



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLÁN**

**COMISIONAMIENTO DE TUBERÍAS DE
PROCESO PREVIO A LA PUESTA EN SERVICIO
Y REALIZACIÓN DE HOT TAPPING**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
LUIS OMAR REYNOSO MARTÍNEZ

ASESOR: DR. VÍCTOR HUGO HERNÁNDEZ GÓMEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatorias.

A mis Padres

Como un testimonio de infinito aprecio y eterno agradecimiento, por el apoyo económico y moral que siempre me han brindado y con lo cual logre terminar mi carrera profesional siendo para mí la mejor herencia.

A mis hijos

Que son lo más valioso que tengo en la vida, les comento que la grandeza esta dentro de nosotros y saldrá cuando estemos dispuestos a ser grandes, nobles y sinceros, y fuertes de corazón.

A mis Abuelos

Que siempre me brindaron su mano en los momentos difíciles aunque ya no los tengo en vida se que desde el cielo están muy contentos por haber concluido mis estudios y nunca darme por vencido gracias Luis y Julia por todos los consejos que me dieron. Los amo para toda la eternidad.

A mi esposa

Gracias por el apoyo, amor y confianza que haz tenido en mi, gracias por darme las fuerzas para seguir luchando en esta vida y por protegerme.

A mi familia

No tengo letras para seguir diciendo el gran regocijo que me da poder titularme, solo sé que este es solo el empiezo de una gran historia. De virtudes y gracias a todos ustedes que siempre me apoyaron.

A Dios

Por darme la tranquilidad y perseverancia para lograr este sueño.

Al Dr. Víctor H. Hernández Gómez

Por su valiosa colaboración en la dirección del presente trabajo y sus importantes consejos.

A la universidad Autónoma de México

Por haberme permitido pasar por sus aulas en mi formación profesional.

ÍNDICE

	Página
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	6
OBJETIVO	10
JUSTIFICACIÓN	10
CAPÍTULO 1.- CONCEPTOS BÁSICOS	12
1.1 Tuberías de Transporte o Conducción	13
1.2 Presión	13
1.2.1 Presión Atmosférica	14
1.2.2 Presión Manométrica	14
1.2.3 Presión de Vacío	15
1.2.4 Presión Absoluta	15
1.2.5 Presión de Vapor	15
1.2.6 Presión Hidrostática	16
1.3 Temperatura	16
1.4 Calor	19
1.4.1 Calor Sensible y Calor Latente	19
1.4.2 Cambios en la materia	20
1.5 Transferencia de Calor	21
1.5.1 Conducción	21
1.5.2 Convección	23
1.5.3 Radiación	25
1.6 Variables Relacionadas con la Materia	25
1.6.1 Flujo	25
1.6.2 Gravedad Específica	26
1.6.3 Viscosidad	27
1.6.4 Flujo Laminar y Flujo Turbulento	27
1.6.5 Velocidad de un fluido a través de un ducto	28
1.7 Válvulas	30
1.8 Métodos de Investigación	31
1.9 Gases	31
1.10 Ley de los Gases Ideales	32

CAPÍTULO 2.- PRUEBAS HIDROSTÁTICAS	33
2.1 Pruebas de Fuga en Válvulas	34
2.2 Pruebas de Fuga en Tuberías de Proceso y de Servicios	50
CAPÍTULO 3.- BARRIDO DE TUBERÍAS	62
CAPÍTULO 4.- LIMPIEZA EN SISTEMAS DE TUBERÍAS	65
4.1 Lavado Químico (Pickeo) a líneas de Proceso y de servicio	66
4.2 Limpieza con aceite (flusheo) a tuberías	72
CAPÍTULO 5.- INERTIZADO EN TUBERÍAS DE PROCESO	76
CAPÍTULO 6.- HOT TAPPING	92
RESULTADOS	113
CONCLUSIONES	115
GLOSARIO DE TÉRMINOS	116
BIBLIOGRAFÍA	122
APÉNDICE A	123
APÉNDICE B	129
APÉNDICE C	130
APÉNDICE D	136
APÉNDICE E	139
APÉNDICE F	141
APÉNDICE G	153

RESUMEN

En la actualidad el comisionamiento previo a la puesta en servicio de los sistemas de transporte de hidrocarburos, como las tuberías de proceso y sus componentes, son sumamente importantes en el continuo desarrollo industrial. Gracias a este es posible determinar la presencia de defectos en los materiales o en las soldaduras de equipos tales como recipientes a presión, válvulas o sistemas de tuberías, en los cuales una falla catastrófica puede representar grandes pérdidas en dinero, vida humana y daño al medio ambiente. En los primeros capítulos de esta tesis nos enfocaremos a las pruebas de detección de fuga del tipo no destructiva que se utilizan en componentes presurizados tales como tuberías de proceso y sus válvulas, con el propósito de asegurar la confiabilidad y servicio de componentes y prevenir fallas prematuras en sistemas que contienen fluidos a presión. La prueba de fuga básicamente consiste en someter a una presión determinada a las tuberías de proceso y sus accesorios, de acuerdo a los códigos y normas vigentes, utilizando agua dulce como fluido de prueba, garantizando de esta manera el buen desempeño de las tuberías de proceso previo a su puesta en servicio. Una vez concluida la prueba de fuga y como parte del comisionamiento, se debe realizar un barrido con aire en el interior de las tuberías de proceso, debido a la acumulación de escorias durante el proceso de fabricación, a este método lo hemos denominado (barrido de tuberías) el cual es sumamente indispensable su aplicación si se tratara de una tubería con el servicio de aire de instrumentos en una instalación petrolera, el omitir este método puede provocar que las escorias presentes en las tuberías pueden dañar a una turbo maquinaria o provocar un mal funcionamiento en alguna válvula de control o el inadecuado cierre hermético de una válvula de bloqueo. Como la última secuencia del comisionamiento antes a la puesta en servicio de un sistema de proceso que maneje hidrocarburos, se debe eliminar el oxígeno presente en su interior para garantizar que no existan mezclas explosivas, es por ello que se realiza un método llamado (inertizado), utilizando un gas inerte generalmente nitrógeno con la finalidad de desalojar el oxígeno presente en el interior de las tuberías de proceso. Cuando se trata de tuberías de servicio que manejen aceite o algún otro fluido que estén en contacto con el interior de la turbo maquinaria, es necesario la aplicación de procedimientos de lavado de tuberías, ya sean nuevas o que han salido de operación por tiempos prolongados, el lavado de tuberías a una turbo

maquinaria generalmente se realiza utilizando sosa cáustica en caso de que sean tuberías de acero al carbón, y cuando se utilizan tuberías de acero inoxidable se debe de utilizar aceite como fluido de limpieza o el mismo fluido que utilizara la tubería durante su operación para evitar contaminarla, con este tipo de limpieza se garantiza un óptimo funcionamiento de las tuberías de servicio evitando así que una escoria o partícula sólida pueda dañar a las turbinas. En las instalaciones petroleras pocas veces se permiten realizar libranzas, ó paro de producción debido a las altas pérdidas económicas que se generarían, por lo cual se establece la aplicación de un procedimiento donde se determinan las condiciones de modificación de ductos o tuberías de proceso en operación por medio de una interconexión en vivo mediante la operación de soldadura sección metálica envolvente, weldolet, sockolet y barrenar la línea sin interrumpir el servicio denominado (Hot Tapping), con el cual se tendrá una nueva interconexión o derivación.

