



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA

**ESTUDIO DE LOS ACEROS EMPLEADOS PARA EL
TRANSPORTE DE GAS POR TUBERÍAS**

REALIZADO POR:
ORIANA ANAIS ANDARCIA GARCIA
ZURIMA CAROLINA MOLINA ROBLES

Seminario presentado como requisito parcial para optar
Al título de
INGENIERO DE PETRÓLEO

MATURÍN, JUNIO 2013

RESOLUCIÓN

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): “Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización.”




**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**ESTUDIO DE LOS ACEROS EMPLEADOS PARA EL
TRANSPORTE DE GAS POR TUBERIAS**

**REALIZADO POR:
ORIANA ANAIS ANDARCIA GARCIA, C.I. 18.865.910
ZURIMA CAROLINA MOLINA ROBLES, C.I. 17.631.598**

REVISADO POR:



**MSc. Deasy Osuna
Asesor Académico**

MATURÍN, JUNIO 2013




UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA

ESTUDIO DE LOS ACEROS EMPLEADOS PARA EL
TRANSPORTE DE GAS POR TUBERIAS

REALIZADO POR:
ORIANA ANAIS ANDARCIA GARCIA
ZURIMA CAROLINA MOLINA ROBLES

APROBADO POR:



Dr. Fernando Pino
Jurado Principal



MSc. Denny Osuna
Asesor Académico



MSc. Pedro Tinco
Jurado Principal



MSc. Fabiola Mottola
Jurado Principal

MATURÍN, JUNIO 2013

DEDICATORIA

Quiero dedicar en primer lugar a Dios por permitirme existir y por darme la fortaleza necesaria para vivir y poder enfrentar y superar todos y cada uno de los retos y obstáculos que se han presentado en mi vida y que me han ayudado y fortalecido cada día para ser una mejor persona.

A mi madre Anais García quien con esfuerzo, empeño, sacrificio y dedicación me ha sacado adelante; siempre esforzándose por darme lo mejor, enseñándome y orientándome en las cosas buenas y malas de la vida. Gracias a ella soy todo lo que soy hoy día y no puedo más que dedicarle todo mi esfuerzo plasmado en las líneas de este trabajo, gracias a ti, cumpla hoy en día una de mis grandes metas. Este logro no es mío, es tuyo, a ti te debo, todo lo que soy. Te Amo.

A mi abuela Justina García que siempre ha estado allí en todo momento, apoyándome en todo, le dedico este triunfo, sabiendo que es el mejor regalo que puedo darle.

Oriana Anais Andarcia Garcia.

DEDICATORIA

Esta tesis es una parte de mi vida y comienzo de otra etapa por esto y más, la dedico a Dios que me distes la oportunidad de vivir y darme una familia maravillosa, por haberme ayudado a hacer realidad este logro.

A mi Madre Carmen Robles, quien supo guiar cada uno de mis pasos, cuidarme en esos momentos que más necesité de ella, por motivarme en seguir adelante, por formarme y brindarme una excelente educación. No existen palabras para agradecerle todo lo que has hecho por mí.

A mi Padre Wuilzor Molina, por contribuir con mi educación, apoyarme durante toda la carrera, por brindarme su amor y comprensión incondicional y toda su colaboración en los momentos donde más lo necesité. Nada ha sido fácil, pero tu ayuda ha sido valiosa padre, no existe mayor satisfacción que verte feliz por esta meta alcanzada.

A mi querido esposo, Cesar, por estar allí apoyándome de manera incondicional en todo, por ser un ejemplo de esfuerzo, disciplina, superación, por su amor y comprensión en todo momento, por ser mi compañero, mi amigo dedicado y consentidor... ¡Te Amo Mucho!

A mis queridos hermanos, Melitza y Wilson por estar conmigo en cada paso deseándome siempre lo mejor... ¡los quiero muchísimo!

Zurima Carolina Molina Robles

AGRADECIMIENTO

Agradezco este triunfo a Dios Todo Poderoso, por darme la fe y el espíritu para seguir adelante.

A mi Madre por su constancia y dedicación durante toda mi vida, le agradezco grandemente su apoyo incondicional.

A la UNIVERSIDAD DE ORIENTE Núcleo Monagas, especialmente a la Escuela de Petróleo y a los profesores de la misma, por haber permitido, formarme profesionalmente.

A mi Asesora Académica Ing. Deasy Osuna, por regalarme parte de su tiempo y premiarme con su conocimiento.

En fin a todos, familiares, amigos y a todas aquellas personas que de una u otra forma han aportado su granito de arena para ayudarme en el cumplimiento de esta meta. Muchas Gracias.

Oriana Anaís Andarcia García.

AGRADECIMIENTO

Tengo mucho que agradecer y a tantas personas que significan mucho para mí que una hoja no alcanza para mencionarlos, el verdadero agradecimiento lo llevare siempre por dentro.

Todos contamos a lo largo de nuestra vida con seres especiales que nos guían, enseñan, que dan amor, cariño, amistad, apoyo y confianza.... Yo, gracias a Dios, he podido encontrarlos en el camino de mi vida.

Quiero darle las gracias a Dios por darme la paciencia y la fuerza de voluntad para lograr este sueño.

A la Universidad de Oriente, por permitir desarrollarme como profesional en sus aulas de clases.

A mis padres, Carmen y wuilzor que ni en cien vidas podría compensarle lo suficiente, por todo el amor y apoyo que me han dado; por su fe, optimismo y dedicación me acompañaron en todo momento, es mucho lo que quisiera decir, pero es poco lo que aquí puedo plasmar, Gracias a ambos por darme el apoyo necesario para cumplir mis metas, confiar en mí y quererme incondicionalmente como yo a ustedes, sin ustedes hoy no sería lo que soy. Gracias por estar siempre. ¡Los amo!

Quiero agradecerle de manera muy especial a mi Amor, Cesar, que bendición es tenerte a mi lado, no me imagino pasar esta última etapa de mi carrera sin ti, gracias por luchar hasta contra mí para que yo sea feliz... la vida nos dio la oportunidad de compartir ilusiones y estoy segura que juntos cumpliremos cada una de ellas... ¡Por eso eres mi corazón!

A mis hermanos, Melitza y Wilson, por estar siempre a mi lado, en los momentos buenos y difíciles de mi vida... ¡los quiero muchísimo!

A mi asesora académica, Ingeniero Deasy Osuna, gracias por su apoyo, dedicación y todos los conocimientos transmitidos durante la realización de este trabajo.

A los Profesores de la Escuela de Petróleo de la UDO Monagas quienes realizan una labor especial con todos los estudiantes de Áreas de Grado, los Profesores Fernando Pino, Pedro Tineo, Deasy Osuna, Fabiola Mottola. Admirables y ejemplos a seguir... ¡gracias Profesores!

A todos mis compañeros de Áreas de Grado de la Escuela de Ingeniería de Petróleo, por esa amistad y unión que nos caracterizo en todos y cada uno de los momentos vividos durante este curso.

A todas aquellas personas que tienen sueños y metas, quiero decirles que la mayor fortaleza del hombre, es no darse nunca por vencido, recorrer el camino del conocimiento no es nada fácil, al contrario es verdaderamente muy difícil pero la mayor ventaja que presenta ese camino, es que mientras lo recorres, te encuentras y adquieres aun muchos más conocimientos y sabiduría de los que se buscan y que jamás imaginamos, te regalas la dicha de llenarte con algo que no se encuentra en cualquier parte, que es solo tuyo y nadie podrá quitarte jamás. Es en el recorrido de ese camino que crecemos y nos desarrollamos como personas y profesionales, y es algo que marca la vida de una persona siempre de manera positiva (Aprender siempre será algo positivo, jamás negativo). Por eso hoy les expreso, que si están en la búsqueda de una gran meta y se les presentan miles de barreras y de tropiezos, sáltenlas, atraviésenlas, levántense, no dejen que eso los detenga, jamás se den por

vencido y tengan en todo momento presente que “LOS QUE PERSEVERAN VENCEN”.

¡Gracias a todos!
Zurima Carolina Molina Robles



ÍNDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	ii
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
RESUMEN	xv
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	3
EL PROBLEMA	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.2.1 Objetivo General.....	5
1.2.2 Objetivos Específicos	5
1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION.....	5
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1 BASES TEÓRICAS.....	7
2.1.1 Gas Natural.....	7
2.1.2 Gasoductos	7
2.1.3 Sistema de Redes de Transporte de Gas Natural.....	8
2.1.4 La Tubería.....	11
2.1.4.1 Características de las tuberías.....	11
2.1.4.2 Fabricación de tuberías	12
2.1.5 Fundamento de Diseño de un gasoducto	12
2.1.6 Acero	14
2.1.6.1 Producción y Refinación de Arrabio	15
2.1.6.2 Reseña histórica del acero.....	15
2.1.6.3 Estructura del acero	18
2.1.6.4 Diagrama de fases de acero	19
2.1.6.5 Composición química del acero.....	20
2.1.7 Tratamientos térmicos del acero.....	22
2.1.8 Descripción de los tipos de aceros empleados en tuberías para el transporte de gas.....	24
2.1.8.1 Aceros al carbono	24
2.1.8.2 Aceros Aleados	26
2.1.8.3 Aceros inoxidable.....	27
2.1.8.4 Aceros empleados en tuberías para el transporte de gas.....	32

2.1.9 Definir los elementos utilizados en la aleación de aceros empleados para el transporte de gas por tuberías.....	36
2.1.9.1 Elementos utilizados en la aleación de aceros empleados para el transporte de gas por tuberías.....	41
2.1.10. Establecer las propiedades de los aceros empleados para el transporte de gas por tuberías.....	44
2.1.10.1 Propiedades mecánicas del acero.....	44
2.1.10.2 Propiedades térmicas del acero.....	47
2.1.10.3 Propiedades de los aceros empleados para el transporte de gas por tuberías.....	47
2.1.11 Análisis de la Utilidad de los Aceros Industriales Empleados en Tuberías Para el Transporte de Gas.....	51
2.2 DEFINICION DE TERMINOS.....	53
CAPÍTULO III.....	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
3.1 CONCLUSIONES.....	55
3.2 RECOMENDACIONES.....	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
APÉNDICES.....	60
HOJAS METADATOS.....	74

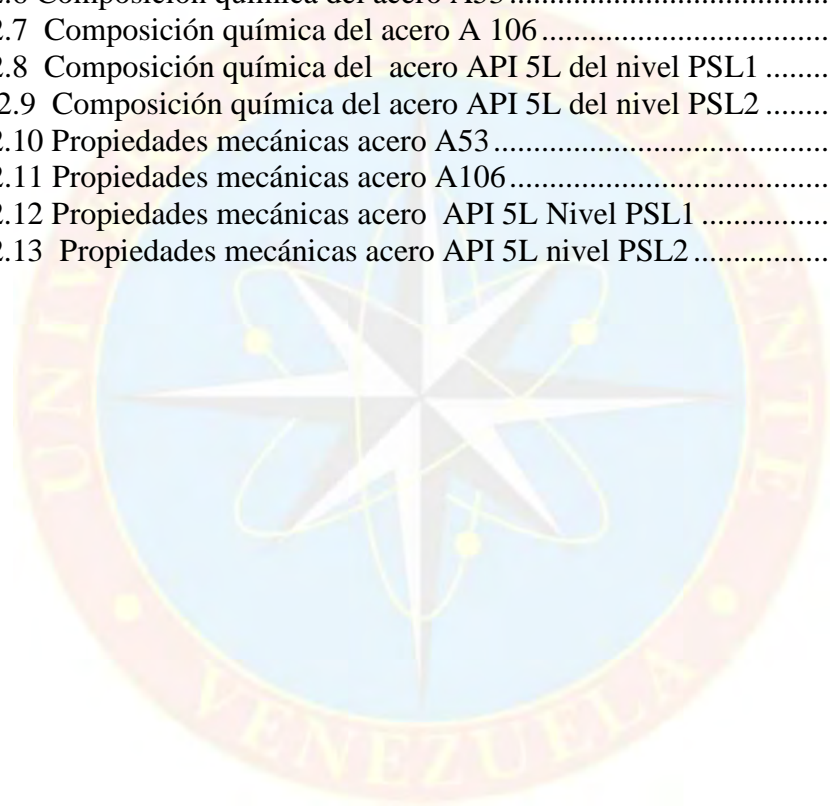
ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ejemplo de un gasoducto.....	10
Figura 2.2 Diagrama de fases de acero	19



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Composición química del acero.....	22
Tabla 2.2 Contenido de los elemento del acero al carbono.....	25
Tabla2.3 Especificaciones técnicas de diseño.....	34
Tabla2.4 Especificaciones técnicas de Construcción.....	35
Tabla2.5 Especificaciones técnicas de selección de materiales.....	36
Tabla 2.6 Composición química del acero A53.....	42
Tabla 2.7 Composición química del acero A 106.....	42
Tabla 2.8 Composición química del acero API 5L del nivel PSL1.....	43
Tabla 2.9 Composición química del acero API 5L del nivel PSL2.....	43
Tabla 2.10 Propiedades mecánicas acero A53.....	48
Tabla 2.11 Propiedades mecánicas acero A106.....	48
Tabla 2.12 Propiedades mecánicas acero API 5L Nivel PSL1.....	49
Tabla 2.13 Propiedades mecánicas acero API 5L nivel PSL2.....	49





**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE MONAGAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO
MATURÍN / MONAGAS / VENEZUELA**

**ESTUDIO DE LOS ACEROS EMPLEADOS PARA EL TRANSPORTE DE
GAS POR TUBERIAS**

Autores:
Oriana Anais Andarcia Garcia
Zurima Carolina Molina Robles

Asesor Académico:
MsC. Deasy Osuna

JUNIO 2013

RESUMEN

Esta investigación estuvo dirigida al Estudio de los aceros empleados para el transporte de gas por tubería. Dentro de los tópicos desarrollados en la investigación se describió el acero como metal fundamental para la fabricación de las tuberías de transporte de gas siendo el acero al carbono el metal principal para su elaboración, así como también la conceptualización del gas, sus sistemas de recolección y transporte. En cuanto a los objetivos específicos se describieron los tipos de aceros empleados en tuberías de transporte de gas, los elementos utilizados en la aleación, las propiedades de los aceros y el análisis de la utilidad de los aceros empleados para el transporte de gas. Finalmente en el capítulo tres se presentan las conclusiones y recomendaciones concluyendo que el material principal que se emplea para la construcción de los gasoductos es el acero al carbono de alta resistencia debido a que puede soportar altas presiones y resistencia a la corrosión. En la actualidad estos aceros son utilizados ampliamente en la industria petrolera para la fabricación de tanques de almacenamiento de hidrocarburos y tuberías para el transporte de gas entre otros. La microestructura de este acero, en el cual la ferrita se encuentra en mayor proporción, es originada por el efecto de la composición química y por los diferentes tratamientos termomecánicos aplicados en su elaboración, lo cual permite que esta aleación alcance el límite de fluencia y la tenacidad requerida para ser utilizada en la fabricación de tubos de grandes diámetros para el transporte de gases. La construcción de los gasoductos, aparecen en las recomendaciones publicadas por el Instituto Americano del Petróleo (API), así como también en el Código ASME B31.8 junto con las normas PDVSA.

INTRODUCCIÓN

Para poder aprovechar la energía del gas es necesario extraerlo de los yacimientos o reservorios, que se encuentran a grandes profundidades. Una vez extraído, se debe tratar hasta obtener el producto final que debe ser transportado para su uso o consumo. El gas natural que llega al sitio previsto, no solamente, debe tener la calidad adecuada, sino que debe tener el caudal suficiente para satisfacer la demanda, cuando se habla de éste, se han realizado previamente una serie de procesos y tratamientos del fluido, para acondicionarlo como se señala anteriormente para su uso.

Una de las etapas importantes en el consumo del gas natural es el transporte, el cual es desplazado a grandes distancias a través de los gasoductos, por ser estos uno de los métodos más seguro de transporte de energía, no obstante las tuberías deben tener un espesor adecuado, para soportar grandes presiones. El transporte de gas por lo general se realiza a través de sistemas de gasoductos, cuyos diámetros dependen del volumen de gas a transferir y la presión requerida de transmisión, su longitud puede variar de cientos de metros a miles de kilómetros, dependiendo de la fuente de origen y el objetivo a donde va a ser transportado. Sin embargo, a pesar de las consideraciones tomadas durante el diseño, las tuberías pueden presentar fallas y esto es una condición no deseada.

