  
Label10 = Range("I" & fila).Value  
Label11 = Range("J" & fila).Value  
Label12 = Range("K" & fila).Value  
Label13 = Range("L" & fila).Value  
Label14 = Range("M" & fila).Value  
Label15 = Range("N" & fila).Value  
Label16 = Range("O" & fila).Value  
Label17 = Range("P" & fila).Value  
Label18 = Range("Q" & fila).Value  
Label19 = Range("R" & fila).Value  
Hoja1.Select  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
Unload Me  
End Sub
```

Lineas

Lineas

```
Private Sub ComboBox1_Change()  
Dim Id_servicio, Idbuscar As String  
Dim fila As String  
Hoja5.Select  
fila = 2  
Id_servicio = ComboBox1  
Do While Idbuscar <> Id_servicio  
    fila = fila + 1  
    Idbuscar = Range("A" & fila).Value  
    If Idbuscar = Empty Then  
        MsgBox "No se encontro dato, elije otro"  
        Exit Do  
    End If  
Loop  
Label21 = Range("B" & fila).Value  
End Sub
```

```
Private Sub ComboBox2_Change()  
Dim Id_material, Idbuscar As String  
Dim fila As String  
Hoja4.Select  
fila = 1  
Id_material = ComboBox2  
Do While Idbuscar <> Id_material  
    fila = fila + 1  
    Idbuscar = Range("A" & fila).Value  
    If Idbuscar = Empty Then  
        MsgBox "No se encontro dato, elije otro"  
        Exit Do  
    End If  
Loop  
Label22 = Range("B" & fila).Value  
End Sub
```

```
Private Sub ComboBox3_Change()  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
RegistroLinea.Especificacion  
Hoja3.Select  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
Unload Me  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton3_Click()  
End Sub
```

```
Private Sub TextBox13_Change()  
Dim r1 As Double  
r1 = Val(TextBox13)  
Label23 = r1 * 1.1  
End Sub
```

```
Private Sub TextBox14_Change()  
Dim r2 As Double  
r2 = Val(TextBox14)  
Label24 = r2 + 15  
End Sub
```

```
Private Sub UserForm_Click()
```

Lineas

End Sub

Modulo Línea

Modulo Línea

```
Sub Especificacion()
Dim n As String
Hoja3.Select

Cells(1, 2).Value = FrmLineas.TextBox1
Cells(2, 2).Value = FrmLineas.TextBox2
Cells(3, 2).Value = FrmLineas.TextBox4
Cells(4, 2).Value = FrmLineas.TextBox3
Cells(1, 9).Value = FrmLineas.TextBox5
Cells(2, 9).Value = FrmLineas.TextBox6
Cells(3, 9).Value = FrmLineas.TextBox7
Cells(4, 9).Value = FrmLineas.TextBox8
Cells(5, 2).Value = FrmLineas.TextBox9

n = 8
Do While (Cells(n, 1) <> Empty Or Cells(n, 2) <> Empty Or Cells(n, 3) <> Empty
Or Cells(n, 4) <> Empty Or Cells(n, 5) <> Empty Or Cells(n, 6) <> Empty Or
Cells(n, 7) <> Empty Or Cells(n, 8) <> Empty Or Cells(n, 9) <> Empty Or Cells(n,
10) <> Empty Or Cells(n, 11) <> Empty Or Cells(n, 12) <> Empty Or Cells(n, 13)
<> Empty Or Cells(n, 14) <> Empty)
n = n + 1
Loop
If (FrmLineas.OptionButton1.Value = True Or FrmLineas.OptionButton2.Value =
True) Then
If (FrmLineas.OptionButton3.Value = True Or FrmLineas.OptionButton4.Value =
True) Then
Cells(n, 1).Value = FrmLineas.ComboBox4.Text
Cells(n, 2).Value = FrmLineas.Label121
Cells(n, 3).Value = FrmLineas.TextBox10.Text
Cells(n, 4).Value = FrmLineas.Label122
Cells(n, 5).Value = FrmLineas.ComboBox5.Text
Cells(n, 6).Value = FrmLineas.TextBox11.Text
Cells(n, 7).Value = FrmLineas.TextBox12.Text
Cells(n, 8).Value = FrmLineas.TextBox13.Text
Cells(n, 9).Value = FrmLineas.Label123
Cells(n, 10).Value = FrmLineas.TextBox14.Text
Cells(n, 11).Value = FrmLineas.Label124
Cells(n, 14).Value = FrmLineas.TextBox15.Text

If FrmLineas.OptionButton1.Value = True Then
Cells(n, 12).Value = "Líquido"
FrmLineas.OptionButton1.Value = False

Else

If FrmLineas.OptionButton2.Value = True Then
Cells(n, 12).Value = "Vapor"
FrmLineas.OptionButton2.Value = False
End If

If FrmLineas.OptionButton3.Value = True Then
Cells(n, 13).Value = "Si"
FrmLineas.OptionButton3.Value = False

Else

If FrmLineas.OptionButton4.Value = True Then
Cells(n, 13).Value = "No"
FrmLineas.OptionButton4.Value = False

End If
End If
End If

FrmLineas.ComboBox4.Text = ""
```

Modulo Línea

```
Frmlineas.Label21 = ""
Frmlineas.TextBox10.Text = ""
Frmlineas.Label22 = ""
Frmlineas.ComboBox5.Text = ""
Frmlineas.TextBox11.Text = ""
Frmlineas.TextBox12.Text = ""
Frmlineas.TextBox13.Text = ""
Frmlineas.Label23 = ""
Frmlineas.TextBox14.Text = ""
Frmlineas.Label24 = ""
Frmlineas.TextBox15.Text = ""
Frmlineas.ComboBox1.Text = ""
Frmlineas.ComboBox2.Text = ""

MsgBox "Ha ingresado un registro con éxito en la fila número" & n & ".",
vbInformation + vbOKOnly, "Información del registro"
Frmlineas.ComboBox1.SetFocus

Else
MsgBox "Debe de seleccionar una opción" & vbCrLf & "Para el trabajo
actual", vbCritical + vbOKOnly, "Alerta ..."
End If
End If

Hoja3.Select

End Sub
```