INTRODUCCIÓN

A partir de la expropiación petrolera en 1938, y durante las siguientes tres décadas México tuvo una producción de hidrocarburo relativamente modesta, encaminada a cubrir el consumo interno del país. Una tendencia del moderado crecimiento en la producción petrolera, con algunos altibajos, se mantuvo hasta principios de los setenta. Conforme se aceleró su proceso de urbanización, la demanda por petróleo tendió a crecer más rápido que la oferta, lo que llevó al país a convertirse en un importador neto de petróleo a inicio de los setentas.

Actualmente el País cuenta con reservas naturales y plataformas marinas del campo Ku Maloob Zaap (KMZ), localizadas frente a las costas de Tabasco y Campeche, a 105 kilómetros al noreste de Ciudad del Carmen, Campeche. Ku Maloob Zaap se extiende en un área de 149.5 kilómetros cuadrados. En la actualidad este activo se conforma por los campos KU, Maloob, Zaap, Bacab y Lum, los cuales toman su nombre en honor a la cultura maya que predominó en la zona de Campeche y Yucatán.

En lengua maya su significado es el siguiente:

- Ku – Nido
- Maloob – Bueno
- Zaap – Braza
- Bacab – Columna
- Lum – Tierra

Ku Maloob Zaap es uno de los principales productores de crudo pesado y pronto se convertirá en el número uno a nivel nacional en la producción de crudo. Actualmente en dicho campo se desarrollan actividades constructivas para asegurar la recuperación de reservas de hidrocarburos, derivado de lo anterior es sumamente importante la correcta distribución de crudo pesado, ya sea para servicios internos como para su venta; para lograr dicho propósito se llevan a cabo proyectos constructivos costa afuera con el afán de modernizar y transportar las reservas naturales hacia los diferentes puntos de almacenamiento a nivel nacional.

El propósito de esta tesis no es la de proporcionar una descripción completa de las actividades constructivas de un sistema de tuberías. Si no desarrollar procedimientos particulares aplicando teoría y describiendo las actividades de un comisionamiento en un sistema de tuberías antes de su puesta en operación; esto a través de la elaboración de procedimientos y métodos descritos en los capítulos de esta tesis, ya que no se cuenta con un manual de procedimientos particulares para realizar estas actividades.

Durante el desarrollo de esta tesis se describirán algunas actividades particulares previas a la puesta en operación de los sistemas de tuberías realizadas en el campo de operaciones petroleras.

Durante la realización de este trabajo nos basaremos en la investigación cualitativa, procurando lograr una descripción holística, con lo cual relacionaremos la investigación documental con la investigación de campo.

Para la elaboración y entendimiento de esta tesis se requieren conocimientos básicos como el conocimiento de los tipos de válvulas que existen en la industria, conocer la ley de los gases ideales, medidas de presiones, conocimientos de transferencia de calor, entre otros por lo que en el capítulo 1, se incluyen los conceptos más relevantes.

Como hemos mencionado dentro de las actividades en una plataforma petrolera, se desarrollan obras constructivas y de las más relevantes son los sistemas de distribución mediante tuberías para el transporte de hidrocarburos, dichas tuberías son consideradas el alma de la industria petrolera, construidas con acero al carbón principalmente, estos sistemas se logran a través de uniones soldables entre tramos de tuberías hasta formar una red de distribución; en ocasiones dichas uniones presentan agrietamientos lo que provoca la pérdida del fluido y daños al medio ambiente, además de generar condiciones que ponen en peligro al personal; Como continuidad a la fabricación de redes de distribución de tuberías, se deben realizar PND como son las pruebas radiográficas a las juntas soldadas, pero dicha prueba no garantiza el óptimo funcionamiento durante la puesta en operación ya que se pueden presentar problemas de fugas y agrietamientos en el material, basado en lo anterior es

necesario el desarrollo y la aplicación del método denominado prueba de fuga (Capítulo 2) como parte del comisionamiento previo a la puesta en servicio de alguna tubería de proceso, la prueba de fuga consiste básicamente en someter a las tuberías de procesos a una presión determinada en base a la presión de diseño, utilizando agua dulce como fluido de prueba (prueba hidrostática), con lo cual se garantizará que las tuberías tendrán un buen desempeño cuando sean sometidas a las condiciones reales de operación.

En la actualidad las pruebas de fuga se realizan a recipientes herméticos, sistemas herméticos, y componentes al vacío, es decir a todos aquellos equipos que requieran de gran confiabilidad durante su uso. Los lineamientos planteados en esta tesis para resolver este problema no sólo aplica para los sistemas de tuberías, sino también en sus accesorios como son los diferentes tipos de válvulas (válvulas esféricas, check, de compuerta y tipo globo), la utilización de este método se realizará basándonos principalmente en las normas y códigos vigentes como lo son el ASME B 31.3 y API-6D presentados en el Apéndice D, de este trabajo.

Durante la fabricación de la red de tuberías, las actividades de montaje, biselado y la aplicación de soldadura, se generan residuos que si no son eliminados, pueden dañar las partes internas y causar el funcionamiento indebido de las válvulas de control de la instalación petrolera, los residuos más comunes generados durante la construcción de estos sistemas son las escorias de soldadura (partículas afiladas) y salpicadura (cordones pequeños y duros de soldadura). De no tomar en consideración este asunto, las escorias y salpicaduras pueden quedar atrapadas entre las piezas de modulación de tolerancia estricta de una válvula de control, y producir acanaladuras rayadas, las cuales pueden causar falla en un sello, por consiguiente problemas de erosión y pérdida de las guías y vibraciones; los residuos atrapados entre piezas con superficies endurecidas o superpuestas pueden ocasionar la adherencia de los herrajes y pérdida de control. Frecuentemente los daños causados por estos residuos obligan a reemplazar las piezas para restablecer la capacidad de operación de una válvula de control.

Para solucionar este problema se plantea dar a conocer en esta tesis procedimientos de lavado de tuberías con lo cual se asegurará la limpieza de éstas; el primero es el lavado químico utilizando sosa cáustica como medio de limpieza también llamado “pickling” limpieza de metales (capítulo 4), que será utilizado en tuberías fabricadas de acero al carbón; el segundo método es el lavado por medio de aceite como fluido de limpieza, la implementación de este procedimiento se utilizara en un sistema de tuberías el cual tendrá como servicio aceite en alguna turbo maquinaria como puede ser un turbo generador o un turbo compresor, por mencionar alguno.

Para lograr las condiciones óptimas en los sistemas de tuberías antes de la puesta en operación, se plantean métodos que garantizarán una puesta en servicio exitosa, esto se lograra a través de la realización de un barrido de tuberías (capítulo 3), el cual consiste en inyectarle aire a presión en la tubería con el fin de lograr evacuar las partículas sólidas que pudieran encontrarse en el interior de ellas, generalmente este método se realiza después de la prueba de fuga, el otro método es el denominado inertizado (capítulo 5), el cual tiene como objetivo primordial preparar a los sistemas de tuberías que manejarán gas combustible o hidrocarburos, disminuyendo el porcentaje de oxígeno hasta un máximo de 5% con la finalidad de evitar la formación de una mezcla explosiva, utilizando gas inerte generalmente nitrógeno.