Una falla no necesariamente produce colapso o catástrofe, el comportamiento inadecuado de los materiales empleados en las tuberías puede significar la inutilidad de la red de transmisión del sistema al cual pertenece, ocasionando por consiguiente el deterioro de la red y la disminución de su vida útil, contaminación de los fluidos en las tuberías, riesgos a las personas que las operan, al medio que los rodea y altas pérdidas económicas por sustitución y mantenimiento e inversión en nuevos diseños

más confiables. Para evitar la frecuente aparición de falla y aumentar la confiabilidad del sistema del transporte el material utilizado en la fabricación de estos es el acero. El cual es una aleación de hierro y carbono, en proporciones variables, y pueden llegar hasta el 2% de carbono, con el fin de mejorar algunas de sus propiedades, puede contener también otros elementos aleantes.

Unos de los propósitos de esta investigación es dar un enfoque de los distintos tipos de aceros empleados en tuberías para el transporte de gas, de igual manera los elementos utilizados en la aleación de aceros empleados en las tuberías para el transporte de gas así como sus propiedades y su utilidad. Cabe destacar que los materiales de tuberías utilizados en el diseño y selección se basan en la temperatura, presiones y tipos de productos a ser manejados durante el proceso.

De igual forma la importancia de esta investigación radica en describir los distintos tipos de aceros empleados para el transporte del gas en tuberías, aunado al beneficio que esta investigación sirva como material bibliográfico a futuras investigaciones relacionadas con el tema en estudio.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El gas natural es una de las fuentes de energía primaria más utilizada y ocupa el tercer lugar en el mundo representando más de la quinta parte del consumo energético tanto a nivel mundial como europeo. Según fuente de la estatal petrolera venezolana (PDVSA 2005), el gas natural es la segunda fuente de energía usada en Venezuela, sin embargo los planes de inversión señalan que la industria automotriz está realizando los proyectos necesario para el uso del gas licuado que servirán de combustible para los vehículos y otros medios de transporte, así como el uso doméstico obligatorio que se destina para el año 2019. Estos datos sin dudas ubicaran al gas como la principal fuente de energía del país haciendo necesario el mejoramiento de los medios de transporte para su distribución.

La tardanza en la utilización comercial del gas natural respecto al petróleo se explica básicamente por la existencia de importantes problemas técnicos en su transporte y distribución, que paralizaron su empleo hasta finales del siglo XX.

Varias causas explican este retraso, en primer lugar, la carencia de producción propia, en segundo lugar, la imposibilidad del transporte intercontinental del gas por medios marítimos; en tercer lugar, porque el papel del gas natural en el consumo doméstico y en otros usos comerciales lo desempeñaría durante casi cien años, el gas manufacturado obtenido de la destilación de carbones. El obstáculo inicial, relativo al transporte en gran escala desde los yacimientos a los puntos de consumo, se superó con la fabricación y soldadura de tuberías capaces de resistir altas presiones,

permitiendo así el nacimiento de los gasoductos para el transporte continental de esta energía primaria.

El método para transportar fluidos de un punto a otro es impulsarlo a través de un sistema de tuberías. Las tuberías de sección circular son las más frecuentes, ya que esta forma ofrece no sólo mayor resistencia estructural sino también mayor sección transversal para el mismo perímetro exterior que cualquier otra forma. El manejo de los fluidos en superficie provenientes de un yacimiento de gas, requieren de la aplicación de conceptos básicos relacionado con el flujo de fluidos en tuberías en sistemas sencillos y en red de tuberías, el uso de válvulas, accesorios y las técnicas necesarias para diseñar y especificar equipos utilizados en operaciones de superficie.

Este tipo de transporte, por el fluido trasladado, requiere de una revisión periódica, que forma parte de un plan de mantenimiento riguroso, el cual permite detectar focos de corrosión. La misma se presenta debido a que los productos transportados contienen elementos altamente corrosivos que hacen este sistema muy vulnerable. Uno de los materiales de fabricación más versátil, adaptable y ampliamente usado es el acero. El cual combina la resistencia y la posibilidad de ser trabajado, además sus propiedades pueden ser variadas de acuerdo a las necesidades específicas mediante tratamientos con calor, trabajo mecánico o aleaciones.

En este sentido, la presente investigación describe los distintos tipos de aceros empleados en las tuberías de transporte de gas, los elementos utilizados en la aleación del acero en las tuberías, para determinar su utilidad, beneficios y alcance a fin de evitar fallas mecánicas que están expuestas las tuberías de transporte de gas.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo General

Realizar un estudio de los aceros empleados para el transporte de gas por tuberías.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Describir los tipos de aceros empleados en tuberías para el transporte de gas.
- ❖ Definir los elementos utilizados en la aleación de aceros empleados en tuberías para el transporte de gas.
- ❖ Establecer las propiedades de los aceros empleados en tuberías para el transporte de gas.
- ❖ Analizar la utilidad de los aceros industriales empleados en tuberías para el transporte de gas.

1.3 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACION

Desde hace muchos años las fallas en las tuberías han sido uno de los grandes problema que enfrentan la industrias de hidrocarburos, el uso de materiales inadecuado en la construcción de tubería ha venido ocasionando un notable incremento en el presupuesto por gastos directos e indirectos y pérdidas cuantiosas por interrupción de operaciones.

Actualmente, el desarrollo y perfeccionamiento de la tecnología en la construcción de tuberías de transporte del gas han contribuido decididamente a que esta fuente natural de energía sea factor importante en la vida moderna, tanto para las

industrias como para el hogar. Su poder calorífico y combustión son altamente satisfactorios. Volumétricamente es susceptible a la compresión o expansión, en función a la relación presión-temperatura que se le desee imponer. Puede ser transportado por sistemas de tuberías madres, troncales y ramales, especialmente diseñadas, que permiten mantener rangos de volúmenes a presiones deseadas, ya sea en su explotación o en su distribución, como también permitirá disminuir los daños causados al ambiente por fugas generadas debido al deterioro de las tuberías. (Barberii Efraín, p. 112)

Por lo tanto, la información recabada para esta investigación es de tipo documental, la cual permitirá dejar herramientas teóricas y técnicas claras para efectuar trabajos preventivos, contribuyendo a dar soluciones rápidas y acertadas a futuros problemas generados por la explotación del gas, mediante el diseño de nuevos procesos y la construcción y el funcionamiento de plantas muy eficientes. Así mismo, este proyecto servirá de aporte para futuras investigaciones relacionadas con el tema.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 BASES TEÓRICAS

2.1.1 Gas Natural

Está constituido por una mezcla homogénea, en condiciones variables de hidrocarburos parafínicos conocidos como alcanos cuya fórmula general es C_NH_{2N+2} , donde N es el número de carbonos de la molécula, cualidad que hace que su reactividad sea muy reducida en comparación con otros compuestos orgánicos. Los Alcanos son hidrocarburos de cadena abierta, de enlace sencillo y de difícil ruptura, entre carbonos, su hibridación es sp^3 , tienen cuatro (4) orbitales híbridos características que lo llevan a clasificar como hidrocarburos saturados. A diferencia de los Alquenos y Alquinos, que son hidrocarburos parafínicos con una hibridación sp^2 (doble enlace entre carbonos) y sp (triple enlace carbono, Carbono), que los identifica como hidrocarburos insaturados. (Pino, p.8)

2.1.2 Gasoductos

Consiste en un conjunto de tuberías y accesorios que permiten la conducción del gas, por las que el gas circula a alta presión, desde el lugar de origen. Se construyen enterrados en zanjas y se entierran a una profundidad típica de 1 metro. Excepcionalmente, se construyen sobre la superficie. Por razones de seguridad, las regulaciones de todos los países establecen que a intervalos determinados se sitúen válvulas en los gasoductos mediante las que se pueda cortar el flujo en caso de incidente. (Escobar y López, p.24)

La técnica del transporte por gasoducto fue introducida en 1920 cuando surgió la soldadura eléctrica y fue posible la producción de tubos de acero sin costura de gran fortaleza permitiendo la transmisión de volúmenes de gas a altas presiones. Este medio de transporte redujo drásticamente sus costos y lo hizo competitivo frente a otros combustibles y así, a partir de 1931, se construyeron sistemas de transmisión de larga distancia. En la industria del gas, al igual que la del petróleo, la longitud, el diámetro y la capacidad de los gasoductos son respetables. Ejemplo de ello es un gasoducto construido para llevar gas a una serie de países de Europa, el cual tiene una longitud de 4620 km, con un diámetro de 55 pulgadas, y conduce un flujo mayor a 110 millones de metros cúbicos diarios.

El gas natural se transporta desde los yacimientos en extensos gasoductos subterráneos que se llaman tuberías de transmisión. El gas viaja por la tubería maestra a ciudades y centros poblados. Desde la tubería maestra, el gas natural se transporta hasta su hogar o empresa a través de tuberías de servicio que llegan al medidor de gas. (Pino, p.10)

2.1.3 Sistema de Redes de Transporte de Gas Natural

Un sistema de transporte de gas natural está conformado por un conjunto de instalaciones y equipos necesarios para el manejo de gas desde su extracción hasta los sitios de utilización. El gas es transportado a través de tuberías denominadas gasoductos, también conocidas como líneas de distribución y recolección de gas, cuyos diámetros dependen del volumen de gas a transferir y la presión requerida de transmisión, su longitud puede variar de cientos de metros a miles de kilómetros, dependiendo de la fuente de origen, y el objetivo a donde debe ser transportado.

Los gasoductos, transportan el gas natural desde el pozo de origen hasta las plantas de extracción y fraccionamiento, para deshidratarlo y recuperar los hidrocarburos líquidos, allí queda el metano como gas residual, el cual es comprimido y entra a los sistemas de transmisión para ser despachado al consumidor industrial y doméstico. Existen tres tipos básicos de gasoductos:

a) Los sistemas de recolección.

Los sistemas de recolección son un conjunto de tuberías que recogen el gas de los pozos y lo transportan hasta la planta de procesamiento u otros sistemas de separación. Estos gasoductos cumplen la función de transportar el gas desde el punto de origen usando tuberías de baja presión y diámetro desde unas 0,5 pulgadas que conducen el gas desde el pozo hasta las plantas de procesamiento.

En esta fase, si el gas natural es asociado, las estaciones de flujo son conectadas a los pozos con el objetivo de separar el gas del petróleo y otros líquidos. El número de estas estaciones están en función de la extensión geográfica del campo, debido a que las distancias entre los pozos y sus correspondientes estaciones deben permitir que el flujo se efectúe por la propia presión de los pozos. En este punto el gas recolectado en cada estación se mide y se recolecta para ser enviado a las plantas de tratamientos y acondicionamiento, donde se remueve el agua, los gases ácidos, sedimentos, los hidrocarburos líquidos, entre otros. (Pino, p.11)

b) Los sistemas de transporte.

Estos gasoductos con diámetros desde 10 hasta más de 36 pulgadas, conducen el gas a presiones de entre 200 y 1500 lpca. El transporte lo efectúan desde el origen de su acondicionamiento por valles, desiertos o montañas a través de la geografía de las naciones hasta llegar a las puertas de la ciudad, donde residen las áreas de su

demanda. Los sistemas de transporte de gas por redes y tuberías cada día se hacen más necesarios, sobre todo cuando el fluido será transportado a grandes distancias, como por ejemplo el proyecto de construcción del gasoducto que transportara gas desde Venezuela hacia los países del Cono Sur de América Latina. En la figura 2.1 se presenta un gasoducto, que es la forma más apropiada para transportar gas a largas distancias. (Pino, p.12)

c) Los sistemas de distribución.

Un sistema de distribución de gas es aquel donde la mayor parte de las tuberías que lo forman están interconectadas formando una red. A consecuencia de la interconexión entre los diferentes tramos, el gas puede fluir desde la fuente hasta los nodos de consumo, en diferentes vías y a distintas tasas de flujo. Estos gasoductos, con sus tuberías de pequeños diámetros, entre 0,5 y 6 pulgadas, llevan el gas al usuario final, donde su forma de utilización puede ser múltiple.



Figura 2.1 Ejemplo de un gasoducto.
Fuente:(Pino. Transporte del gas natural)

La construcción de un Gasoducto, tiene que cumplir con todas las normas técnicas y ambientales establecidas, no solo por las leyes y normas nacionales, sino también por las normas internacionales. (Pino, p.12)

2.1.4 La Tubería

La tubería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos. Cuando el líquido transportado es petróleo, se utiliza la denominación específica de oleoducto. Cuando el fluido transportado es gas, se utiliza la denominación específica de gasoducto. También es posible transportar mediante tubería materiales que, si bien no son un fluido, se adecúan a este sistema: hormigón, cemento, cereales, entre otros. (González, Prado y Jiménez, p.9)

2.1.4.1 Características de las tuberías

Entre las características se encuentran: tipo, tamaño, aleación, resistencia, espesor y dimensión.

- **Diámetro:** es la medida o diámetro nominal mediante el cual se identifica la tubería y depende de las especificaciones técnicas exigidas.
- **Resistencia:** es la capacidad de tensión en libras o en kilogramos que puede soportar la tubería.
- **Aleación:** es el material o conjunto de materiales del cual está compuesta la tubería.
- **Espesor:** es el grosor que posee la pared de la tubería de acuerdo a las normas y especificaciones establecidas.

(González, Prado y Jiménez, p.9)

2.1.4.2 Fabricación de tuberías

Hay tres métodos de fabricación de tubería:

- **Sin costura (sin soldadura):** la tubería se forma a partir de un lingote cilíndrico el cuál es calentado en un horno antes de la extrusión. En la extrusión deforma con rodillos y posteriormente se hace el agujero mediante un penetrador. La tubería sin costura es la mejor para la contención de la presión gracias a su homogeneidad en todas sus direcciones. Además es la forma más común de fabricación y por tanto la más comercial.
- **Con costura longitudinal:** se inicia con una lámina de chapa la cual se dobla dándole la forma a la tubería. La soldadura que une los extremos de la chapa doblada cierra el cilindro. Por tanto es una soldadura recta que sigue toda una generatriz. Variando la separación entre los rodillos se obtienen diferentes curvas y con ello diferentes diámetros de tubería. Esta soldadura será la parte más débil de la tubería y marcará la tensión máxima admisible.
- **Con soldadura helicoidal (o en espiral):** la metodología es la misma que la fabricación de tubería con costura longitudinal con la salvedad que la soldadura no es recta sino que recorre la tubería como si fuese roscada.

(González, Prado y Jiménez, p.10)

2.1.5 Fundamento de Diseño de un gasoducto

El diseño de un gasoducto, redes y tuberías, se fundamenta en lo siguiente:

- a) Los gasoductos, las redes y tuberías de gas se dimensionan para un flujo de diseño igual al valor máximo estimado del flujo de gas que contengan.
- b) La selección del diámetro de la tubería debe satisfacer la Norma PDVSA 90616.1.024 y la ASME B-31.8. **(ver apéndice A.3)**
- c) Máxima Presión de Operación, será la mayor presión que pueda producirse en la tubería bajo las condiciones de operación normal.
- d) La Presión de Diseño se considerará como la máxima presión de operación normal más 25 lpcm o la presión de operación más 10 %, la que resulte mayor. En caso de obtener una presión de diseño por debajo de 100 lpcm se tomará como presión mínima de diseño este valor según el ASME B-31.8. **(ver apéndice A.4).**
- e) La Temperatura de Operación será la mayor temperatura a la cual pueda presentarse en la tubería bajo condiciones de operación normal.
- f) Los materiales de tuberías utilizados en el diseño se basarán en las normas PDVSA y otras normas aplicables. La selección se basará en las temperaturas, presiones y tipos de productos a ser manejados por cada tubería.
- g) Todos los instrumentos, válvulas, accesorios y equipos de control, deberán tener fácil acceso desde el suelo, pasillo o plataforma, a fin de facilitar las labores de operación, instalación y mantenimiento.
- h) Todas las válvulas de control deberán poseer un sistema de desvío y drenajes para facilitar las labores de mantenimiento.
- i) Deberá proveerse válvulas para el aislamiento a cada instrumento de campo que lo amerite (manómetros, registradores, interruptores de presión y otros) para permitir y facilitar las labores de mantenimiento.
- j) Todas las señales de paro electrónicas, y en general los sistemas de protección, deberán ser concebidos bajo un esquema de falla segura (circuitos normalmente

energizados e instrumentos de protección neumáticos e hidráulicos normalmente presurizados), de forma tal que se garantice la activación de la secuencia de paro de las unidades ante una condición de anormalidad, bien sea en el proceso o por mal funcionamiento de la instrumentación.

- k) En caso de falla del suministro de gas o de la energía eléctrica, los dispositivos de regulación y protección deberán adoptar una posición que origine el paro seguro de las unidades.
- l) Se deberá colocar mensajes de protección en los equipos o áreas donde exista amenaza o riesgo para el personal de mantenimiento y operaciones.
- m) Se deberá proveer la adecuada y suficiente instrumentación para permitir una fácil operación, control y supervisión de los procesos. Los instrumentos asociados a protecciones deberán estar conectados a su propia toma de proceso, y deberán ser completamente independientes de las señales de los instrumentos para control y pre alarmas.
- n) Las tuberías de proceso deberán estar provistas de indicadores locales de presión.
- o) Toda la instrumentación de campo será electrónica de características para transmisión de señales analógicas, discretas y/o binarias.
- p) Los materiales y la construcción de las partes de instrumentos y accesorios que puedan entrar en contacto con el medio del proceso deberán ser apropiados para dicha aplicación. (González, Prado y Jiménez, p.22)

2.1.6 Acero

El acero es básicamente una aleación o combinación de Hierro y Carbono, (alrededor de 0,05% de carbono hasta menos de 2%). En algunos casos se agregan al

acero metales, tales como Cromo (Cr), Níquel (Ni), los cuales se agregan con propósitos determinados. En vista que el acero es básicamente Hierro altamente refinado más de 98%, su fabricación comienza con la reducción del Hierro. Lo que indica la producción de Arrabio, el cual posteriormente se convierte en acero, material muy utilizado en la industria. (Pino, p.26).

2.1.6.1 Producción y Refinación de Arrabio

El arrabio es un proceso que se realiza para obtener Acero, los materiales básicos empleados son Mineral de Hierro, Coque y Caliza. El coque se quema como combustible para calentar el horno, y al arder libera monóxido de carbono, que se combina con los óxidos de hierro del mineral y los reduce a hierro metálico. La caliza de la carga del horno se emplea como fuente adicional de monóxido de carbono y como sustancia tundente. Este material se combina con la sílice presente en el mineral (que no se funde a las temperaturas del horno) para formar silicato de calcio, de menor punto de fusión. Sin la caliza se formaría silicato de hierro, con lo que se perdería hierro metálico. El silicato de calcio y otras impurezas forman una escoria que flota sobre el metal fundido en la parte inferior del horno. El arrabio producido en los altos hornos tiene la siguiente composición: un 92% de hierro, un 3 o 4% de carbono, entre 0,5% y 3% de silicio, del 0,25% al 2,5% de manganeso, del 0,04% al 2% de fósforo y algunas partículas de azufre. (Pino, p.27)

2.1.6.2 Reseña histórica del acero

Los metales inician su historia cuando el hombre se siente atraído por su brillo y se da cuenta de que golpeándolos puede darles forma y fabricar así utensilios tan necesarios para su supervivencia. En el año 3000 a C., los arqueólogos descubrieron en Egipto los primeros utensilios de este metal también se sabe que antes de esa época se empleaban adornos de hierro. En el año 1500 a. C., fue descubierto en

Medzamor el hierro para uso industrial, cerca de Ereván, capital de Armenia y del monte Ararat. La tecnología del hierro se mantuvo mucho tiempo en secreto, difundiéndose extensamente hacia el año 1200 a. C.

Los artesanos del hierro aprendieron a fabricar acero calentando hierro forjado y carbón vegetal en recipientes de arcilla durante varios días, con lo que el hierro absorbía suficiente carbono para convertirse en acero auténtico. Hacia el 1.000 a.C. se fabricaba acero en el Próximo y Medio Oriente y en la India. Después de forjar el hierro con martillos, los artesanos endurecían la superficie de sus herramientas y armas calentándolas en carbón de leña al rojo vivo. En el año 400 a. C. armas como la falcata fueron producidas en la península Ibérica. El acero wootz fue producido en India y en Sri Lanka desde aproximadamente el año 300 a. C. Este temprano método utilizaba un horno de viento, soplado por los monzones (viento que sopla en el sureste de Asia). La China antigua bajo la dinastía Han, entre el 202 y el 220 d. C., creó acero al derretir hierro forjado junto con hierro fundido (El fundido sin refinar), obteniendo así el mejor producto de carbón intermedio, el acero, en torno al siglo I a. C. Junto con sus métodos originales de forjar acero, los chinos también adoptaron los métodos de producción para la creación de acero wootz, una idea traída de India a China hacia el siglo V.

El acero crucible basado en distintas técnicas de producir aleaciones de acero empleando calor lento y enfriando hierro puro y carbón, fue producido en Merv entre el siglo IX y el siglo X. En China, bajo la dinastía Song del siglo XI, hay evidencia de la producción de acero empleando dos técnicas: una de un método "berganescos" que producía un acero de calidad inferior por no ser homogéneo, y un precursor del moderno método Bessemerel cual utilizaba una des carbonización a través de repetidos forjados bajo abruptos enfriamientos. En 1740, el inglés Benjamín Huntsman redescubrió el procedimiento indio por casualidad, al calentar una mezcla de hierro y una cantidad cuidadosamente medida de carbón vegetal en un crisol. Pese

a la invención de otros procedimientos, siguió prefiriéndose el método del crisol para obtener acero de alta calidad.

En 1856, el inventor inglés Henry Bessemer patentó un método más barato para fabricar acero en serie. Bessemer construyó un recipiente cónico de acero forrado de ladrillos refractarios que se llamó convertidor (se retira las impurezas del hierro mediante la oxidación que surge por la elevación de la temperatura de la masa de hierro, producida por aire en el hierro fundido). El hierro fundido se vertía en el convertidor situado en posición vertical, y se hacía pasar aire a través de orificios abiertos en la base. El "soplado", que duraba unos veinte minutos, resultaba espectacular. El primer acero fabricado por este método era quebradizo por culpa del oxígeno absorbido.

En 1858, los hermanos Siemens patentaron un horno de solera para acero que incorporaba sus pre-calentadores o "regeneradores". Pero no tuvo éxito hasta que lo mejoraron dos hermanos franceses, Pierre y Emile Martín, en 1864.

En 1948: Proceso del oxígeno básico. Tras la segunda guerra mundial se iniciaron experimentos en varios países con oxígeno puro en lugar de aire para los procesos de refinado del acero. El éxito se logró en Austria, cuando una fábrica de acero situada cerca de la ciudad de Linz y de Donawitz desarrolló el proceso del oxígeno básico o L-D.

En 1950: Fundición continúa: En el método tradicional de moldeo, el acero fundido del horno se vierte en moldes o lingotes y se deja enfriar. Luego se vuelven al calentar los lingotes hasta que se ablandan y pasan a trenes de laminado, donde se reducen a planchas de menor tamaño para tratamientos posteriores.

Hoy en día los arquitectos realizan sus diseños contemplando el uso intensivo del acero, tratando de crear nuevas formas y lograr volúmenes a la vez caprichosos y

funcionales. Toman las bondades del metal como un reto para su imaginación. Si algunas veces llegan al límite de la creatividad al proyectar y construir enormes rascacielos con el acero como material principal, en otras ocasiones debe recurrir al acero por necesidad, como en la construcción de enormes puentes requeridos para superar obstáculos naturales. Más allá de la monumentalidad, en sus aplicaciones para la industria de la construcción el acero es un material cotidiano, versátil y amigable, que cada día encuentra nuevos y variados usos a partir del desarrollo de productos con propiedades mejoradas, acabados y formas diferentes, nuevas aleaciones y recubrimientos. (Flores y López, p.7)

2.1.6.3 Estructura del acero

Las propiedades físicas del acero y su comportamiento a distintas temperaturas varían según la cantidad de carbono y su distribución en el hierro. Antes del tratamiento térmico, la mayor parte de los aceros son una mezcla de tres sustancias: la ferrita, blanda y dúctil; la cementita, dura y frágil; y la perlita, una mezcla de ambas y de propiedades intermedias. Cuanto mayor es el contenido en carbono de un acero, menor es la cantidad de ferrita y mayor la de perlita: cuando el acero tiene un 0,8% de carbono, está compuesto por perlita. El acero con cantidades de carbono aún mayores es una mezcla de perlita y cementita. Al elevar la temperatura del acero, la ferrita y la perlita se transforman en austenita, que tiene la propiedad de disolver todo el carbono libre presente en el metal. Si el acero se enfría despacio, la austenita vuelve a convertirse en ferrita y en perlita, pero si el enfriamiento es repentino, la austenita se convierte en martensita, de dureza similar a la ferrita, pero con carbono en solución sólida. (Flores y López, p.15)

2.1.6.4 Diagrama de fases de acero

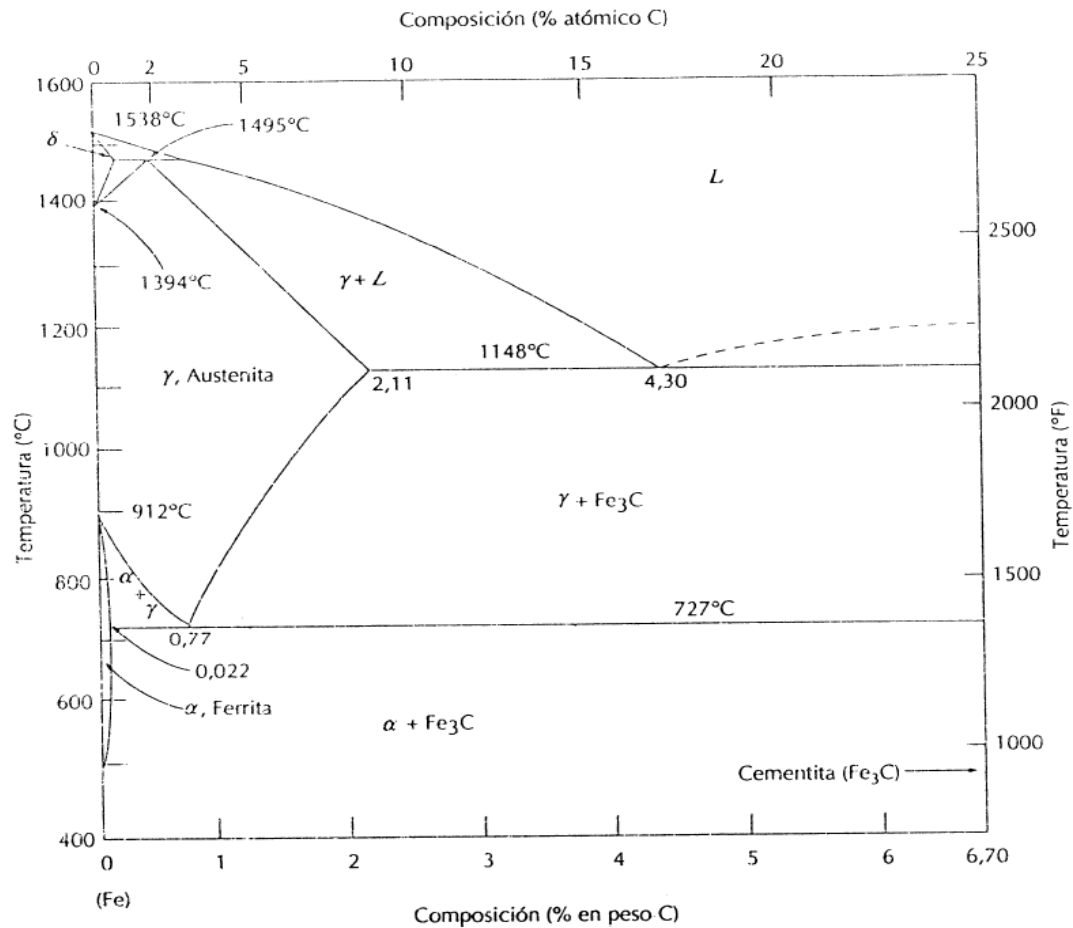


Figura 2.2 Diagrama de fases de acero

Fuente: (Smith, F, 1993)

Fases sólidas en diagrama de fase Fe-Fe₃C.

El diagrama de fase Fe-Fe₃C contiene cuatro fases sólidas; ferrita α , austenita, cementita (Fe₃C), y perlita δ . A continuación se presenta una descripción para cada una de estas fases.

Ferrita (α). La solución de carbono en hierro α lleva el término de ferrita α o simplemente ferrita. Esta fase tiene una estructura de cristal BCC (Cúbica centrada en el cuerpo), y a 0% C corresponde a hierro α . El diagrama de fase indica que el carbono es ligeramente soluble en la ferrita, ya que la máxima solubilidad sólida de carbono en α ferrita es 0.022 por ciento a 727°C. La solubilidad de carbono en ferrita α , baja con la disminución de la temperatura, hasta que éste presenta 0.008 por ciento a 0°C.

Austenita. La solución sólida de carbono en hierro γ designada como austenita. Tiene una estructura de cristal FCC (cúbica centrada en las caras), y mucho mayor solubilidad sólida para el carbono que ferrita α . La solubilidad de carbono en austenita llega a un máximo de 2.11 por ciento a 1148°C y después decrece a 0.77 por ciento a 727°C. Como en el caso de ferrita α , los átomos de carbono están disueltos, pero en mayor grado en el entramado de la FCC. Esta diferencia en la solubilidad sólida de carbono en austenita y ferrita α , es la base del endurecimiento de la mayoría de los aceros.

Cementita. El compuesto intermetálico, Fe₃C, tiene una solubilidad despreciable y contiene 6.67% C y 93.3% Fe. La cementita, es un compuesto duro y frágil.

Perlita (δ). La solución sólida de carbono en hierro δ es llamada ferrita δ . Tiene una Estructura BCC, y su máxima solubilidad sólida de carbono en δ ferrita es 0.09 por ciento a 1495°C.

2.1.6.5 Composición química del acero

Es una aleación de diversos elementos, entre ellas están el carbono, magnesio, silicio, cromo, níquel y vanadio.

- ✓El carbono: Es el que determina sus propiedades mecánicas. A mayor contenido de carbono la dureza, la resistencia, la tracción y el límite elástico aumentan. Por el contrario, disminuye la ductibilidad y la tenacidad.
- ✓El magnesio es adicionado en forma de ferro magnesio, aumenta la forjabilidad del acero, su templabilidad y resistencia al impacto, así como disminuye en su ductibilidad.
- ✓El silicio se adiciona en proporciones que varían de 0.05% a 0.5%. Se incluye en la aleación para propósitos de oxidación, pues se combinan con oxígeno disuelto en la mezcla.
- ✓El cromo incrementa la resistencia a la abrasión y a la templabilidad.
- ✓El níquel mejora la resistencia al impacto y calidad superficial.
- ✓El vanadio mejora la templabilidad.
- ✓El fósforo, al igual que el Azufre, en algunos tipos de aceros se agrega deliberadamente para aumentar su resistencia a la tensión y mejorar la maquinabilidad; pero reduce la ductibilidad y la resistencia al impacto. En la tabla 2.1 se presenta la composición química del acero con sus respectivos porcentajes. (Flores y López, p.16)

Tabla 2.1 Composición química del acero

Aleación	Cantidad
Hierro	92%
Carbono	0.45% a 0.50%
Silicio	2% a 3%
Magnesio	0.60% a 0.90%
Fosforo	Max - 0.004%
Azufre	Max – 0.05%

Fuente: Flores y López

2.1.7 Tratamientos térmicos del acero

El tratamiento térmico consiste en calentar el acero a una temperatura determinada, mantenerlo a esa temperatura durante un cierto tiempo hasta que se forme la estructura deseada y luego enfriarlo a la velocidad conveniente. Los factores temperatura – tiempo deben ser muy bien estudiados dependiendo del material, tamaño y forma de la pieza.

Es el proceso al que se somete a los aceros para poder mejorar sus propiedades mecánicas, en especial la dureza, la resistencia y la tenacidad. Lo que hacen es modificar la microestructura de los aceros sin variar su composición química.

El objetivo del tratamiento térmico es darle a la pieza propiedades requeridas para procesos de transformación posteriores o para su aplicación final, además de controlar la cantidad, tamaño, forma y distribución de las partículas de cementita, que a su vez determinan las propiedades físicas del acero.

La diferencia de los aceros está en la composición química de la aleación que los forma y el tipo de tratamiento térmico a los que se les somete.

Entre los principales tratamientos térmicos asociados con los aceros se encuentran:

➤ **Temple.**

Su objetivo es aumentar la dureza y la resistencia de los aceros. Para ello, se calienta el acero a una temperatura ligeramente más elevada que la crítica superior A_c (entre 900-950°C), manteniéndolo ahí por un tiempo determinado para poder formar austenita.

Luego el acero es enfriado, según las características de la pieza, en agua, aceite o aire a una velocidad tal que la dureza aumenta de manera considerable debido a la formación de martensita.

➤ **Revenido.**

Después del temple el acero queda muy frágil, lo cual imposibilita su manejo pues se rompe con el mínimo golpe. Para compensar esta fragilidad se recomienda el revenido del acero.