En la industria petrolera es de vital importancia contar con elementos que permitan la flexibilidad operativa por lo cual es necesario realizar algún tipo de derivación en el proceso; cuando se tiene una línea viva (en operación) la cual no es factible sacar de operación por afectar la producción nacional, como por ejemplo en un cabezal que transporta aceite; para solucionar esta situación se plantea desarrollar un método denominado Hot-Tapping (Capítulo 6), con el cual se realizará un inserto soldable y una perforación en una tubería viva (en operación), con el cual se tendrá disponible una derivación, este método se desarrollará a fin de cumplir con los requerimientos mínimos para realizar esta actividad de una manera segura y aplicando las normas vigentes como lo es API-2201 “Procedures for Welding or Hot Tapping or Equipment in Service”.

OBJETIVOS

El objetivo de esta tesis:

Desarrollar y validar experimentalmente métodos de comisionamiento en tuberías de proceso y accesorios previo a la puesta en servicio y la aplicación de un Hot tapping en una tubería en servicio.

Objetivos Particulares:

- Proponer una metodología para realizar pruebas de fuga en tuberías de proceso y válvulas.
- Proponer una metodología para realizar un barrido en tuberías de proceso y de servicio.
- Proponer una metodología para realizar una eficaz limpieza en tuberías de servicio de una turbo maquinaria.
- Proponer una metodología para realizar un inertizado previo a la puesta en servicio de una tubería que maneje gas combustible o hidrocarburo como fluido.
- Proponer una metodología para realizar un inserto soldable y una perforación en una tubería de proceso en operación de forma segura.

JUSTIFICACIÓN.

Debido a la constante modernización en las instalaciones petroleras y a la magnitud de la distribución de hidrocarburos extraídos directamente de formaciones geológicas en estado líquido o en estado gaseoso, los hidrocarburos constituyen una actividad económica de primera importancia, pues forman parte de los principales combustibles fósiles (petróleo y gas natural), para lograr la correcta distribución de este es necesario la construcción de redes de tuberías, pero al finalizar este proceso no existe una metodología apropiada de comisionamiento de estos sistemas; nos parece sumamente interesante desarrollar un proyecto donde se involucren las metodologías para el desarrollo de un buen comisionamiento a las tuberías de proceso y sus accesorios previos a su puesta en operación.

Por otra parte tenemos el interés de tratar las normas correspondientes para amparar el desarrollo de metodologías para efectuar dicho comisionamiento, además de dar a conocer la utilización de un procedimiento denominado Hot Tapping, para efectuar un inserto soldable y una perforación sin parar la operación de un sistema de proceso.

De esta forma podemos darnos una idea de cómo se realizan las actividades de comisionamiento en tuberías de proceso en una instalación petrolera, previo a una puesta en servicio.

Capítulo 1. Conceptos Básicos

1.1 TUBERIAS DE TRASPORTE O CONDUCCIÓN

Las tuberías de transporte o conducción son un conjunto de tubos y accesorios por los cuales se conduce y se transporta un fluido desde la zona de extracción hasta la zona de proceso o consumo según sea el caso. Los tubos con los que se construyen estas tuberías se encuentran clasificados de la siguiente manera:

- **Tuberías de Presión.** Estas tuberías se utilizan para conducir fluidos o gases a temperaturas normales, se utilizan para presiones normales o elevadas. Los límites de tamaño son desde un diámetro nominal de 1/8" hasta un diámetro exterior de 36".
- **Tuberías para conductos.-** Este tipo de tuberías es sin costura o soldado, se produce en tamaños desde un diámetro nominal de 1/8" hasta un diámetro de 48". Se emplea principalmente para conducir gas, petróleo agua. La tubería se construye con extremos roscados, biselados.

1.2 PRESIÓN

La presión representa a toda fuerza aplicada sobre determinada área o superficie es decir

$$P = \frac{F}{A} \quad (1.1)$$

Donde: P = Presión

F = Fuerza

A = Área

Las unidades para medir presión más usuales son: Kg/cm², milímetros de mercurio (mmHg), pulgadas de agua (pulg H₂O), lb/pulg² la cual también se representa en algunos casos como: psi, psig, psia, cada una de ellas indican libras sobre pulgada cuadrada. Existen muchas formas para expresar la presión ejercida por un fluido o un sistema. Algunos tipos de presión son los siguientes:

1.2.1 PRESIÓN ATMOSFÉRICA

La atmósfera alrededor de la Tierra, que está compuesta de gases como el oxígeno y el nitrógeno, se extiende muchos kilómetros sobre la superficie, el peso de esta atmósfera sobre la tierra crea la presión atmosférica; con objeto de estandarizar y como una referencia básica para su comparación, la presión atmosférica al nivel del mar ha sido universalmente aceptada y establecida a 1.033 kg/cm^2 (14.7 lb/pulg^2), lo cual es equivalente a la presión causada por una columna de 760 mmHg (29.92 pulg Hg) de alto sobre un centímetro cuadrado de superficie.

En alturas sobre el nivel de mar, la altitud de la capa atmosférica que existe sobre la Tierra es menor y por lo tanto la presión atmosférica disminuye a 525 metros de altura, la presión atmosférica es sólo de 0.86 Kg/cm^2 . La presión atmosférica se mide con barómetros.

1.2.2 PRESIÓN MANOMÉTRICA.

La presión manométrica es toda presión, que se encuentra arriba de la presión atmosférica. En la figura 1.2 se observa la relación entre las presiones manométricas y absoluta.

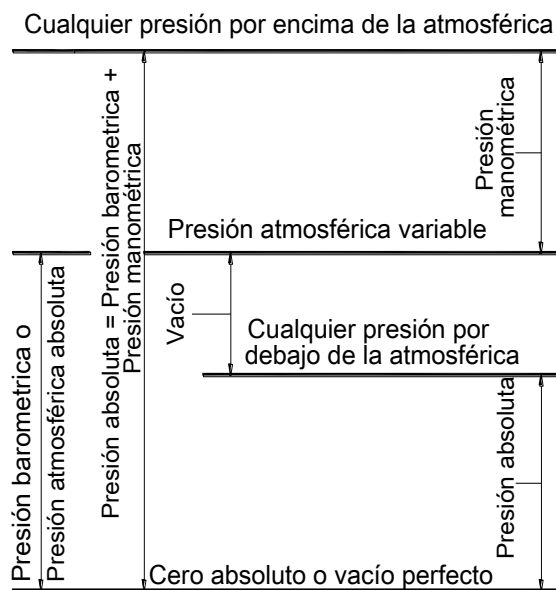


Figura 1.2 Relación entre las presiones manométrica y absoluta

1.2.3 PRESIÓN DE VACÍO

La presión de vacío es toda presión inferior a la presión atmosférica

1.2.4 PRESIÓN ABSOLUTA

Es el resultado de sumar, la presión atmosférica más la manométrica y representa la presión real que se ejerce sobre un determinado cuerpo o sobre un recipiente.

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{man} \quad (1.2)$$

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{vacío} \quad (1.3)$$

Generalmente la presión absoluta se expresa en términos de Kg/cm² (lb/pulg²) y se mide a partir del vacío perfecto en el cual no existe presión. Por lo tanto en el aire a nuestro alrededor, la presión absoluta y la atmosférica son iguales.