El revenido sólo se aplica a los aceros templados para reducir los efectos del temple, de manera que se conserve parte de la dureza y poder aumentar la tenacidad. Al disminuir la dureza y la resistencia de los aceros templados, lo que se consigue es y mejorar la tenacidad, dejando al acero con la dureza o resistencia deseada.

➤ **Recocido.**

Consiste básicamente en un calentamiento hasta temperatura de austenitización (800-925°C) seguido de un enfriamiento lento. Con este tratamiento se logra aumentar la elasticidad, mientras que disminuye la dureza. También facilita el mecanizado de las piezas al homogeneizar la estructura, afinar el grano y ablandar el material, eliminando la acritud que produce el trabajo en frío y las tensiones internas.

➤ **Normalizado.**

Tiene por objeto dejar un material en estado normal, es decir, ausencia de tensiones internas y con una distribución uniforme del carbono. Se suele emplear como tratamiento previo al temple y al revenido. (Lira, p.21-22)

2.1.8 Descripción de los tipos de aceros empleados en tuberías para el transporte de gas.

Existen tres tipos de aceros empleados en tuberías para el transporte de gas, denominados aceros al carbono, aceros aleados y aceros inoxidable. A continuación se describen cada uno de ellos. (Flores y López, p.10)

2.1.8.1 Aceros al carbono

El acero al carbono, constituye el principal producto de los aceros que se producen, estimando que un 90% de la producción total producida mundialmente corresponde a los aceros al carbono. Estos aceros son también conocidos como aceros de construcción. La composición química de los aceros al carbono es compleja, además del hierro y el carbono que generalmente no supera el 1%, hay en la aleación

otros elementos necesarios para su producción, tales como silicio y manganeso. El aumento del contenido de carbono en el acero eleva su resistencia a la tracción, incrementa el índice de fragilidad en frío y hace que disminuya la tenacidad y la ductilidad. (Flores y López, p. 10)

En el acero al carbono, el contenido de los siguientes elementos no debe exceder los valores mostrados porque cambian las propiedades químicas y mecánicas requeridas para los aceros aleados para tuberías. En la tabla 2.2 se muestra los elementos del acero al carbono.

Tabla 2.2 Contenido de los elemento del acero al carbono

Manganeso:	1,65 %
Silicio:	0,60 %
Cobre:	0,60 %

Fuente: (Jain, K. 1990)

De acuerdo a la tabla 2.2, con estas proporciones se alcanzan las propiedades química y mecánicas deseadas. Estos componentes están especificados en la norma 804.241 del código ASME B31.8.

Los aceros al carbono se clasifican por lo general en función a la proporción (por peso) del contenido de carbono.

- **Aceros con bajo contenido de Carbono**($C < 0,25\%$). También es conocido como el acero suave o dulce. Estos aceros son blandos, poco resistentes, dúctiles, tenaces y de fácil mecanizado.

- **Aceros Medios:** En estos aceros el contenido de carbono oscila entre 0,25 y 0,60%. Este acero puede tratarse técnicamente mediante autenización, temple y revenido para mejorar sus propiedades. La adición de Cromo (Cr); Níquel (Ni) y Molibdeno (Mo) mejora su capacidad para ser tratado.
- **Aceros Altos en Carbono:** Aquí el contenido de carbono oscila entre 0,6 y 1,4%. Estos aceros son más duros, resistentes y menos dúctiles que los otros aceros al carbono. Se utilizan templados y revenidos; son muy resistentes al desgaste y capaces de adquirir forma de herramienta de corte. (Pino, p.27)

2.1.8.2 Aceros Aleados

Se da el nombre de aceros aleados a los aceros que además de los cinco elementos: carbono, silicio, manganeso, fósforo y azufre, contienen también cantidades relativamente importantes de otros elementos como el cromo, níquel, molibdeno, etc., que sirven para mejorar alguna de sus características fundamentales. También puede considerarse aceros aleados los que contienen alguno de los cuatro elementos diferentes del carbono que antes hemos citado, en mayor cantidad que los porcentajes que normalmente suelen contener los aceros al carbono, y cuyos límites superiores suelen ser generalmente los siguientes:

Si=0.50%; Mn=0.90%; P=0.100% y S=0.100%.

Los elementos de aleación que frecuentemente suelen utilizarse para la fabricación de aceros aleados son: níquel, manganeso, cromo, vanadio, wolframio, molibdeno, cobalto, silicio, cobre, titanio, circonio, plomo, Selenio, aluminio, y boro. Ya que mejoran la ductilidad, resistencia, soldabilidad, resistencia a la corrosión y otras.

La influencia que ejercen esos elementos es muy variada, y, empleados en proporciones convenientes, se obtienen aceros con ciertas características que no se pueden alcanzar con los aceros ordinarios al carbono. Utilizando aceros aleados es posible fabricar piezas de gran espesor, con resistencias muy elevadas en el interior de las mismas. (Francia Samuel, p.21)

2.1.8.3 Aceros inoxidables

Los aceros inoxidables contienen (Cr); (Ni) y otros elementos de aleación, que los mantienen brillantes y resistentes a la herrumbre y oxidación a pesar de la acción de la humedad o de ácidos y gases corrosivos. Algunos aceros inoxidables son muy duros; otros son muy resistentes y mantienen esa resistencia durante largos periodos a temperaturas extremas. Debido a sus superficies brillantes, en arquitectura se emplean muchas veces con fines decorativos. El acero inoxidable se utiliza para las tuberías y tanques de refinerías de petróleo o plantas químicas, para los fuselajes de los aviones o para cápsulas espaciales. También se usa para fabricar instrumentos y equipos quirúrgicos, o para fijar o sustituir huesos rotos, ya que resiste a la acción de los fluidos corporales. En cocinas y zonas de preparación de alimentos los utensilios son a menudo de acero inoxidable, ya que no oscurece los alimentos y pueden limpiarse con facilidad. (Pino, p.28)

Los aceros inoxidables pueden ser clasificados en los siguientes grupos:

- **Aceros inoxidables austeníticos:** Estos aceros contienen al menos 24% de cromo y níquel combinados y el porcentaje de cada uno de ellos solo es mayor o igual al 8 %. Son llamados austeníticos, ya que tienen una estructura formada básicamente por austenita a temperatura ambiente (el níquel es un elemento que estabiliza el campo de la austenita). No son magnéticos. (Jain, K. p.50)

Características básicas

- Elevada resistencia a la corrosión en una amplia gama de ambientes corrosivos, generalmente mejor que la de los aceros Martensíticos o Ferríticos, pero son vulnerables al agrietamiento por corrosión bajo tensiones, que se define como un fenómeno por el cual un sólido, expuesto a la acción de ciertos medios corrosivos, se fractura a valores de tensión muy inferiores a los de diseño en ambientes de cloruro.
- Excelente soldabilidad, mejor que los grados Ferríticos y Martensíticos.
- Sobresaliente maleabilidad y ductilidad, mejor que los grados Ferríticos y Martensíticos.
- Muy buenas propiedades criogénicas y buena resistencia a la oxidación en altas temperaturas. La plasticidad de la estructura de la Austenita, transmite a estos aceros, su tenacidad, reducción en área y excelente resistencia al impacto aun a temperaturas criogénicas.
- Endurecible solamente por trabajo en frío. Los aceros inoxidable Austeníticos no pueden ser templados para obtener Martensita, ya que el Níquel estabiliza la Austenita a temperatura ambiente e incluso por debajo de ella.
- Comparado con el acero al carbono posee menor punto de fusión, menor conductividad térmica, mayor resistencia eléctrica y coeficientes de expansión térmica aproximadamente 50% mayores. (Ibarra, Núñez y Huerta, p.18)

➤ **Aceros inoxidables martensíticos:** son aleaciones de hierro, carbono y cromo. La diferencia entre el porcentaje de cromo y diecisiete veces el porcentaje de carbono es menor al 12,5 % $\{[(\% \text{Cr}) - 17(\% \text{C})] < 12,5 \%\}$. También son denominados “aceros al cromo”. (Jain, K. p. 145)

Características básicas

- Moderada resistencia a la corrosión. Usualmente menor que los aceros austeníticos y ferríticos.
- Baja soldabilidad, variando con el contenido de carbono.
- A mayor contenido de carbono, mayor será la necesidad de precalentar y realizar tratamientos térmicos posteriores, para producir soldaduras libres de defectos.
- Excelente resistencia mecánica.
- Puede ser endurecido por el tratamiento térmico y así alcanzar altos niveles de resistencia y dureza. Son endurecidos por aire cuando se enfrían rápidamente desde el rango de temperatura de austenizado (871°C-1010°C) en donde la fase austenítica es predominante.
- Son bastante magnéticos al igual que los aceros inoxidable ferríticos, por lo tanto están sujetos al desvío del arco en la soldadura.
- Cuando reciben tratamiento térmico apropiado tienen la resistencia a la corrosión adecuada en muchos ambientes, ofrecen mayor resistencia y buenas propiedades de fatiga junto con excelente resistencia a la oxidación y al desgaste.
- Estas aleaciones se seleccionan a menudo por sus buenas propiedades mecánicas y bajo costo. (Ibarra, Núñez y Huerta, p.20)

En piezas que están sometidas a corrosión y que requieren cierta resistencia mecánica. El contenido de carbono oscila entre 0,1 % y 1 %; son templeables, es decir, se pueden endurecer y se llaman aceros inoxidable martensíticos, por tener martensita en su estructura metalográfica. Éstos también son magnéticos.

➤ **Aceros inoxidables ferríticos:** también son aleaciones de hierro, carbono y cromo; pero, a diferencia de los anteriores, en estos la diversidad está en el porcentaje de cromo y que diecisiete veces el porcentaje de carbono es mayor al 12,5 % $\{[(\% \text{ Cr}) - 17(\% \text{ C})] > 12,5 \%\}$. Son magnéticos pero no se pueden endurecer.

Se denominan ferríticos, ya que tienen una estructura metalográfica formada básicamente por ferrita. Son magnéticos y se distinguen porque son atraídos por un imán. Con porcentajes de carbono inferiores al 0,1% de C, estos aceros no son endurecibles por tratamiento térmico. (Jain, K, p. 1455)

Características básicas

- Soldabilidad frecuentemente mayor que los grados martensíticos pero menor que los grados austeníticos.
- Resistencia a la corrosión algo superior que los aceros inoxidables martensíticos, pero inferior a los grados austeníticos. La presencia de cromo incrementa dicha resistencia. La ausencia de níquel reduce la resistencia general a la corrosión y los hace susceptibles en muchos medios como por ejemplo en H_2S , NH_4Cl , NH_4NO_3 y soluciones de H_6C_{12} . Los aceros con menor contenido de cromo (10,5%) se les suele denominar inoxidables al agua, pues no resisten sostenidamente medios más agresivos.
- Es propenso a aumentar el tamaño del grano a temperaturas elevadas y adquiere cierta fragilidad con permanencias prolongadas entre 450° y 500°C (fragilidad a 475°C).
- Aceros de 25-30% de cromo presentan buena resistencia a la corrosión y en atmósferas sulfurosas en caliente.

- Buena resistencia a la corrosión bajo tensión especialmente en cloruros a alta temperatura, comparada con los grados austeníticos.
- No endurecible por el tratamiento térmico, sólo moderadamente por trabajo en frío, generalmente menos que los aceros inoxidable austeníticos.
- Menor ductilidad que los aceros austeníticos, debido a estos poseen poca plasticidad de su estructura cúbica centrada en el cuerpo del hierro alfa. Maleabilidad no tan buena como los grados austeníticos pero suficiente para trabajarlos fácilmente en frío.
- Menor tenacidad que los grados austeníticos.
- Alcanzan su máxima ductilidad y resistencia a la corrosión en la condición de recocido.
- La Ferrita generalmente disminuye la dureza y la resistencia al impacto a temperaturas criogénicas.
- Son bastante magnéticos y están expuestos a la desviación de arco (Soplo magnético).
- Se les prefiere en general por su resistencia a la corrosión y bajo costo, más que por sus propiedades mecánicas. (Ibarra, Núñez y Huerta , p.19)

Resistencia a la Corrosión de los Aceros Inoxidables

Todos los aceros inoxidable contienen el Cromo (Cr) a 0.200% max, suficiente para darles sus características de inoxidable. Muchas aleaciones inoxidable contienen además Níquel (Ni) para reforzar aún más su resistencia a la corrosión. Estas aleaciones son añadidas al acero en estado de fusión para hacerlo "inoxidable en toda su masa". Por este motivo, los aceros inoxidable no necesitan ser ni chapeados, ni pintados, ni de ningún otro tratamiento superficial para mejorar su

resistencia a la corrosión. En el acero inoxidable no hay nada que se pueda pelar, desgastar y desprenderse.

El acero ordinario, cuando queda expuesto a los elementos, se oxida y se forma Óxido de Hierro polvoriento en su superficie. Si no se combate, la oxidación sigue adelante hasta que el acero esté completamente corroído. También los aceros inoxidables se oxidan, pero en vez de óxido común, lo que se forma en la superficie es una tenue película de Oxido de Cromo muy densa que constituye una coraza contra los ataques de la corrosión. Si se elimina esta película de óxido de cromo que recubre los aceros inoxidables, se vuelve a formar inmediatamente al combinarse el cromo con el oxígeno de la atmósfera ambiente. El empleo de acero inoxidable estará bajo la dependencia de las características oxidantes del ambiente. Si imperan condiciones fuertemente oxidantes, los aceros inoxidables resultan superiores a los metales y aleaciones más nobles. Sin embargo, en la misma familia de los aceros inoxidables la resistencia a la corrosión varía considerablemente de un tipo de material a otro. (Pino, p.29)

2.1.8.4 Aceros empleados en tuberías para el transporte de gas

De acuerdo a la norma ASME B31.8, el material principal que se emplea para la construcción de los gasoductos es el acero al carbono de alta resistencia debido a que puede soportar altas presiones y resistencia a la corrosión.

En la industria gasífera, la utilización de tuberías de acero al carbono esta normada por estándares internacionales utilizados mundialmente. En Venezuela, la selección de tuberías de aceros al carbono para el transporte de gas mayormente empleado es el Código ASME B31.8 junto con las normas PDVSA. Este código establece la clasificación de los aceros según se describen a continuación:

804.241 Tubería de Acero: Acero al Carbón ya por costumbre generalizada, se considera que el acero al carbón cuando no se especifica o se requiere un mínimo contenido de aluminio, boro, cromo, cobalto, molibdeno, níquel, niobio, titanio, tungsteno, vanadio, zirconio, o cualquier otro elemento añadido para obtener un efecto de aleación deseado; cuando el mínimo especificado para cobre no excede el 0.40%; o cuando el máximo contenido especificado para cualquiera de los siguientes elementos no excede los siguientes porcentajes: cobre 0.60%, manganeso 1.65%, silicio 0.60%.

En todos los aceros al carbón, algunas veces se hallan pequeñas cantidades de ciertos elementos residuales inevitablemente retenidos de las materias primas, aunque no están especificados ni requeridos, tales como el cobre, molibdeno y cromo. **(Ver apéndice A.1)**

Se considera que en la norma 814.11 la tubería de acero manufacturada de conformidad con los siguientes estándares, podrá ser usada sin problemas en la transportación del gas, dentro de estas se encuentran las siguientes:

ASTM A 53 Tubería Soldada y Sin Costura.

ASTM A 106 Tubería Sin Costura.

ASTM A 134 Tubería Soldada por Electro-Fusión (Arco).

ASTM A 135 Tubería Soldada por Electro-Resistencia.

ASTM A 139 Tubería soldada por Electro-Fusión (Arco).

ASTM A 333 Tubería sin Costura y Soldada para Servicio a Baja Temperatura.

ASTM S 381 Tubería Soldada por Arco de Metal.

ASTM A 671 Tubería Soldada por Electro-Fusión.

ASTM A 672 Tubería Soldada por Electro-Fusión estos elementos son ocasionales y normalmente no se los determina ni reporta.

API 5L Tubería de Línea.

Estándares de tubería

El Sistema de Transporte para Usos Propios, cumplirá con las características y especificaciones establecidas en las normas oficiales nacionales e internacionales aplicables, y para todo lo no previsto por éstas, se cumplirá con las especificaciones técnicas establecidas por el Código ASME B31.8 “Gas Transmission and Distribution Piping Systems” de los Estados Unidos de América, las cuales se utilizan internacionalmente en las instalaciones de tuberías para la conducción de gas.

En esta sección se incluyen las especificaciones del diseño, construcción, para la selección de materiales (tuberías, válvulas, conexiones para estaciones de regulación y medición del gas) del sistema de transporte para usos propios. A continuación la tabla 2.3 con las especificaciones técnicas de diseño.

Especificaciones Técnicas.

a)De Diseño

Tabla2.3 Especificaciones técnicas de diseño

Especificación	Descripción	Justificación
Código ASME B31.8 : Sistemas de tuberías de conducción y distribución de gas. Secciones 833, 841.13	Base de ingeniería con los requerimientos mínimos de seguridad en el diseño y construcción de tuberías operando a presión de diseño.	Este código ha sido empleado en Norteamérica inclusive antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional Americano de Estándares.

En relación a la tabla 2.3, se observa que para el diseño de las tuberías de conducción y distribución de gas se debe cumplir las especificaciones que se encuentran dentro del código ASME B 31.8 especialmente en las normas de la

sección 833 al 841.13, en las cuales se encuentran los requerimientos mínimos de seguridad para el diseño de las misma.

b)De Construcción

Tabla2.4 Especificaciones técnicas de Construcción

Especificación	Descripción	Justificación
Código ASME B31.8: Sistemas de tuberías de conducción y distribución de gas. Secciones 833, 841.13	Base de ingeniería con los requerimientos mínimos de seguridad en el diseño y construcción de tuberías operando a presión interna.	Este código ha sido empleado en Norteamérica inclusive antes de su aceptación en 1951 por el Instituto Nacional Americano de Estándares.
ASME : A53 Reglas de construcción de recipientes a presión: Sección VIII.	Establece bases de diseño en seguridad y protección para la fabricación y la inspección de recipientes como; filtros, trampas y otros recipientes a presión	Este código es el único aceptado para recipientes y accesorios a presión instalados en sistemas de tuberías.
API-RP5L1: Recomienda prácticas de transporte de tuberías de línea por vías terrestres.	Provee procedimientos de transporte, carga y manejo de tuberías en vehículos de transporte de carga.	La industria del transporte y de la construcción han aceptado las especificaciones para protección del recubrimiento anticorrosivo durante el transporte de tuberías.

c) **Para la selección de materiales (tuberías, válvulas, conexiones para estaciones de regulación y medición del gas)**

Tabla 2.5 Especificaciones técnicas de selección de materiales

Especificación	Descripción	Justificación
ASTM A-53 : Tipos de acero para la fabricación de la tubería de gasoducto.	Materiales y especificaciones de la fabricación del tubo, sin costura, y con soldadura longitudinal, etc. Especificación de la tubería API 5L, Aceros de grados A y B.	considera el peso del tubo, espesor de pared y otras características que permitan ubicar el tipo de cordón de soldadura y compatibilidad con las conexiones soldables y mencionado en ASME B31.8.

2.1.9 Definir los elementos utilizados en la aleación de aceros empleados para el transporte de gas por tuberías.

A los aceros se le agrega varios elementos, a fin de impartirle las propiedades de templabilidad, resistencia mecánica, dureza, tenacidad, resistencia al desgaste, soldabilidad, maquinabilidad. (Flores y López, P. 28).

Entre los elementos aleantes más importantes y el efecto que estos tienen en el producto final se tienen:

- **Níquel:** Una de las mayores ventajas que reportan el empleo del níquel es evitar el crecimiento del grano en los tratamientos térmicos. Este elemento le da a los aceros un límite de elasticidad ligeramente más elevada, mayores alargamientos, resistencia a la tracción y al desgaste que los aceros al carbono o de baja aleación. Hoy en día es muy poco utilizado para la elaboración de tubería para transportar gas por su alto costo, anteriormente se utilizaba para el transporte de gas doméstico e industrial. Se agregan en cantidades entre 8-25% Ni. El níquel es un elemento de extraordinaria importancia en la fabricación de

aceros inoxidable y resistencia a altas temperaturas. Es el principal formador de austenita. Mejora la resistencia, la tenacidad, la resistencia a la corrosión y la templabilidad. (Flores y López, p.28)

- Cromo:** Es uno de los elementos especiales más empleados para la fabricación de aceros aleados, mejora la tenacidad, la templabilidad, la resistencia al desgaste y a la corrosión además mejora la resistencia a los impacto y a altas temperaturas. Se emplean en cantidades diversas desde 0,3 a 30% de Cr. El cromo solo es usado en tuberías destinadas para el transporte de vapor de alta energía y se emplea acero aleado con cromo y molibdeno para tuberías destinada para el transporte de gas. (Flores y López, p.28)
- Molibdeno:** Es un elemento habitual del acero, aumenta la profundidad de endurecimiento de acero, así como su tenacidad. Los aceros inoxidable austeníticos contienen molibdeno para mejorar la resistencia a la corrosión. En las tuberías para el transporte del gas mediante el aumento de la penetración del temple, mejora las propiedades con el tratamiento térmico como el recocido, templado y recocido, aumentando, asimismo, la dureza y resistencia a altas temperaturas. El molibdeno en combinación con cromo, es muy efectivo en la estabilización de una película pasiva en presencia cloruros. Es efectivo en la prevención grietas o picaduras por corrosión. El Molibdeno junto al cromo proveen la más grande resistencia a la corrosión en los aceros inoxidable. (Flores y López, P. 28).
- Manganeso:** Aparece prácticamente en todos los aceros, debido principalmente a que se añade como elemento de aleación para neutralizar la perniciosa influencia del azufre y del oxígeno, que siempre suelen contener los aceros cuando se encuentran en estado líquido en los hornos durante los procesos de fabricación. También actúa como desoxidante y evita, en parte, en la solidificación del acero que se desprendan gases que dan lugar a porosidades perjudiciales en el material. En las tuberías para el transporte del gas actúa

como desoxidante y neutraliza los efectos nocivos del azufre. Facilita la laminación y moldeo. Aumenta la penetración del temple y mejora resistencia al impacto, erosión, rasgadura y a la dureza. Por sus propiedades constituye un elemento básico de todos los aceros comerciales. Si los aceros no tuvieran manganeso, no se podrían laminar ni forjar, porque el azufre que suele encontrarse en mayor o menor cantidad en los aceros, formarían sulfuros de hierro, que son cuerpos de muy bajo punto de fusión (981°C aproximadamente) que a las temperaturas de trabajo en caliente (forja o laminación) funden, y al encontrarse contorneando los granos de acero crean zonas de debilidad y las piezas y barras se abren en esas operaciones de transformación. Al aumentar de 0,6 a 1,6% aproximadamente el porcentaje de manganeso en los aceros, se aumenta ligeramente su resistencia al impacto. (Flores y López, p.29)

- Silicio:** Aumenta la resistencia de los aceros bajos en carbono y, a su vez, aumenta moderadamente la templabilidad. Se usa como el principal elemento desoxidante, incluso por encima del manganeso. En las tuberías para transporte de gas se considera excelente para la construcción y mantenimiento de estas tuberías, siendo unos de los elementos más usados para la tubería con costura y sin costura. La adición de silicio se hace durante la fabricación, suelen ser relativamente pequeñas y variables entre 0,2- 0,35% de Si. (Flores y López, p.29)
- Cobalto:** Elemento de aleación endurecedor. Disminuye la templabilidad. Mejora la dureza en caliente. Se usa en los aceros rápidos y aceros refractarios. Aumenta las propiedades magnéticas de los aceros, al ser incorporado a los aceros, se combina con la ferrita, aumentando su dureza y resistencia. En los aceros de alto porcentaje de carbono reduce la templabilidad. En los aceros al wolframio endurece la ferrita con lo que facilita el mantenimiento de la dureza y de la aptitud de corte de las herramientas a elevada temperatura. El cobalto se

suele emplear en los aceros rápidos al wolframio de máxima calidad en porcentaje variable de 3 a 10%. (Flores y López, p.30)

- **Aluminio:** Elemento utilizado para afinar el grano. Se emplea también como elemento de aleación en los aceros de nitruración, que suele tener 1% aproximadamente de aluminio. Como desoxidante se suele emplear frecuentemente en la fabricación de muchos aceros. Todos los aceros aleados en calidad contienen aluminio en porcentajes pequeñísimos, variables generalmente desde 0.001 a 0.008%. Por su condición de resistencia al oxido y su fácil aleación con otros metales lo hacen el preferido en el transporte de gas, sobre todo cuando son gasoducto marino. (Flores y López, p.30)
- **Titanio:** Se suelen añadir pequeñas cantidades de titanio a algunos aceros muy especiales para desoxidar y afinar el grano. El titanio tiene gran tendencia a formar carburos y a combinarse con el nitrógeno. Generalmente se utiliza en uniones, te, abrazaderas, etc. Que van a complementar la red de distribución de las tuberías que van a distribuir el gas. Se conecta el metal que se quiere proteger con una barra de otro metal más activo, que se oxidará preferentemente, protegiendo al primer metal. (Flores y López, P. 30).
- **Cobre:** El cobre se suele emplear para mejorar la resistencia a la corrosión de ciertos aceros de 0,15 a 0,30 % de carbono, que se usan para grandes construcciones metálicas. Tiene un precio accesible y se recicla de forma indefinida; forma aleaciones para mejorar las prestaciones mecánicas y es resistente a la corrosión y oxidación. Se suelen emplear contenido de cobre variables de 0,4 a 0,5%. (Flores y López, p.31)
- **Boro:** El boro es un elemento de aleación que ha comenzado a ser empleado muy recientemente. Se ha visto que cantidades pequeñísimas de boro del orden 0,001 a 0,006 mejoran notablemente la templeabilidad. Además logra aumentar la capacidad de endurecimiento cuando el acero está totalmente desoxidado,

que no se conoce o se ha comprobado su efectividad luego de la aleación con el acero (las tuberías) como buen o mal conductor de gas. (Flores y López, p.31)

- **Estaño:** Es el elemento que se utiliza para recubrir láminas muy delgadas de acero que conforman la hojalata. Es muy endeble su consistencia y no se considera comercialmente de uso confiable para elaboración de tuberías para transportar gas. (Flores y López, p.31)
- **Plomo:** El plomo no se combina con el acero, se encuentra en él en forma de pequeñísimos glóbulos, como si estuviese emulsionado, lo que favorece la fácil mecanización por arranque de viruta, (torneado, cepillado, taladrado, etc.) ya que el plomo es un buen lubricante de corte, el porcentaje oscila entre 0.15 y 0.30 % debiendo limitarse el contenido de carbono a valores inferiores al 0.5 % debido a que dificulta el templado y disminuye la tenacidad en caliente. Por encontrarse presente en el acero y comúnmente utilizados en tuberías industriales es empleado en tuberías para el transporte del gas, aunado las reparaciones domesticas que se realizan a las tuberías de acero con plomo. (Flores y López, P. 31)
- **Wolframio (Tungsteno):** Forma con el hierro carburos muy complejos, estables y durísimos, evitando que se desafilen o ablanden las herramientas aunque lleguen a calentarse a 500° ó 600°C. En porcentajes del 14 al 18 %, proporciona aceros rápidos con los que es posible triplicar la velocidad de corte de los aceros al carbono para herramientas. También se usa para la fabricación de aceros para imanes. Todos los aceros herramienta aleados con Wolframio poseen una resistencia muy alta a la temperatura, en todos los grandes centros de distribución de gas sus tuberías contienen este elemento por su resistencia en el transporte de gas por tubería. (Barreiro José, P.10).
- **Vanadio:** Posee una enérgica acción desoxidante y forma carburos complejos con el hierro que proporcionan al acero una buena resistencia a la fatiga,

tracción Además de que brinda al acero una resistencia al ablandamiento por revenido. (Barreiro José, P. 10).

2.1.9.1 Elementos utilizados en la aleación de aceros empleados para el transporte de gas por tuberías

Una aleación es una mezcla homogénea, de propiedades metálicas, que está compuesta de dos o más elementos, de los cuales, al menos uno es un metal. Las aleaciones están constituidas por elementos metálicos como Fe (hierro), Al (aluminio), Cu (cobre), Pb (plomo), ejemplos concretos de una amplia gama de metales que se pueden alear. El elemento aleante puede ser no metálico, como: P (fósforo), C (carbono), Si (silicio), S (azufre), As (arsénico). La aleación más común utilizada en la industria petrolera y gasífera es él:

Acero: Es aleación de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,05 y el 2% en peso de su composición, sobrepasando el 2% pasa a ser una fundición. Según la norma establecida en el Código ASME B31.8 describe lo siguiente:

804.242 Acero de Aleación. Por costumbre común, el acero se considera como de aleaciones cuando el máximo del rango dado para el contenido de los elementos de aleación excede uno o más de los siguientes límites: cobre 0.60%, manganeso 1.65%, silicio 0.60% o en los cuales un rango definido o un mínimo definido de cualquiera de los siguientes elementos se especifica o se requiere dentro de los límites de campo reconocido de aleaciones de acero para construcción: (a) aluminio, b) boro, (c) cromo (hasta 3.99%), (d) molibdeno 0.200%, (e) níquel 0.250%, (f) titanio 0.020%, (g) tungsteno, (h) vanadio 0.060%, (i) zirconio o cualquier otro elemento de aleación agregado para obtener un efecto deseado de aleación.

A continuación se detallan los elementos utilizados en las tuberías de transporte de gas establecidos dentro de la normativa que rigen los parámetros para su aleación.

ASME A53

Tabla 2.6 Composición química del acero A53

Carbono 0,25	Manganeso 0,95	Fosforo 0,05	Azufre 0,045
-----------------	-------------------	-----------------	-----------------

ASME A 106

Tabla 2.7 Composición química del acero A 106

Carbono 0,30	Manganeso 0,29	Silicio 0,10	Fosforo 0,035	Azufre 0,035
-----------------	-------------------	-----------------	------------------	-----------------

Según norma B38.1, Residuales % máximo. Cu 0,40: Ni 0,40: Cr 0,40: Mo 0,15: V 0,08 (A). La suma de estos componentes no puede exceder del 1%. Si exceden del 1% cambian las propiedades de soldabilidad, ductilidad, fragilidad y tenacidad igualmente su comportamiento térmico.

API 5L

Normas de Fabricación

Los tubos de línea se fabrican de acuerdo a la norma API 5L, 43a edición.

Nivel de Especificación de Producto

La norma API 5L establece dos niveles de especificación de producto, PSL 1 y PSL 2 (Product Specification Level, PSL por sus siglas en inglés). Estas dos designaciones definen diferentes niveles de requerimientos de especificaciones técnicas.

Requerimientos Químicos por Colada y Análisis de Producto en Porcentaje en Peso

PSL 1

Tabla 2.8 Composición química del acero API 5L del nivel PSL1

Grado	Carbono % Máximo a	Mn Manganeso % Máximo a	P Fósforo % Máximo	S Azufre % Máximo	Ti Titanio %Máximo	Otros % Máximo
B	0,26	1,20	0,030	0,030	0,04	b,c,d
X 42	0,26	1,40	0,030	0,030	0,04	c,d
X52	0,26	1,40	0,030	0,030	0,04	c,d
X60	0,26	1,40	0,030	0,030	0,04	c,d

PSL 2

Tabla 2.9 Composición química del acero API 5L del nivel PSL2

Grado	Carbono % Máximo a	Mn Manganeso % Máximo a	P Fósforo % Máximo	S Azufre % Máximo	Ti Titanio %Máximo	Otros % Máximo
B	0,22	1,20	0,025	0,015	0,04	d,e
X 42	0,22	1,30	0,025	0,015	0,04	c,d
X52	0,22	1,40	0,025	0,015	0,04	c,d
X60	0,22	1,40	0,025	0,015	0,04	c,d

Fuente: API 5L, 43a edición.

- a) Por cada reducción de 0,01% por debajo del máximo contenido de carbono especificado, se permite un incremento de 0,05% por encima del contenido máximo de Mn especificado, hasta un máximo de 1,50% para los grados X42 a X52 y hasta un máximo de 1,65% para el grado X60.
- b) La suma de Columbionio (Niobio) y Vanadio no debe exceder de 0,03% excepto que, por acuerdo entre el fabricante y el comprador, se establezca una alternativa máxima.

- c) A juicio del fabricante se pueden utilizar Columbio (Niobio), Vanadio o una combinación de éstos.
- d) La suma de Columbio (Niobio), Vanadio y Titanio no debe exceder de 0,15%.
- e) La suma de Columbio (Niobio) y Vanadio no debe exceder de 0,06% excepto que, por acuerdo entre el fabricante y el comprador, se establezca una alternativa máxima.
- f) Otras composiciones químicas pueden ser suministradas previo acuerdo entre la acería y las industrias fabricantes.