1.2.5 PRESIÓN VAPOR

Es la presión que ejerce el vapor de un líquido al momento de desprenderse de la superficie del líquido durante su ebullición. Cuando un líquido se introduce en un recipiente cerrado y aislado térmicamente, las moléculas de dicho líquido se evaporan en el espacio que está por encima y lo llena por completo, pero desde el momento en que el espacio se llena con moléculas de vapor, se produce un flujo inverso al líquido ya que las moléculas del vapor en su movimiento desordenado chocan contra la superficie del líquido y se condensan.

Después de un tiempo se ha alcanzado el equilibrio, el número de moléculas que salen del líquido (vaporizan) es igual a las que entran (condensa). El vapor ejerce una presión igual que un gas y a esta presión se le puede llamar presión de vapor del líquido a la temperatura de operación. La presión de vapor de un líquido aumenta notablemente al elevarse la

temperatura; por ejemplo, la presión de vapor del agua a 50 °C es 92.51 mmHg y a 100 °C la presión de vapor aumenta a un valor de 760 mmHg.

1.2.6 PRESIÓN HIDROSTÁTICA.

La presión hidrostática, es la presión ejercida por una columna de líquido, esta presión depende de la columna de líquido y de su densidad o peso específico, y es igual a la altura de dicho punto, con respecto a la superficie del líquido, multiplicado por el peso del líquido (Pe). Para el agua, en condiciones normales la presión hidrostática (P_{hid.}), es función exclusiva de la altura. En la figura 1.3 se ilustra la presión ejercida sobre un líquido.

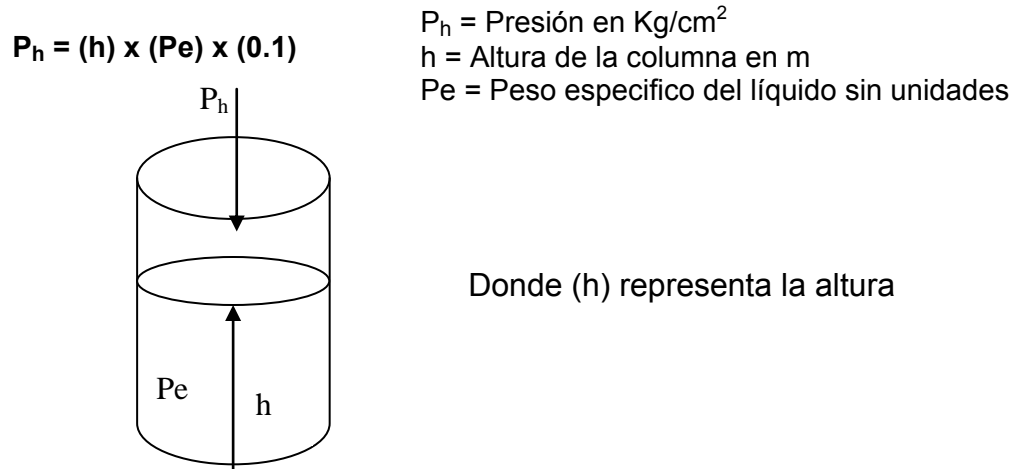


Figura 1.3. Presión ejercida sobre un líquido

1.3 TEMPERATURA

La temperatura es una variable, que nos indica en forma sencilla que tan caliente o frío se encuentra un cuerpo (grado de excitación de la materia), en forma más precisa, la temperatura nos indica, el contenido de energía que contiene un cuerpo. La temperatura es la escala usada para medir la intensidad del calor y es el indicador que determina la dirección en que se moverá la energía de calor, también puede definirse como un nivel de energía calorífica que contienen los cuerpos.

Las unidades más comunes para medir temperatura son los grados centígrados o grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$), y los grados Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$). Ambas escalas tienen dos puntos básicos en común: el punto de congelación y el de ebullición del agua al nivel de mar.

Las escalas de medición pueden compararse tomando como referencia al cero absoluto, el punto de congelación y el de ebullición del agua. En la figura 1.4 se observan la escala de medición de temperaturas.

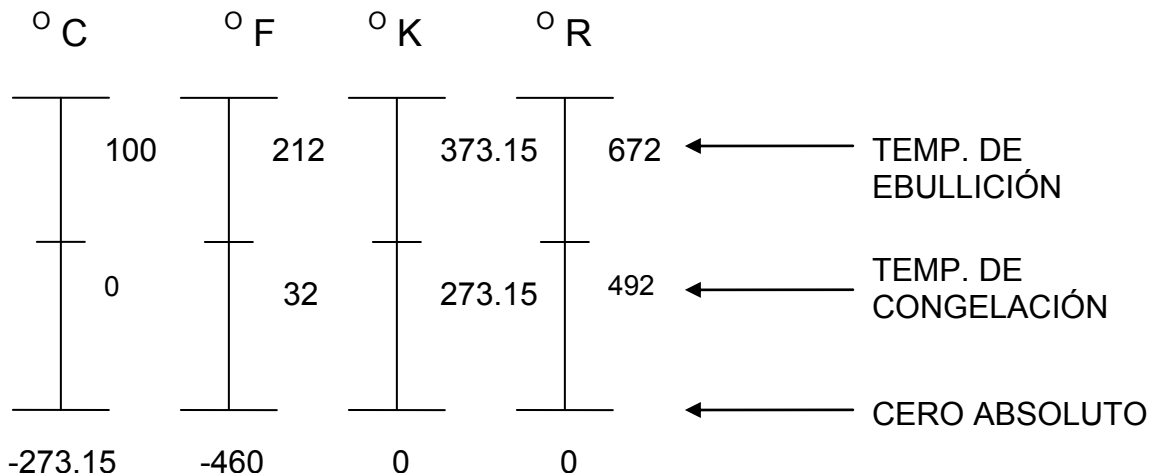


Figura 1.4. Escalas de Temperatura

Para convertir $^{\circ}\text{C}$ a $^{\circ}\text{F}$ o viceversa, se emplean las formulas siguientes:

$$^{\circ}\text{C} = (^{\circ}\text{F} - 32) / 1.8 \quad (1.4)$$

$$^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \cdot 1.8) + 32 \quad (1.5)$$

Así para convertir 212 $^{\circ}\text{F}$ en $^{\circ}\text{C}$, procedemos de la forma siguiente. Empleando la fórmula (1.4).

$$^{\circ}\text{C} = (212 - 32) / 1.8 = 180 / 1.8 = 100 \text{ por lo tanto:}$$

$$212 \text{ }^{\circ}\text{F} = 100 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Procediendo en forma inversa, para convertir 100 $^{\circ}\text{C}$ en $^{\circ}\text{F}$, empleamos la fórmula (1.5)

$$^{\circ}\text{F} = (100 \times 1.8) + 32 = 180 + 32 = 212 \quad \text{por lo tanto}$$
$$100 \text{ }^{\circ}\text{C} = 212 \text{ }^{\circ}\text{F}$$

▪ **ESCALA EN GRADOS KELVIN.**

Es una escala absoluta en la cual el cero corresponde a la temperatura más baja posible en el universo (-272 °C). Usa divisiones en grados centígrados.