2.1.10. Establecer las propiedades de los aceros empleados para el transporte de gas por tuberías.

2.1.10.1 Propiedades mecánicas del acero

- **Resistencia:** Es la propiedad en algunos materiales de soportar tensión antes de fracturarse. Lo contrario es la fragilidad que es la propiedad que tienen algunos materiales de romperse bajo cargas pequeñas. Las tuberías de acero al carbón debido a su alta resistencia permite soportar altas presiones con la cual operan las tuberías de gas. (Flores y López, p.45)
- **Dureza:** Propiedad que expresa el grado de deformación permanente que sufre un metal bajo la acción directa de una carga determinada. La dureza de los aceros varía entre la del hierro y la que se puede lograr mediante su aleación u otros procedimientos térmicos o químicos entre los cuales quizá el más conocido sea el templado del acero, aplicable a aceros con alto contenido en carbono, que permite, cuando es superficial, conservar un núcleo tenaz en la pieza que evite fracturas frágiles. Aceros típicos con un alto grado de dureza

superficial son los que se emplean en las herramientas de mecanizado, denominados aceros rápidos que contienen cantidades significativas de cromo, wolframio, molibdeno y vanadio. La dureza reduce el desgaste por corrosión y erosión en las tuberías de transporte de gas. (Flores y López, p.45)

- **Elasticidad:** Es la propiedad de un material que le permite regresar a su tamaño y forma originales al suprimir la carga a la que estaba sometido. Esta propiedad varía mucho en los diferentes materiales. Para ciertos materiales existe un esfuerzo unitario más allá del cual, el material no recupera sus dimensiones originales al suprimir la carga. A este esfuerzo unitario se le llama límite elástico. Se llama límite elástico a la carga máxima que puede soportar un metal sin sufrir una deformación permanente. Todo material cambia de tamaño y de forma al ser sometido a cargas. No obstante, la elasticidad permite que las tuberías de transporte de gas se deformen sin llegar a fallar por fracturas y rupturas. (Flores y López, p.46)
- **Tenacidad:** Capacidad que tiene un material a que no se produzcan fisuras o grietas, es la resistencia que opone a romperse (resistencia al impacto), capacidad de resistir a rotura por choque. Depende del porcentaje de carbono, del porcentaje y tipo de elemento de aleación, del tamaño y morfología de los carburos y del tratamiento térmico realizado. El acero es un material muy tenaz, especialmente en alguna de las aleaciones usadas para fabricar herramientas. En las tuberías de transporte de gas la tenacidad las hace más resistente a la erosión y aumenta la capacidad de absorber impacto producido por cristales derivados de mezclas de elementos corrosivos como el ácido sulfúrico con agua a altas presiones e impurezas presentes en el gas. (Flores y López, p.46)
- **Fragilidad:** Propiedad que expresa la falta de plasticidad, y por tanto, de tenacidad. Los materiales frágiles se rompen en el límite elástico, es decir su rotura se produce espontáneamente al rebasar la carga correspondiente al límite elástico. En las tuberías de transporte de gas se busca que sean lo menos frágil,

las aleaciones son para evitar la fragilidad en estas tuberías. (Flores y López, p.46)

- **Fluencia:** Propiedad de algunos metales de deformarse lenta y espontáneamente bajo acción de su propio peso o de cargas muy pequeñas. En las tuberías de transporte de gas la fluencia debe ser elevado para aceptar las altas presiones y temperaturas sin deformación y roturas en la misma. (Flores y López, p.46)
- **Ductilidad:** La ductilidad es la propiedad que tiene un material de soportar grandes deformaciones sin romperse a altos esfuerzos de tensión. La naturaleza dúctil de los aceros les permite evitar fallas prematuras. En las tuberías de transporte de gas lo hace comportarse bien antes las cargas estáticas y dinámicas. (Flores y López, p.46)
- **Soldabilidad:** La soldabilidad mide la capacidad de un acero que tiene a ser soldado, y que va a depender tanto de las características del metal base, como del material de aporte empleado. La soldabilidad es una propiedad relevante en la construcción de los gasoductos porque permite la construcción de estos en campo, sin modificar las propiedades del metal base y haciendo que el sistema de tuberías realice su función adecuada sin falla. (Flores y López, p.46)
- **Endurecimiento por el temple:** Es la propiedad del metal de sufrir transformaciones en su estructura cristalina como resultado del calentamiento y enfriamiento sucesivo y por ende de sus propiedades mecánicas. Los aceros se templen fácilmente debido a la formación de una estructura cristalina característica denominada martensita. En las tuberías de gas el temple realiza una mejor distribución de esfuerzo permitiendo que el material mejore sus propiedades y tenga resistencia a la tracción. (Flores y López, p.46)

2.1.10.2 Propiedades térmicas del acero.

- **Conductividad eléctrica:** Es la facilidad que presenta un material para dejar pasar a través de él la corriente eléctrica. Este fenómeno se produce por una diferencia de potencial entre los extremos del metal.
- **Conductividad térmica:** Es la facilidad que presenta un material para dejar pasar a través de él una cantidad de calor. El coeficiente de conductividad térmica k nos da la cantidad de calor que pasaría a través de un determinado metal en función de su espesor y sección transversal.
- **Dilatación:** Es el aumento de las dimensiones de un metal al incrementarse la temperatura. No es uniforme ni sigue leyes determinadas. (Flores y López, p.47)

2.1.10.3 Propiedades de los aceros empleados para el transporte de gas por tuberías

La razón principal por la cual se utilizan tuberías de acero al carbono, es que estas reúnen un conjunto de propiedades físicas, químicas, mecánicas y térmicas que las hacen tener un mayor índice de confiabilidad, duración y fácil instalación lo que conlleva a un menor costo de instalación y mantenimiento. Los estándares internacionales que regulan el uso de tuberías de acero al carbón para transporte de gas, establecen valores de las propiedades mínimas necesarias a satisfacer. Según cada especificación estas son sus propiedades mínimas necesarias a satisfacer. Según cada especificación estas son sus propiedades. Referidas en las tablas 2.10 y 2.11.

Tabla 2.10 Propiedades mecánicas acero A53

	Grado A	Grado B
Resistencia a la tracción, min:	48,000 psi [330 MPa]	60,000 psi [415 MPa]
Fluencia, min:	30,000psi [205 MPa]	35,000psi [240 MPa]

Fuente: Ignoto Vicente

Tabla 2.11 Propiedades mecánicas acero A106

	Grado A	Grado B	Grado C
Resistencia a la tracción, min:	48,000 psi [330 MPa]	60,000 psi [415 MPa]	70,000 psi [485 MPa]
Fluencia, min:	30,000psi [205 MPa]	35,000psi [240 MPa]	40,000psi [275 MPa]

Fuente: Ignoto Vicente

Estos tipos de aceros son los más utilizados para el transporte de gas por tuberías. A continuación según el código ASME B 38.1 se describe las propiedades mecánicas de las tuberías de transporte de gas.

804.231 Resistencia al la fluencia expresada en libras por pulgada cuadrada, es la resistencia a la cual el material exhibe una deformación especificada limitante permanente, o produce una elongación total especificada bajo la carga. La deformación especificada limitante o la elongación, generalmente se expresan como un porcentaje de la longitud medida. Sus valores se especifican en las diferentes especificaciones de materiales aceptables bajo el presente Código.

804.232 Resistencia a la tracción expresada en libras por pulgada cuadrada, es la mayor tensión de tracción unitaria (referida a la sección transversal original) que un Material puede soportar antes de la falla.

804.233 Tensión mínima especificada de fluencia (SMYS), expresada en libras por pulgada cuadrada, es la mínima resistencia a la fluencia prescrita por la especificación bajo la cual se adquiere la tubería del fabricante.

804.234 Resistencia mínima especificada de tracción expresada en libras por pulgada cuadrada, es la mínima resistencia a la tracción prescrita por la especificación bajo la cual se adquiere la tubería del fabricante.

**Propiedades Mecánicas y Requerimientos de Tracción acero API 5L
PSL 1**

Tabla 2.12 Propiedades mecánicas acero API 5L Nivel PSL1

Grado	Limite de fluencia		Resistencia a la Tracción		Alargamiento en 50,8 mm (2 pulg) mínimo %
	Psi	Mpa	Psi	Mpa	
B	35,000	241	60,000	414	a
X42	42, 000	290	60,000	414	a
X52	52,000	359	66,000	455	a
X60	60,000	414	75,000	517	a

Fuente: API 5L, 43a edición.

PSL 2

Tabla 2.13 Propiedades mecánicas acero API 5L nivel PSL2

Grado	Limite de fluencia				Resistencia a la Tracción				Alargamiento en 50,8 mm (2 pulg) mínimo %
	Mínimo		Máximo		Mínimo		Máximo		
	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa	Psi	Mpa	
B	35,000	241	65,000	448	60,000	414	110,000	758	a
X42	42,000	290	72,000	496	60,000	414	110,000	758	a
X52	52,000	359	77,000			455	110,000	758	a
X60	60,000	414	82,000	565	75,000	517	110,000	758	a

Fuente: API 5L, 43a edición.

El alargamiento mínimo en 50,8 mm (2 pulg) se determinará según la fórmula siguiente:

Ecuación en unidades SI

Ecuación en unidades inglesas

$$e = 1,944 * (A^{0,2} / U^{0,9})$$

$$e = 625,000 * (A^{0,2} / U^{0,9})$$

Donde:

e = Alargamiento mínimo en 50,8 mm (2 plg) expresado en porcentaje y redondeado a 0,5%.

A = Área de la sección transversal de la probeta, basándose en el diámetro externo y espesor de pared especificados con aproximación de 6,5 mm² (0.01 plg²) ó 484 mm² (0.75 plg²), el menor valor.

U = Resistencia a la tracción especificada en Mpa (psi).

- b)** El esfuerzo de fluencia máximo para un grado intermedio debe ser el máximo del grado superior inmediato.
- c)** Todos los grados intermedios deben tener un esfuerzo máximo de tracción de 758 Mpa (110,000 psi).
- d)** El esfuerzo de fluencia máximo para la tubería de Grado B para ensayos con orientación longitudinal es de 496 Mpa (72,000 psi).

De acuerdo a estos datos, se puede observar que la ecuación establecida es para calcular la elongación del acero, donde la A es la área de la sección transversal de la

probeta y U es la resistencia a la tracción especificado en Mpa (psi). Esto está establecido en la sección 9.3 de la norma Api 5L referente a las propiedades de tracción. (Ver apéndice B.3).

2.1.11 Análisis de la Utilidad de los Aceros Industriales Empleados en Tuberías Para el Transporte de Gas

Las condiciones físico - químicas en que se desarrollan la mayoría de los procesos de perforación, explotación y refinación del petróleo y el gas asociado: altas presiones y temperaturas, sales y minerales corrosivos, hicieron del acero el material ideal para su uso en múltiples aplicaciones petrolíferas.

En la industria petrolera, los tubos son conductos, generalmente hechos de acero al carbón que tiene la función de transportar líquidos y otros fluidos. Pueden presentarse en diferentes medidas, formas y extensiones. También se les suele asignar un nombre en función del fluido que están transportando, por ejemplo, cuando su función es la de transportar gas se llaman gasoductos, cuando transportan petróleo, oleoductos.

En este sentido, las tuberías de acero al carbón se pueden instalar en toda la red de distribución, los gasoductos como sistemas de transporte del gas permiten llevar en forma segura y económica millones de pies cúbicos de gas entre las áreas de producción hacia los terminales de almacenamiento de combustibles en tierra, o las boyas ubicadas mar afuera.

Para el transporte de gas a través de la red de gasoducto se hace uso de tubos de aceros al carbono debido a que permiten el transporte del gas de una manera eficaz y económica. El rango de requerimientos, a los que se someten los aceros de carbón para las tuberías, han sido últimamente extendidos considerablemente por el hecho de

brindar varias ventajas se puede usar para presiones medias y altas, tiene una excelente ductilidad, lo cual permite moldear y soldarlo en formas livianas lo que facilita su transporte y manejo, pueden estar al aire libre, son fáciles de instalar y manipular, resistentes a altas temperaturas, son seguros, resistentes a los niveles de corrosión la cual puede ser corregida con el empleo de pinturas anticorrosivas, son muy resistente a presiones internas, tiene un ciclo de vida largo, lo que da a cualquier proyecto una garantía amplia de seguridad.

El hecho de que la longitud de la tubería pueda ser más larga de lo normal, significa que el requerimiento de conexiones es menor, lo que disminuye el riesgo de fugas, las parte deterioradas son fáciles de intercambiar con otros sistemas de tuberías y materiales, usando los acopladores y piezas de conexión apropiados. De la misma manera, hay un riesgo menor de fuga entre las conexiones, debido a la capacidad comprobada del acero al carbón y aleados de resistencia a la corrosión, como ha venido siendo estudiado por organizaciones internacionales líderes en la normalización del diseño y construcción de las redes de transmisión de gas. Por otro lado, la ausencia de corrosión en las paredes internas de la tubería permite que las características iniciales del flujo del sistema no sean afectadas.

La ductilidad del acero al carbón posibilita el uso de métodos de unión para la tubería más económicos. Esto permite mayor ligereza y facilidad en la fabricación de componentes respecto a los materiales tradicionales. La Resistencia a la tracción de tubos de acero al carbón permite operar los sistemas de redes de tuberías de transmisión de gas en un amplio rango de presiones.

Los tubos de acero al carbón son muy resistentes al fuego y por lo tanto son útiles en zonas propensas a incendios industriales. Además, estos tubos son a prueba de fugas y pueden soportar gran flujo de gas transportado, incluso bajo condiciones extremas. Finalmente son fáciles de mantener, ya que requieren capas de pinturas de

2 a 3 milímetros de espesor, además, son fáciles de reciclar cuando ya no esté en uso y son respetuosos del medio ambiente también.

En términos generales la utilidad práctica del acero al carbón empleado en tuberías para el transporte de gas es su alta resistencia a la corrosión. Los grados de baja aleación, resisten la corrosión en condiciones atmosféricas; los grados altamente aleados pueden resistir la corrosión en la mayoría de los medios ácidos, incluso a elevadas temperaturas; además son fáciles de fabricar, la mayoría pueden ser cortados, soldados, forjados y mecanizados con resultados satisfactorios. (Jain, K, p.150)

2.2 DEFINICION DE TERMINOS

Acero de baja aleación: acero con un contenido total de elementos aleados menor que 5 %, pero más que lo especificado para aceros al carbono. (González, Prado y Jiménez 2008, p.50)

API: Instituto Americano del petróleo. Este instituto genero especificaciones para tener prácticas seguras en el diseño y construcción en las redes de tuberías de transmisión de petróleo y gas. (Norma API)

Aleación: Una aleación es una sustancia compuesta por más de un elemento químico, del cual al menos uno de ellos es un metal. Y se define un sistema de aleación como aquel que contiene todas las aleaciones que pueden formarse con varios elementos combinados en cualquier proporción posible. (Aranda, Beatriz 2013, p. 2.)

Arrabio: Es una fundición con alto contenido de impurezas elevado y de carbono entre 3,5 y 4,5 %, y constituye el semiproducto para la producción y la fundición del acero. (Ordóñez Hernández 2013, p.56)

Corrosión: Es el desgaste o deterioro de un material debido a la reacción con el medio. Cuando la corrosión es causada por una reacción química, la velocidad a la que ocurre la corrosión depende en cierta medida de la temperatura y la concentración de los reaccionantes y productos. El esfuerzo mecánico y la erosión son factores que pueden contribuir a la corrosión. (Gómez, Rodríguez y Velázquez 2009, p.53)

Corrosión externa: se entiende por corrosión externa a la que se produce en el cuerpo exterior de la tubería de producción de los pozos petroleros hacia adentro de la tubería. (González, Prado y Jiménez 2008, p.51)

Gasoducto: Tubería para el transporte de gas natural a alta presión y grandes distancias. Los gasoductos pueden ser nacionales e internacionales y suministran a una sola o varias regiones. (Gómez, Rodríguez y Velázquez 2009, p.54)

Tubería: Conducto que sirve para transportar líquidos o gases y que está formado por una serie de tubos empalmados. (Ibarra, Núñez y Huerta 2010, p.61)

Tratamiento: Someter una sustancia o material a un proceso para purificarlo, analizarlo o darle otras propiedades. (Blanco Maiker 2011, p. 16)

CAPÍTULO III

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Considerando que el gas se consume en procesos industriales y domésticos, el aspecto de su manejo y acondicionamiento para tales fines requiere especial atención a ciertos factores. Sobre los detalles del uso de la tecnología de diseño y funcionamiento del gasoducto y sus instalaciones conexas existen aspectos que requieren tratamientos diferentes al oleoducto.