$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15 \quad (1.6)$$

$$^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273 - 15 \quad (1.7)$$

▪ **ESCALA EN GRADOS RANKINE.**

Es una escala absoluta en la que el cero corresponde a la temperatura más baja posible (-160 °F). Cada división corresponde a un grado Fahrenheit.

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460 \quad (1.8)$$

$$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{R} - 460 \quad (1.9)$$

Los principales instrumentos para medir temperatura son:

- Termómetro bimetalico.
- Termómetro de vidrio o de mercurio.
- Termómetro de sistema termal lleno.
- Termopar.
- Termistor.

1.4 CALOR

Es una forma de energía que generalmente se manifiesta cambiando la temperatura o el estado físico de la materia; Se llama calor al movimiento de energía que se produce entre dos o más cuerpos a distintas temperaturas. El calor siempre se desplazará del cuerpo más caliente al cuerpo más frío. Como consecuencia de la pérdida de energía ocasionada por el movimiento de calor, el cuerpo a mayor temperatura (más caliente) se enfriará, es decir, bajará su temperatura, por lo mismo en el cuerpo más frío (a menor temperatura) su temperatura se elevará, es decir, se calentará, esto continuará hasta que todos queden con igual temperatura.

La medida de la temperatura no tiene relación con la cantidad de calor. Una llama de un fósforo puede tener la misma temperatura que una hoguera, pero obviamente la cantidad de calor que despide es totalmente diferente. El calor no se ve, ni se pesa, únicamente puede medirse la cantidad de calor que un cuerpo cede o absorbe. Como la temperatura de un cuerpo varía con la cantidad de calor que se aplica, el aumento o disminución de la temperatura sirve para medir la cantidad de calor que ha recibido o cedido un cuerpo.

Las unidades para medir el calor más usual son la caloría (cal), kilocaloría (Kcal) y los BTU (Unidad Térmica Británica), los factores de conversión entre unidades son:

- 1000 cal = 1 Kcal
- 1 BTU = 252 cal

1.4.1 CALOR SENSIBLE Y CALOR LATENTE.

El calor sensible se define como el calor que provoca únicamente un cambio de temperatura en una sustancia, como su nombre lo indica, el calor que puede percibirse por medio de los sentidos, Por ejemplo, el calor aplicado para que el agua eleve su temperatura de 20 °C a 60 °C.

El calor latente es una cantidad de calor que se suministra a una sustancia para que cambie de estado físico sin producir un cambio de temperatura. La palabra latente significa “oculto”, o sea, que este calor requerido para cambiar el estado de una sustancia, no es percibido por los sentidos.

Si al agua que está hirviendo, y como consecuencia está pasando del estado líquido al gaseoso, se le suministra más calor, su temperatura permanece constante, es decir, la energía cinética media de sus moléculas no cambia, ver figura 1.4. Donde se representan los cambios en la materia.

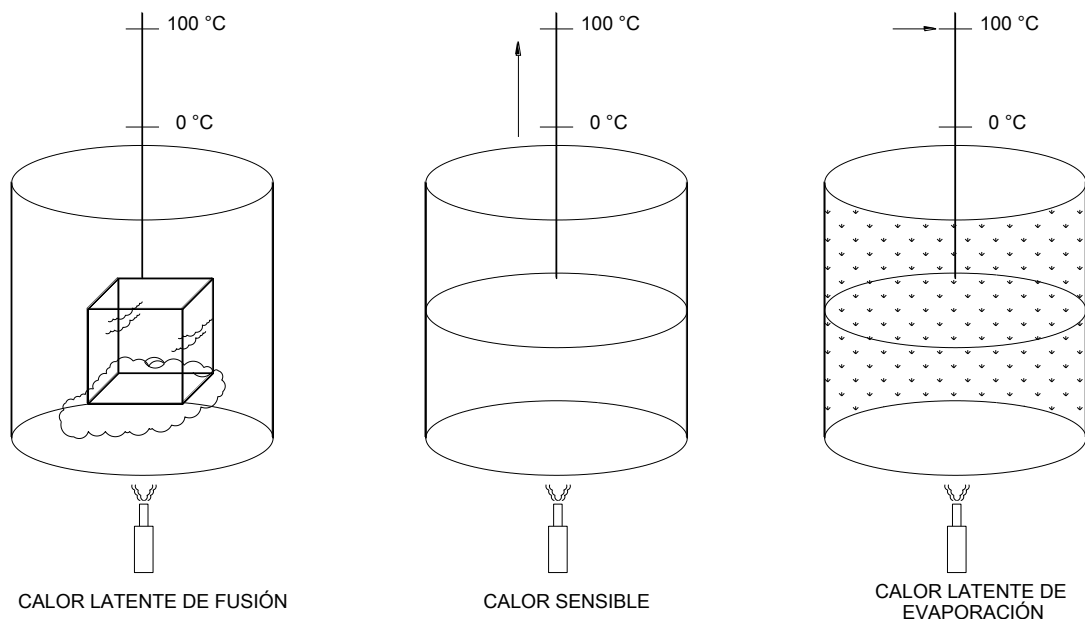


Fig. 1.4 Cambios en la materia (calor latente, sensible y de evaporación)

1.4.2 CAMBIOS EN LA MATERIA

Si tomamos como ejemplo los cambios físicos y de temperatura que sufre el agua al aplicarse energía calorífica, tendríamos las siguientes manifestaciones de cambios de materia observadas en la figura 1.5.

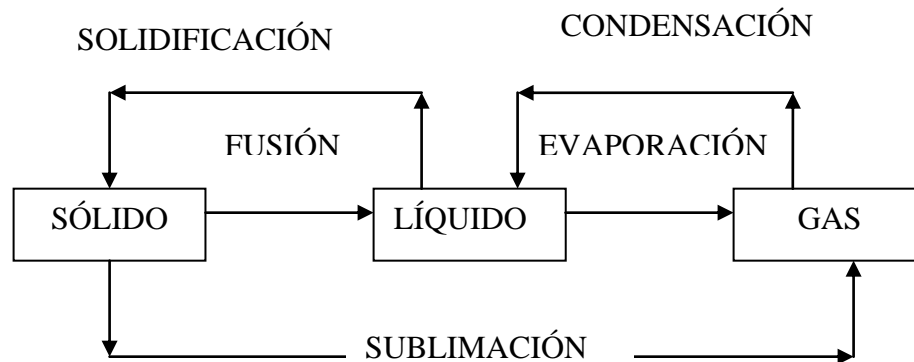


Fig. 1.5 Cambios en la materia (líquido, sólido, gaseoso)

1.5 TRANSFERENCIA DE CALOR

Es la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas, es decir la energía que fluye de los objetos más calientes hacia los más fríos; la transferencia de calor trata de los mecanismos a través de los cuales ocurre el movimiento de calor de un cuerpo a otro. Los mecanismos a través de los cuales se transfiere el calor pueden ser uno o la combinación de cualquiera de los mecanismos siguientes:

En general, el calor se transfiere por tres mecanismos distintos:

- Conducción
- Convección
- Radiación

1.5.1 CONDUCCIÓN

Se entiende como la transferencia de calor que puede ocurrir cuando dos sólidos a distinta temperatura se ponen en contacto, o bien la conducción se puede presentar en un mismo

sólido, cuando en dicho cuerpo existen dos puntos a temperaturas diferentes, como se muestra la conducción en la figura 1.6.

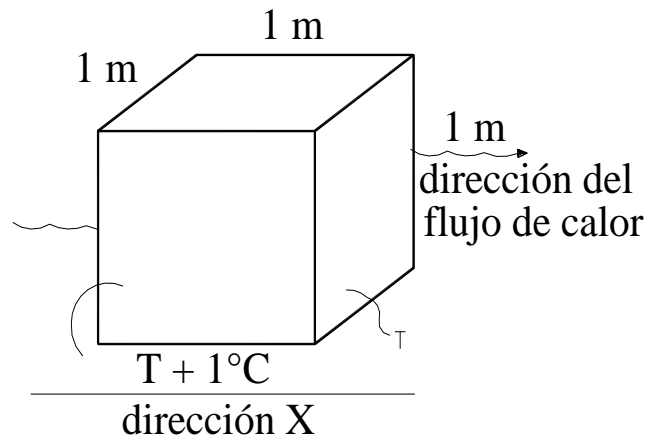


Fig. 1.6 Conducción

Si se calienta un cuerpo, las moléculas que reciben directamente el calor aumentan su vibración y chocan con las que rodean: estas a su vez hacen lo mismo con sus vecinas hasta que todas las moléculas del cuerpo se agitan. Por esta razón, si el extremo de una varilla metálica se calienta en una flama, transcurrirá cierto tiempo para que el calor llegue a su otro extremo.

La conducción se refiere a la transmisión de calor desde la parte más caliente a la más fría de un cuerpo por contacto molecular directo, no por movimientos de masas de materia caliente a la región fría. En estado estacionario el caudal de transmisión de calor depende de la naturaleza del material y de las diferencias de temperatura, y se expresa por la ley de Fourier como:

$$\dot{q}_x = -KA \frac{dT}{dX} \tag{1.10}$$

Donde q_x es el caudal de transmisión de calor en la dirección x (W); A es el área normal a la dirección del flujo de calor (m^2); dT/dx es el gradiente de temperatura en la dirección x (K/m); y k es la conductividad térmica, definida como el calor que atraviesa un cubo del materia en cuestión a 1 m de lado, consecuencia de una diferencia de temperatura de $1^\circ C$ entre las caras opuestas.

El signo menos en esta ecuación significa que el calor circula desde las regiones de temperatura mayor a las de temperatura menor, de acuerdo con la segunda ley de la termodinámica.

1.5.2 CONVECCIÓN

Es la transferencia de calor entre porciones de un fluido (líquido o gas) que existen bajo diferencia de temperatura, es decir, cuando dos o más porciones de un mismo fluido se encuentran a distinta temperatura.

Entre los ejemplos de transferencia de calor por convección pueden citarse el calentamiento del agua en un recipiente, el enfriamiento de una taza de café caliente, etc.

Cuando un fluido caliente se mueve en contacto con una superficie fría, el calor se transfiere hacia la pared a una velocidad que depende de las propiedades del fluido y de si se mueve por convección natural, por flujo laminar, o por flujo turbulento, estas propiedades se aprecian en la figura 1.7. Para tener en cuenta esta forma de transmisión de calor, Prandtl, en 1904, inventó el concepto de una capa límite en la que está localizada toda la resistencia a la transmisión de calor.

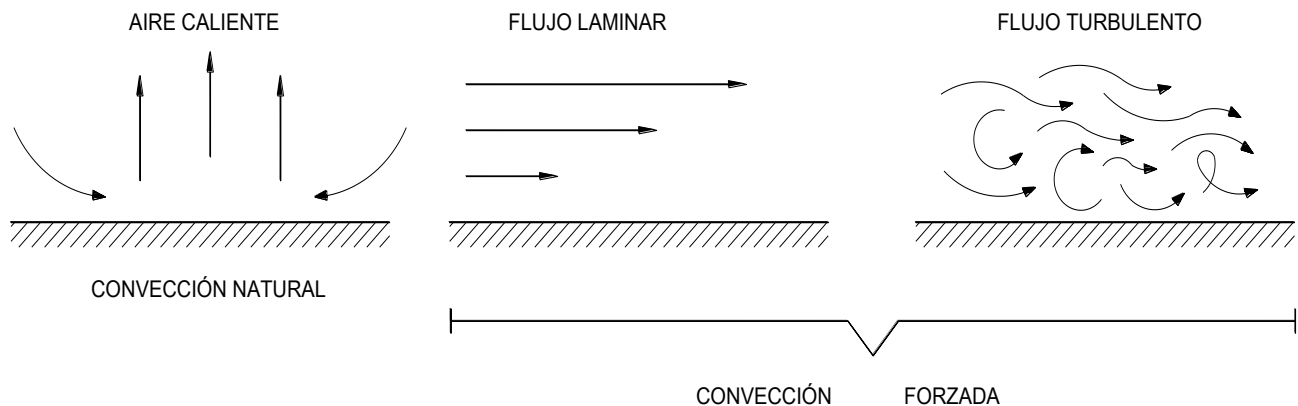


Fig. 1.7 Convección natural, flujo laminar y flujo turbulento

Esta idealización condujo a grandes simplificaciones y fue adoptada entusiastamente por prácticamente todos los investigadores y profesionales. Con esta manera de ver las cosas y considerando un espesor δ de la capa límite, se tiene la ecuación 1.11 y en la figura 1.8 se muestra la capa límite como resistencia de la transmisión de calor.

$$\dot{q} = -kA \frac{T_{fluido} - T_{pared}}{\delta} = -kA \frac{\Delta T}{\delta} \quad (1.11)$$

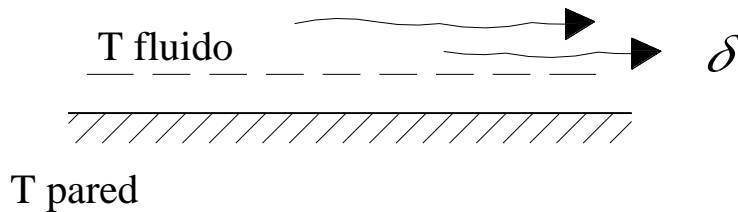


Fig. 1.8 Capa límite

Debido a que δ no puede estimarse independientemente, se le combina con k para dar la ecuación 1.12:

$$\dot{q} = -(k / \delta) A \Delta T = -h A \Delta T \quad (1.12)$$

Donde, por definición

h = coeficiente de transmisión de calor ($W/m^2 K$)

Adviértase que (h) incorpora el espesor de una capa límite idealizado que dará la velocidad real de transmisión de calor. Esta cantidad h es extremadamente útil, puesto que es el coeficiente de velocidad que permite estimar la velocidad de transmisión de calor en cualquier situación particular. Se han medido los valores de h en todo tipo de situaciones, correlacionados con las propiedades del fluido C_p , ρ , μ , k , las condiciones de flujo u y la geometría del sistema d , y resumido compactamente en forma a dimensional. La siguiente muestra de correlaciones se ha tomado de McAdams (1954) o Perry y Chilton (1973).

1.5.3 RADIACIÓN

La radiación difiere de la conducción y la convección en cuanto no requiere de un medio material para la transferencia. La radiación es la transferencia de calor de una fuente de radiación (cuerpo o sustancia a una temperatura muy elevada) a otro cuerpo, en donde una parte del calor es absorbido en el receptor y otra porción es reflejada del mismo.