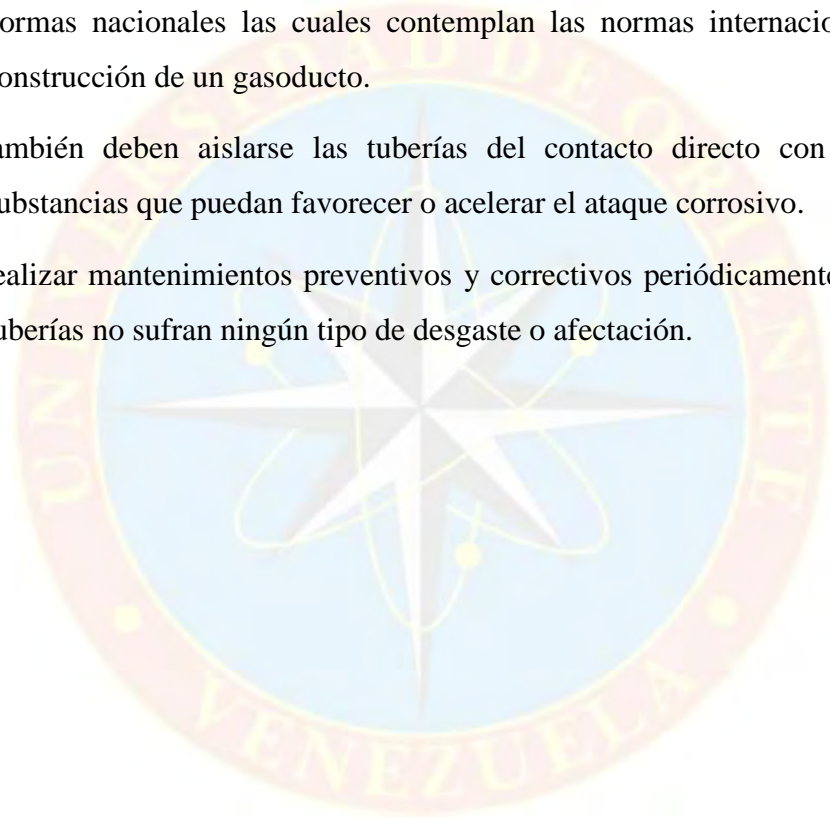
3.1 CONCLUSIONES

- Según la norma del código ASME B 38.1 el material principal que se emplea para la construcción de los gasoductos es el acero al carbono de alta resistencia debido a que puede soportar altas presiones operacionales y resistencia a la corrosión.
- Las características de las tuberías de acero al carbón para la construcción de gasoductos, aparecen en las recomendaciones publicadas por el Instituto Americano de Petróleo (API), como también la norma del Código ASME B31.8.
- Las tuberías de acero al carbón para transporte de gas son capaces de satisfacer todas las exigencias. La verdadera escogencia está en que la tubería de acero al carbón que satisfaga los requisitos de funcionamiento y que esto se cumpla con la mayor economía posible de diseño sin comprometer la eficacia de la instalación estipuladas en las normas.

3.2 RECOMENDACIONES

Para que las tuberías de acero al carbono para transporte de gas puedan tener más vida útil se recomienda lo siguiente:

- Cumplir con todas las normas técnicas y ambientales establecidas en las leyes y normas nacionales las cuales contemplan las normas internacionales para la construcción de un gasoducto.
- También deben aislarse las tuberías del contacto directo con materiales o sustancias que puedan favorecer o acelerar el ataque corrosivo.
- Realizar mantenimientos preventivos y correctivos periódicamente para que las tuberías no sufran ningún tipo de desgaste o afectación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

API Instituto Americano del Petróleo.

ARANDA, B. (2013). **Constitución de las aleaciones.** [Documento PDF en Línea].

Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Aleaci%C3%B3n>

ASME B31.8 (La Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos The American Society of Mechanical Engineers- ASME)

BARBERI EFRAIN, (2008). **Elementos Metalúrgicos de la Soldadura y Análisis de Fallas por Corrosión.** Mc Graw Hill

BARREIRO JOSE (2010). **Elementos de aleación.** Mc Graw Hill

BLANCO, M. (2011). **Caracterización composicional y análisis estadísticos de la periodicidad de muestreo del gas natural en los puntos de medición fiscal del área Caripito-Piritál.** Trabajo Especial de Grado. Universidad de Oriente, Maturín.

ESCOBAR, B Y LÓPEZ, E. (2011). **Comparación de caída de presión en una tubería de transporte para flujo gaseoso.** Trabajo de grado presentado ante la Universidad de Oriente como requisito para Optar al Título de Ingeniero Químico. Barcelona.

FLORES Y LOPÉZ. (2011). **Propiedades Físicas del Acero.** Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/97232151/16/propiedadesfisicadelacero>.

FRANCIA, S. (2011). **Introducción a los Aceros Especiales.** Perú.

GONZÁLES M, JÍMENEZ W Y PRADO V. (2008). **Análisis de los factores que influyen en la ocurrencia de fallas en tuberías de transporte de gas natural.** Seminario presentado como requisito para Optar por el Título de Ingeniero de Petróleo. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas.

GOMEZ J, RODRIGUEZ M Y VELASQUEZ A. (2009). **Análisis tecn-económicos asociados a la producción, tratamiento y transporte del gas natural en la Republica Bolivariana de Venezuela.** Seminario presentado como requisito para Optar por el Título de Ingeniero de Petróleo. Universidad de Oriente, Núcleo de Monagas.

HUERTA, IBARRA Y NUÑEZ. (2010). **Manual de Acero Inoxidable.** Chile.

IGNOTO VICENTE (2011). **Determinación de los parámetros de soldadura GMAW-P del acero API 5L.** Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería UCV, pp. 1-151.

JAIN, K. (1990). **Machine Desing.** Editorial Khana. India.

LIRA, GISSELA. (2009). **Aplicación de la criogenia con el tratamiento térmico de aceros para trabajos en Frio k100 (AISI D3).** Tesis para Optar por el Título de Ingeniero. Lima.

ORDONEZ, H. (2013). **Tecnología de los metales. [Documento en Línea]. Disponible en: <http://www.ecured.cu/index.php/Arrabio>**

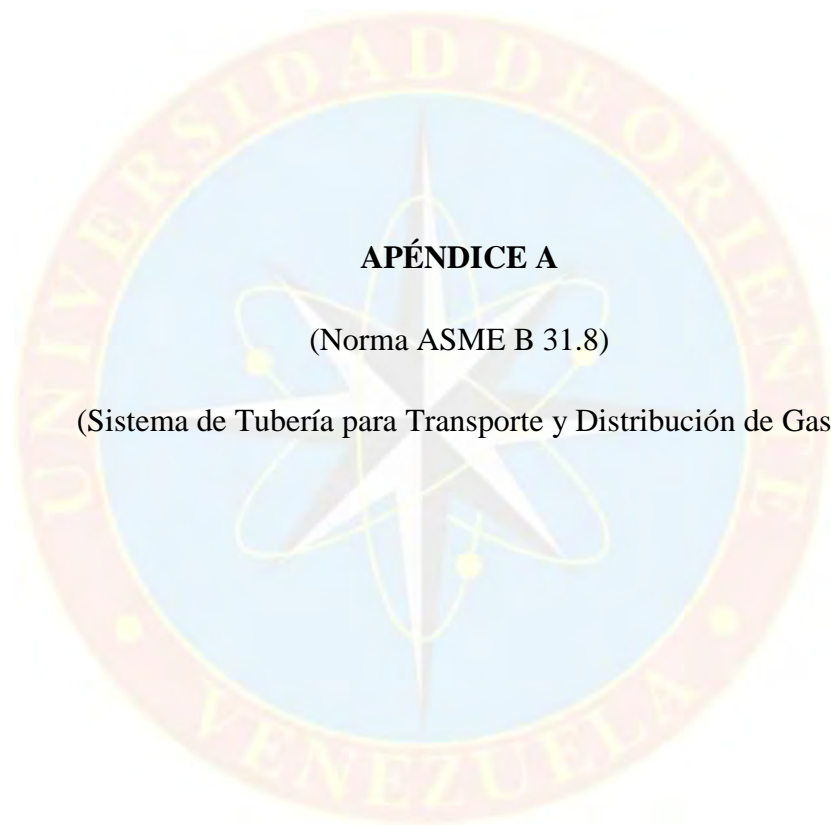
PINO, F. (2006). **Curso de Gasotecnia, Unidad IV.** Universidad de oriente Núcleo de Monagas.

SMITH, F, (1993). **Estructura y propiedades de las aleaciones de ingeniería**, Mc
Graw Hill





APÉNDICES



APÉNDICE A

(Norma ASME B 31.8)

(Sistema de Tubería para Transporte y Distribución de Gas)

Apéndice A.1. Norma ASME 804.241 Definiciones de los componentes de los sistemas de tubería. Tubería Acero al Carbón³. Ya por costumbre generalizada, se considera que el hacer sea acero al carbón cuando no se especifica o se requiere un mínimo contenido de aluminio, boro, cromo, cobalto, molibdeno, níquel, niobio, titanio, tungsteno, vanadio, zirconio, o cualquier otro elemento añadido para obtener un efecto de aleación deseado; cuando el mínimo especificado para cobre no excede el 0.40%; o cuando el máximo contenido especificado para cualquiera de los siguientes elementos no excede los siguientes porcentajes:

ELEMENTO	%
Cobre	0.60
Magnesio	1.65
Silicio	0.60

En todos los aceros al carbón, algunas veces se hallan pequeñas cantidades de ciertos elementos residuales inevitablemente retenidos de las materias primas, aunque no están especificados ni requeridos, tales como el cobre, molibdeno, cromo, etc. Se considera que estos elementos son ocasionales y normalmente no se los determina ni reporta.

Apéndice A.2. Norma ASME **814.11** Especificaciones de los materiales. Tubería de Acero. La tubería de acero manufacturada de conformidad con lo siguientes estándares, podrá ser usadas sin problemas:

- API 5L Tubería de Línea.

- ASTM A 53 Tubería Soldada y Sin Costura.
- ASTM A 106 Tubería Sin Costura.
- ASTM A 134 Tubería Soldada por Electro-Fusión (Arco)
- ASTM A 135 Tubería Soldada por Electro-Resistencia.
- ASTM A 139 Tubería soldad por Electro-Fusión (Arco).
- ASTM A 333 Tubería sin Costura y Soldada para Servicio a Baja Temperatura.
- ASTM S 381 Tubería Soldada por Arco de Metal.
- ASTM A 671 Tubería Soldada por Electro-Fusión.
- ASTM A 672 Tubería Soldada por Electro-Fusión.

Apéndice A.3. Norma ASME 841.11 Requerimientos de Diseño de un Sistema de Tuberías de Acero. Fórmula del Diseño de Tubería de Acero.

(a) La presión de diseño para los sistemas de tuberías de gas o el espesor nominal de pared para una presión de diseño dada, se deberá determinar mediante la siguiente fórmula) para ver las limitaciones de la misma, véase el párrafo 841.111):

$$P = (2st/D) * FET$$

Donde:

D = diámetro nominal exterior de la tubería, pulgadas

F = factor de junta longitudinal

Al fijar los valores del factor de diseño F, se ha dado la debida consideración y se han dejado holguras para las distintas tolerancias por espesores deficientes que se dan en las especificaciones de tubería listadas y aprobadas para uso en este Código. P = presión de diseño psig (véase también el párrafo 841.111) S = tensión mínima de

fluencia especificada, psi, estipulada en la especificación bajo la cual se compró la tubería del fabricante, o determinada. La tensión mínima de fluencia especificada de algunos de los aceros más comúnmente usados, cuyas especificaciones se hallan incorporadas por referencia, para conveniencia del usuario. T = factor de disminución de temperatura, t = espesor nominal de pared, pulgadas. (b) El factor de diseño para las líneas de ductos en Localidades Clase 1, División 1, se basa en la experiencia 37 operativa de los gasoductos a niveles de operación que exceden aquellos de las recomendaciones anteriores del presente Código. Cabe hacer notar, que el usuario podría verse requerido a cambiar la indicada tubería o reducir la presión a un máximo de 0.72 de SMYS. (c) *Control de Fractura y Detención*. Un criterio de Dureza a la Fractura u otro método debe ser especificado para controlar la propagación de fracturas cuando se diseña una línea de ductos, para que opere ya sea a una tensión de aro de más del 40% hasta el 80% de la tensión mínima de fluencia especificada, en tamaños de NPS 16 o mayores, o a una tensión de aro por encima del 72% hasta el 80% de la SMYS en tamaños menores a NPS 16. Cuando se usa un criterio de dureza de fractura, puede lograrse el control asegurándose que la tubería tenga una ductilidad adecuada o instalando detenedores de fisuras en la línea, para detener la propagación. (1) *Control de Fractura Frágil*. Para asegurarse que la tubería tenga una ductilidad adecuada, las pruebas de dureza a la fractura deberán ser efectuadas en conformidad con los procedimientos de prueba de los requerimientos complementarios SR5 o SR6 de API 5L, u otras alternativas equivalentes. Si la temperatura de operación se halla por debajo de los 32 °F, se deberá usar una temperatura de prueba menor apropiada. La temperatura de prueba menor apropiada para la dureza de ranura, deberá ser tomada como si fuera la temperatura mínima más baja esperada para el metal durante las pruebas de presión (si se las hace con aire o gas) y durante el servicio, tomando en cuenta la información de las temperaturas registradas en el pasado y el posible efecto de temperaturas menores del aire o el suelo. El valor promedio de corte de la apariencia de fractura de la muestra de prueba de cada partida de tubería (cada hornada) no deberá ser menor al 35%, y el promedio de todas las hornadas no deberá

ser menor al 50% del corte cuando se efectúa la prueba de la ranura en V de Charpy, sobre la base de especímenes Charpy de tamaño pleno, si es que así se especifica, ó por lo menos el 80% de todas las hornadas deberá exhibir una apariencia de fractura de 40% o más cuando se especifica la prueba de rasgadura por caída de peso. (2) *Detención de Fracturas Dúctiles*. Para asegurarse que la línea del ductos tiene una dureza adecuada para detener una fractura dúctil, la tubería deberá ser probada en conformidad con los procedimientos de los requerimientos complementarios SR5 de API 5L. El promedio de todas las hornadas, de los valores de energía Charpy, deberá cumplir o exceder el valor de energía calculada usando una de las siguientes ecuaciones que se han desarrollado en varios programas de investigación de líneas de ductos. (3) *Detenedores Mecánicos de Grietas*. Las detenedoras mecánicas de grietas, consisten en las camisas, envoltura con cable de acero, tubería con espesor de pared grueso u otros tipos adecuados con los que se ha comprobado que se puede detener las fracturas dúctiles. Los detenedores mecánicos de grietas deberán colocarse a intervalos a lo largo de la línea del ducto.

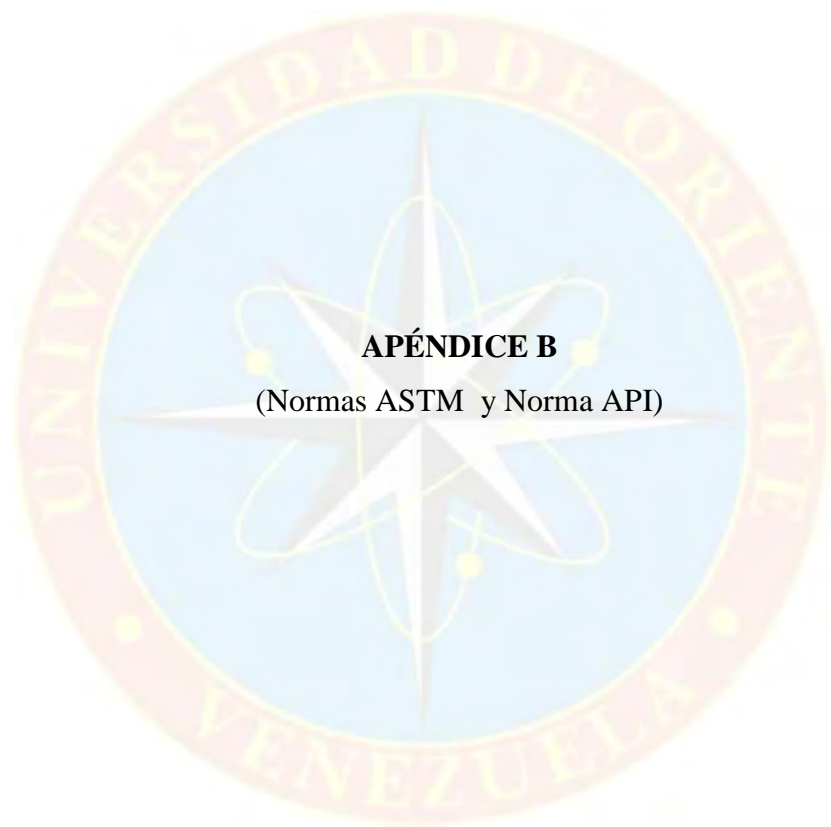
PRECAUCIÓN: El requerimiento especificado en (2) líneas arriba, asume que el ducto está transportando esencialmente metano puro, y la tubería es similar en su comportamiento ante la fractura a aquel que se usa para desarrollar las ecuaciones empíricas que se dan arriba. La presencia de hidrocarburos más pesados puede causar que el gas muestre un comportamiento de dos fases ante la descompresión súbita, y por lo tanto requiere una mayor energía Charpy para detener la propagación de la fractura. La tubería que haya sido laminada bajo control o enfriada y templada, pudiera no comportarse como indican las ecuaciones y pudiera también requerir una mayor energía Charpy para detener la fractura en propagación. Deben realizarse los cálculos para determinar si la descompresión muestra un comportamiento de dos fases, y debe hacerse una evaluación en cuanto a la aplicabilidad de las ecuaciones de detención, donde pudiera requerirse un mayor grado de dureza. De otra manera, se deberían instalar detenedores mecánicos de grietas (véase (3), arriba) o también

podrán verificarse los requerimientos de dureza Charpy para detener las fracturas, a través de experimentos y cálculos adicionales.