El mecanismo a través del cual se transfiere el calor por radiación, es a través de ondas de energía, muy semejantes a otras formas de ondas electromagnéticas (por ejemplo, las ondas de luz y las de radio). Cuando lleguen a un cuerpo y no pueden atravesarlo, estas ondas son absorbidas por dicho cuerpo y su energía se transforma en calor.

El ejemplo de radiación más ilustrativo es el transporte del calor del Sol a la Tierra. Otro ejemplo es el calentamiento de fluidos en serpentines, en el interior de un horno de combustión.

1.6 VARIABLES RELACIONADAS CON LA MATERIA

1.6.1 FLUJO.

En la industria se debe tener estricto control sobre la cantidad de materia que se maneja en los procesos: este control se lleva a cabo midiendo los flujos, o sea, la cantidad de materia que pasa por un punto determinado o que procesa en la unidad de tiempo. El movimiento de un fluido es originado por una diferencia de presiones entre dos puntos.

El flujo se puede expresar como:

- Flujo volumétrico = volumen / tiempo
- Flujo másico = masa / tiempo
- Flujo molar = moles / tiempo

El Flujo volumétrico se expresa normalmente en metros cúbicos por día (m³ / día), galones por minuto (GPM), barriles por día (B/D): El Flujo másico en, toneladas por hora (ton/hr), libras por hora (lb/hr): El Flujo molar en libras mol por hora (lb-mol/hr), kilogramos mol por hora (kg-mol/ hr).

Los instrumentos más usuales para medir flujo son:

- Placas de orificio.
- Tuberías de flujo.
- Tubo de ventura.
- Rotámetro.
- Transmisor de flujo.

1.6.2 GRAVEDAD ESPECÍFICA.

En la industria petrolera para expresar la gravedad específica de los hidrocarburos, se utiliza la escala API (American Petroleum Institute) en el cual se asigna arbitrariamente, una gravedad de 10 °API al agua pura. Para los hidrocarburos a medida que su peso específico va disminuyendo, su °API va aumentando de acuerdo con la ecuación 1.13.

$$^{\circ}API = \frac{141.5}{P.esp.60 / 60^{\circ}C} - 131.5 \quad (\text{Ec. 1.13})$$

Ejemplo:

Producto	Peso Específico a 60 / 60 °F	°API
Agua	1.000	10
Crudo Maya	0.921	22
Crudo Istmo	0.857	33.6
Crudo Olmeca	0.828	39.3
Gasolina	0.730	62

1.6.3 VISCOSIDAD

La viscosidad es la propiedad de resistir a cualquier fuerza que tienda a producir un flujo. Esta resistencia al flujo es heterogénea para diferentes líquidos. Por ejemplo, si se deja caer un poco de gasolina en un cristal inclinado, correrá con rapidez pendiente abajo sobre el cristal. Una gota de diesel escurrirá pendiente abajo sobre el cristal, pero no con la misma rapidez. Una gota de aceite pesado no correrá, sino que se deslizará lentamente hacia abajo en el cristal.

Un material como el asfalto apenas se deslizará. Esta resistencia al movimiento se llama viscosidad. Puesto que la viscosidad hace que un fluido resista al escurrimiento, afecta el rendimiento de bombas, y a la pérdida de presión (ΔP) al bombear a través de una tubería.

La viscosidad es importante porque además de afectar el rendimiento del equipo, muchos productos deben satisfacer especificaciones de “viscosidad“, para asegurar la operación adecuada de las máquinas

1.6.4 FLUJO LAMINAR Y FLUJO TURBULENTO

En el movimiento de los fluidos hay dos tipos de flujo: El flujo laminar es cuando el flujo corre en capas tersas, sin que éstas se mezclen; es decir, como lo indica su nombre, el flujo se hace en líneas rectas e ininterrumpidas. El flujo turbulento es cuando no hay líneas continuas, y el flujo se mezcla continuamente. Toda la masa fluirá en una serie de remolinos y vueltas resultando una corriente turbulenta llena de remolinos. La figura 1.9 indica los dos tipos de flujos.

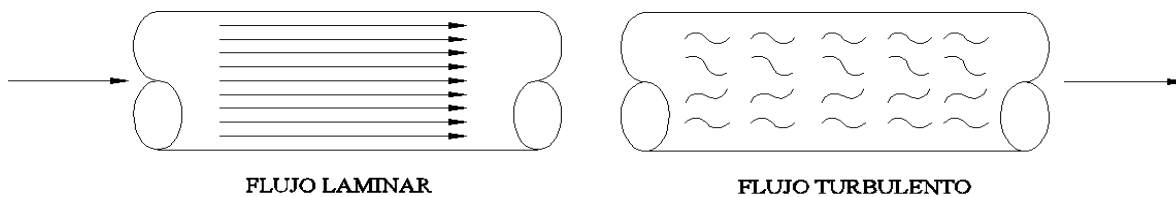


Fig. 1.9 En el flujo laminar, a la izquierda, el flujo se mueve en capas tersas
En el flujo turbulento, el fluido se mezcla continuamente.

En la figura 1.9 se observa, un tubo con flujo laminar o un flujo turbulento, depende de la velocidad de la corriente. La aplicación práctica de los efectos de los flujos laminar o turbulento no son en general de importancia para el personal dedicado al proceso. Sin embargo, es principio básico del flujo que se aplica en el diseño de tuberías.

Tanto para el calentamiento como el enfriamiento de la mayor parte de fluidos normales ($Pr = 0.7 \text{ -- } 700$) en flujo completamente turbulento $Re > 10\,000$, AT moderado y con las propiedades medidas en las condiciones del seno del fluido.

NÚMERO DE PRANDTL

$$Pr = \frac{C_p \mu}{k} \quad (1.14)$$

= (transmisión molecular de cantidad de movimiento) / (transferencia molecular del calor)

= (disipación viscosa de energía) / (conducción del calor)

= 0.66-0.75 para aire, A, CO₂, CH₄, CO, H₂, He, N₂ y otros gases comunes

≅ 1.06 para vapor de agua

= 10-1000 para la mayoría de líquidos

= 0.006-0.03 para la mayoría de metales líquidos.

NÚMERO DE REYNOLDS

$$Re = \frac{du\rho}{\mu} = \text{viscosidad de inercia} / \text{fuerza viscosa} \quad (1.15)$$

1.6.5 VELOCIDAD DE UN FLUIDO A TRAVÉS DE UN DUCTO.

La velocidad de un fluido a través de una tubería o ducto, está determinada por el gasto o flujo volumétrico que circula por el ducto y el área de la sección trasversal del mismo, la sección transversal de un tubo se observa en la figura 1.10.



Fig. 1.10 Sección transversal en un tubo

La velocidad se determina mediante la ecuación 1.16:

$$V = \frac{Q}{A} \quad (1.16)$$

v = Velocidad del fluido en la tubería.

Q= Flujo volumétrico o gasto del fluido.

A = Área de la sección transversal de la tubería.