Apéndice A.4. Norma ASME 841.111 Limitaciones a la Presión de Diseño P. Limitaciones a la Presión de Diseño.

La presión de diseño obtenida por la fórmula en el párrafo 841.11 se deberá reducir para que esté en conformidad con lo siguiente: (a) P para tubería soldada a tope en horno, no deberá exceder las restricciones del párrafo 841.11 o el 60% de la presión de prueba en fábrica, la que sea menor. (b) P no debe exceder el 85% de la presión de prueba de fábrica para toda la demás tubería provista; sin embargo, tal tubería probada en fábrica a una presión menor al 85% de la presión requerida para producir una tensión igual a la mínima de fluencia especificada, podría probarse de nuevo, con una prueba hidrostática de tipo fábrica o fundición, o probada en sitio después de la instalación. En la eventualidad de que la tubería se pruebe de nuevo a una presión en exceso de la presión de prueba de fábrica, P no deberá entonces exceder el 85% de la presión de la nueva prueba en lugar de la presión inicial de la prueba de fábrica.

Es obligatorio usar un líquido como el medio de prueba, en todas las pruebas en sitio después de la instalación, donde la presión de prueba exceda la presión de prueba de fábrica. Este párrafo no debe utilizarse como respaldo para permitir una presión de operación o presión de diseño que exceda la provista por el párrafo 841.11.



APÉNDICE B

(Normas ASTM y Norma API)

Apéndice B.1. Norma ASTM A-53. Especificación Normalizada para Tubos de Acero Negro e Inmersos en Caliente, Galvanizados, Soldados y Sin Costura.

1.- Alcance

1.1 Esta especificación trata sobre tubos de acero galvanizados por inmersión en caliente, negro, soldado y sin costura en NPS 1/8 hasta NPS 26 [DN 6 hasta DN 650] (Nota 1), inclusive, con espesor nominal de pared (Nota 2) dado en Tabla X2.2 y Tabla X2.3. Debe permitirse suministrar tubos que tengan otras dimensiones siempre que tales tubos cumplan con todos los otros requisitos de esta especificación. Se proveen requisitos suplementarios de naturaleza opcional y deben aplicarse solo cuando sea especificado por el comprador.

NOTA 1.- Las siglas adimensionales NPS (tamaño de tubo nominal) [DN (diámetro nominal)] han sido sustituidos en esta especificación por los términos tradicionales tales como “diámetro nominal”, “tamaño” y “tamaño nominal”.

NOTA 2.- El término espesor nominal de pared ha sido asignado con el objetivo de dar una designación conveniente, existiendo solamente el nombre, y es usado para distinguirlo del espesor de pared real, que puede variar por encima o por debajo del espesor nominal de pared.

1.2 Esta especificación trata sobre los siguientes tipos y grados.

1.2.1 Tipo F—Soldado a tope en horno, soldado continuo Grado A.

1.2.2 Tipo E—Soldado con resistencia eléctrica, Grados A y B.

1.2.3 Tipo S—Sin costura, Grados A y B.

NOTA 3.- Vea el Apéndice X1 para las definiciones de tipos de tubo.

1.3 Los tubos ordenados bajo esta especificación se destinan para usos a presión y mecánicos y son también aceptables para usos comunes en líneas de vapor, agua, gas y aire. Son adecuados para soldado y para operaciones de conformado que involucren enrollado, doblado y formación de bridas, sujeto a las siguientes calificaciones:

- 1.3.1 El tipo F no está destinado para formación de bridas.
- 1.3.2 Si se requiere Tipo S o Tipo E para enrollado estrecho o doblado en frío, el Grado A es el grado preferido, sin embargo, no está previsto prohibir el doblado en frío de tubos de Grado B.
- 1.3.3 El Tipo E es suministrado no expandido o expandido en frío a opción del fabricante.

1.4 Los valores indicados en unidades SI o en unidades pulgada-libra deben ser considerados separadamente como los estándares. Los valores establecidos en cada sistema pueden no ser equivalentes exactos; por lo tanto, cada sistema debe utilizarse independientemente del otro. La combinación de valores de ambos sistemas puede dar lugar a una no conformidad con la norma.

1.5 La siguiente advertencia precautoria pertenece solo a las partes de métodos de ensayo, Secciones 7, 8, 9, 13, 14, y 15 de esta especificación: Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones regulatorias previo al uso.

1.6 El texto de esta norma cita notas y notas a pie de página, o ambas, que brindan material explicativo. Esas notas y notas a pie de página, excluyendo las dadas en tablas y figuras, no deben ser consideradas como requisitos de la norma.



Apéndice B.2. ASTM A-106. Especificación para tuberías de acero al carbono sin costura.

Resumen

Esta especificación cubre los tubos de acero al carbono para servicio de alta temperatura. Estos tubos son adecuados para la soldadura, plegado, rebordeado, y operaciones de conformado similares. Ensayos mecánicos de los especímenes incluirá ensayos de tracción, flexión, aplanar, hidrostáticos y no destructiva eléctricos. Las muestras se someten a pruebas de flexión consistirán en secciones cortadas de un tubo. Para las pruebas de aplastamiento, las muestras deben ser lisos en los extremos y sin rebabas, excepto cuando se hace en los extremos de los cultivos. Todas las pruebas se llevarán a cabo a temperatura ambiente. Si cualquier probeta muestra imperfecciones que puede ser desechado y sustituido por otro ejemplar de prueba. Antes de la prueba, si una muestra tiene rasguños escribano, se permitió una nueva prueba. Una nueva prueba también se permite si un espécimen se rompe en un interior o defecto superficie exterior. Este resumen es un breve resumen de la norma referenciada. Es informativo solamente y no forma parte oficial de la norma, el texto completo de la misma norma debe ser referido para su uso y aplicación ASTM no da ninguna garantía expresa o implícita ni hace ninguna representación que el contenido de este resumen es exacta completa o actualizada.

1.- Alcance

1.1.-Esta especificación trata sobre tubos de acero al carbono sin costura para servicio de alta temperatura (Nota 1) en NPS $\frac{1}{8}$ a NPS 48 [DN 6 hasta DN 1200] (Nota 2) inclusive, con espesores de pared nominal (promedio) como se indica en ASME B 36.10M. se permitirá a suministrar tubería que tiene otras dimensiones siempre que esta tubería cumple con todos los demás requisitos de esta norma. Pipe ordenó bajo

esta especificación deberá ser adecuado para doblar, flanger, y las operaciones de formación similares, y para la soldadura. Cuando el acero va a ser electrosoldado, se presupone que un procedimiento de soldadura adecuado para el grado de acero y el uso o servicio será utilizado.

NOTA 1 Se sugiere se tengan en cuenta a la posible grafitización.

NOTA 2 El designador adimensionales NPS (tamaño nominal de la tubería) [DN (diámetro nominal)] se ha sustituido en esta norma para los términos tradicionales como "diámetro nominal," "tamaño" y "tamaño nominal".

1.2 Requisitos adicionales de carácter opcional se proporcionan para los tubos sin costura para uso en aplicaciones donde se requiere un grado superior de la tubería. Estos requisitos complementarios requieren pruebas adicionales para realizar y cuando se desee se hará constar en la orden.

1.3 Los valores indicados en unidades SI o en unidades pulgada-libra deben ser considerados como los estándares. Los valores indicados en cada sistema pueden no ser exactamente equivalentes, por lo tanto, cada sistema debe ser utilizado independientemente del otro. La combinación de valores de los dos sistemas puede resultar en una no conformidad con la norma.

1.4 La siguiente aviso de precaución pertenece sólo a la porción método de ensayo, Secciones 11, 12 y 13 de esta especificación: Esta norma no pretende dirigir todas las inquietudes sobre seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es la responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

Apéndice B.3 Norma API de propiedades de tracción para PSL1 Y PSL2

9.3 Las propiedades de tracción

9.3.1 Propiedades de tracción para PSL1 Y PSL2

Tubos SAW y COW

Grado	Limite elástico a R t0,5 MPa (psi) minimum	Resistencia a la tracción de un R m MPa (psi) minimum	Elongacion Af % minimum	Resistencia a la tracción b R m MPa (psi) minimum
L175 o A25	175 (25 400)	310 (45 000)	c	310 (45 000)
L175 o A25	175 (25 400)	310 (45 000)	c	310 (45 000)
L210 o A	210 (30 500)	335 (48 600)	c	(48 600) L245R o BR
L245 o B245	245 (35 500)	415 (60 200)	c	415 (60 200)
L290 o X42 290 L290R o X42R	290 (42 100)	415 (60 200)	c	415 (60 200)
L320 o X46	320 (46 400)	435 (63 100)	c	435 (63 100)
L360 o X52	360 (52 200)	460 (66 700)	c	460 (66 700)
L390 o X56	390 (56 600)	490 (71 100)	c	490 (71 100)
L415 o X60	415 (60 200)	520 (75 400)	c	520 (75 400)

a) Para los grados intermedios, la diferencia entre la resistencia a la tracción mínima especificada y el límite elástico mínimo especificado

Para el cuerpo de la tubería será el indicado en la tabla para el grado inmediatamente superior.

b) Para los grados intermedios, la resistencia a la tracción mínima especificada para la costura de soldadura deberá ser el mismo valor que se determinó para

el cuerpo de la tubería mediante una nota al pie).

c) El alargamiento mínimo especificado, Af, expresado en tanto por ciento y redondeado al porcentaje más cercano, será el que se determina mediante el

la siguiente ecuación:

$$Af = C \frac{A_{xc}^{0.2}}{U^{0.9}}$$

Donde: C es 1 940 para los cálculos que utilizan las unidades del SI y 625 000 para los cálculos que utilizan unidades USC;

A_{XC} es la pieza de área de sección transversal ensayo de tracción aplicable, expresado en milímetros cuadrados (pulgadas cuadradas), de la siguiente manera:

- Para las piezas de sección circular de prueba, 130 mm² (0.20 in²) de 12,5 mm (0,500 in) y 8,9 mm (0,350 in) prueba de diámetro piezas, y 65 mm² (0.10 in²) de 6,4 mm (0,250 in) probetas de diámetro.

- Para piezas de ensayo de sección completa, el menor de a) 485 mm² (0.75 in²) y b) el área de sección transversal de la pieza de ensayo, que se deriven utilizando el diámetro exterior especificado y el espesor de pared especificado de la tubería, redondeado al más cercano 10 mm² (0.01 in²).

- Para piezas de ensayo de tira, el menor de a) 485 mm² (0.75 in²) y b) el área de sección transversal de la pieza de ensayo, el uso de derivados la anchura especificada de la pieza de ensayo y el espesor de pared especificado de la tubería, redondeado al 10 mm² más cercano (0.01 in²).

U es la resistencia a la tracción mínima especificada, expresada en megapascales (libras por pulgada cuadrada).

HOJAS METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 1/6

Título	ESTUDIO DE LOS ACEROS EMPLEADOS PARA EL TRANSPORTE DE GAS POR TUBERIAS
Subtitulo	

El Título es requerido. El subtítulo o título alternativo es opcional.

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Andarcia G. Oriana A.	CVLAC	C.I. 18.865.910
	e-mail	Origarcia_20@hotmail.com
	e-mail	
Molina R. Zurima C.	CVLAC	CI. 17.631.598
	e-mail	Zuri_pelo21@hotmail.com
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Acero
transporte de gas
tubería
Acero Gas Natural

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Sub-área
Tecnología y ciencias aplicadas	Ingeniería de petróleo

Resumen (Abstract):

Esta investigación estuvo dirigida al Estudio de los aceros empleados para el transporte de gas por tubería. Dentro de los tópicos desarrollados en la investigación se describió el acero como metal fundamental para la fabricación de las tuberías de transporte de gas siendo el acero al carbón el metal principal para su elaboración, así como también la conceptualización del gas, sus sistemas de recolección y transporte. En cuanto a los objetivos específicos se describieron los tipos de aceros empleados en tuberías de transporte de gas, los elementos utilizados en la aleación, las propiedades de los aceros y el análisis de la utilidad de los aceros empleados para el transporte de gas. Finalmente en el capítulo tres se presentan las conclusiones y recomendaciones concluyendo que el material principal que se emplea para la construcción de los gasoductos es el acero al carbón de alta resistencia debido a que puede soportar altas presiones y resistencia a la corrosión. En la actualidad estos aceros son utilizados ampliamente en la industria petrolera en la fabricación de tanques de almacenamiento de hidrocarburos y tuberías para el transporte de gas. La microestructura de este acero, en el cual la ferrita se encuentra en mayor proporción, es originada por el efecto de la composición química y por los diferentes tratamientos termomecánicos aplicados en su elaboración, lo cual permite que esta aleación alcance el límite de fluencia y la tenacidad requerida para ser utilizada en la fabricación de tubos de grandes diámetros para el transporte de gases. La construcción de los gasoductos, aparecen en las recomendaciones publicadas por el Instituto Americano del Petróleo (API), así como también en el Código ASME B31.8 junto con las normas PDVSA.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
MSc. Deasy Osuna	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	10 148 701
	e-mail	Deasyo@hotmail.com
	e-mail	
Dr. Fernando Pino	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	9 299 078
	e-mail	fpino44@hotmail.com
	e-mail	
MSc. Pedro Tineo	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	12 155 280
	e-mail	ptineo@gmail.com
	e-mail	
MSc. Fabiola Mottola	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	8 290 936
	e-mail	fmottola@udo.edu.ve
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año	Mes	Día
2013	06	21

Fecha en formato ISO (AAAA-MM-DD). Ej: 2005-03-18. El dato fecha es requerido.

Lenguaje: spa Requerido. Lenguaje del texto discutido y aprobado, codificado usando ISO 639-2. El código para español o castellano es spa. El código para inglés en. Si el lenguaje se especifica, se asume que es el inglés (en).

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
ORIANA ANDARCIA.DOCX

Alcance:

Espacial: _____ (opcional)

Temporal: _____ (opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo:

INGENIERO DE PETROLEO

Dato requerido. Ejemplo: Licenciado en Matemáticas, Magister Scientiarium en Biología Pesquera, Profesor Asociado, Administrativo III, etc

Nivel Asociado con el trabajo: INGENIERIA

Dato requerido. Ejs: Licenciatura, Magister, Doctorado, Post-doctorado, etc.

Área de Estudio:

TECNOLOGIA Y CIENCIAS APLICADAS

Usualmente es el nombre del programa o departamento.

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:

UNIVERSIDAD DE ORIENTE NUCLEO DE MONAGAS

Hoja de metadatos para tesis y trabajos de Ascenso- 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CU Nº 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda "SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC Nº 696/2009".

Leído el oficio SIBI - 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR <i>Martínez</i>
FECHA 5/8/09 HORA 5:20

Cordialmente,

Juan A. Bolaños Currela
JUAN A. BOLANOS CURRELA
Secretario

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso - 6/6

Derechos:

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicado CU-034-2009): "Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad, y solo podrán ser utilizados a otros fines, con el consentimiento del Consejo de Núcleo Respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."



Br Oriana Andarcia
C.I. 18 885 910
AUTOR



Br Zurima Molina
C.I. 17 631 598
AUTOR



MSc. Deasy Osuna
C.I. 10 148 701
TUTOR