El área de la sección transversal de un tubo se puede sacar de la siguiente manera:

$$A = 0.785398 \times D^2$$

A = Área de la sección transversal del tubo

D= Diámetro interno del tubo

En los procesos de refinación es más frecuente medir el flujo Bls/día y expresar el diámetro de las tuberías en pulgadas. Si tomamos en cuenta estos aspectos y sustituimos la fórmula del área en la fórmula que se utiliza para sacar la velocidad, podemos tener una expresión para calcular esta variable en función del flujo o gasto y del diámetro interno de la tubería de acuerdo a la ecuación 1.15:

$$V = \frac{Q}{D^2} \times 0.21791 \quad (1.15)$$

v = velocidad del fluido en m/min.

Q = Flujo volumétrico en lb/día.

D = Diámetro interno de la tubería en pulgadas.

0.21791 = Factor global de conversión a unidades.

1.7 VÁLVULAS

Las válvulas son una de las partes básicas en la industria petrolera. El tipo de válvula depende de la función que debe efectuar, sea de cierre (bloqueo), estrangulamiento o para impedirle flujo inverso. A continuación mencionaremos algunos tipos así como sus principales características.

Tipos de válvulas:

- Válvulas de cierre, que también se llaman válvulas de bloqueo.
- Válvulas de retención

Tipo de servicio.

- Líquidos
- Gases
- Líquidos con gases
- Líquidos con sólidos
- Gases con sólidos
- Vapores generados instantáneamente por la reducción en la presión del sistema.
- Con corrosión o sin corrosión
- Con erosión o sin erosión

Una vez determinada la función y el tipo de servicio se puede seleccionar el tipo de válvula para la construcción. Las características y los usos más comunes de los diversos tipos de

válvulas para servicio de bloqueo o de cierre se pueden observar en el Apéndice F de esta tesis.

1.8 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

La investigación “es un proceso formal, sistemático e intensivo en el cual se aplica el método científico de análisis”.

Básicamente existen dos métodos de investigación.

- Investigación cuantitativa
- Investigación cualitativa

Investigación cuantitativa.- Este tipo de investigación recoge información empírica de las cosas o aspectos que se pueden contar, pesar o medir, es objetiva y que por su naturaleza siempre arroja números como resultado.

Investigación cualitativa.- Este tipo de investigación recoge información de carácter subjetivo, es decir, que no se percibe por los sentidos, como el cariño, la afición, los valores, aspectos culturales, etc. Por lo que sus resultados siempre se traducen en apreciaciones conceptuales (en ideas o conceptos) pero de la más alta precisión o fidelidad posible con la realidad investigada.

1.9 GASES

Es de vital importancia conocer los antecedentes de éste concepto ya que en el capítulo 4 inertizado será relevante para la realización de éste método, es decir que antes de poner en operación un sistema de tuberías que tendrá como servicio principal el manejo de gas combustible, estas tendrán que someterse a un inertizado el cual consiste en reducir el oxígeno contenido en el interior de las tuberías mediante el suministro de gas inerte

(nitrógeno) con la finalidad de evitar la combinación de gases combustibles con oxígeno que pudiera provocar con ello una reacción explosiva.

Un gas es una sustancia que normalmente está en estado gaseoso a temperaturas y presiones normales. Los gases ejercen presión sobre cualquier superficie con la que entren en contacto debido a que las moléculas gaseosas están en constante movimiento. Los humanos nos hemos adaptado fisiológicamente tan bien a la presión del aire que nos rodea que prácticamente no nos percatamos de su existencia, quizá como los peces son inconscientes de la presión del agua sobre ellos.

1.10 LEY DE LOS GASES IDEALES

Los gases son bastante compresibles en comparación con los líquidos, donde los cambios en la densidad del gas están relacionados directamente con los cambios en la presión y la temperatura por medio de la ecuación 1.7.

$$PV = mRT \quad (1.16)$$

Donde P es la presión absoluta, V el volumen, m es la masa, T es la temperatura absoluta y R es la constante universal del gas, la ecuación anterior se denomina ley de los gases ideales o perfectos, o bien ecuación de estado para un gas en condiciones normales cuando los gases no tienden a la licuefacción. La presión en la ley de los gases ideales se debe expresar como una presión absoluta, lo que significa que se mide con respecto a la presión cero absoluta (presión que sólo ocurriría en el vacío perfecto). Por acuerdo internacional, la presión atmosférica normal a nivel del mar es de 14.696 lb/plg² (abs) o 101.33kPa (abs), así la presión absoluta se puede obtener a partir de la presión manométrica sumándole el valor de la presión atmosférica. Por ejemplo una presión de 30 lb/pulg² (man) en un neumático es igual a 44.7 lb/pulg² (abs) a presión atmosférica normal.

Capitulo 2 Prueba de Fuga

2.1 PRUEBAS DE FUGA EN VÁLVULAS

Introducción

Como muchos otros ensayos no destructivos, la prueba de fuga tiene un gran impacto en la seguridad y funcionamiento de un producto, la cual se utiliza para la detección de fluidos que entran o salen de recipientes presurizados o al vacío.

La realización de esta prueba en forma adecuada, disminuye los costos por la reducción de un gran número de productos reprocesados, reparaciones en garantía y demandas por responsabilidades. Además esta prueba asegura la confiabilidad de los sistemas de ingeniería, donde las pérdidas de material pueden ser causa potencial de fallas prematuras, peligros para el personal operativo y el público en general, explosiones o desastres.

Esta metodología puede ser aplicada a dispositivos pequeños, tales como recipientes sellados herméticamente con volúmenes menores a un centímetro cúbico, o en sistemas grandes como pueden ser reactores nucleares, tanques de almacenamiento de petróleo y líneas con volúmenes que excedan los 1000,000 metros cúbicos. Su importancia se ha incrementado, debido a las garantías y al elevado valor de los productos fabricados, y por el aumento de la sensibilidad a contaminantes externos en los componentes; Adicionalmente, la preocupación por el medio ambiente ha ocasionado un mayor énfasis en el empleo de la prueba de fuga y su comportamiento.

ALCANCE

El siguiente procedimiento tiene como finalidad describir en forma clara las actividades para efectuar pruebas de fuga en válvulas que requieran ser probadas en campo y que serán instaladas en sistemas de tuberías y/o equipos; aplica para válvulas de compuerta, globo, esféricas, retención (check, tipo columpio y dúo check), mariposa, en los diferentes diámetros, clases y materiales; así como para las válvulas de extremos roscados, soldables y bridados.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- API SPEC 6D (Pipeline Valves). - Especificación para válvulas tipo compuerta, bola, globo y válvulas check en líneas de conducción.
- ANSI/ASME B 16.34 (Valves, Flanged, Threaded and Welding End). - Estándar para válvulas roscadas, soldadas y bridadas.
- API-598 (Valve Inspection and Testing). - Inspección y prueba de válvulas.

GENERALIDADES

Las siguientes técnicas pueden ser utilizadas como medio específico para determinar proporciones de goteo o pérdida como son: cambios de presión, mantenimiento de la presión, pérdidas de vacío en un área, cambio en el límite máximo de carga en unidades de presión por unidad de tiempo, porcentaje de volumen, o cambios de masa por unidad de tiempo.

Cada una de las pruebas debe ser realizada por cualquiera de los 2 procedimientos por presión o fluido, en componentes. Para la aceptabilidad de la prueba de fuga se deberá contar con un formato donde se indique el tiempo de prueba, así como las características de la válvula a probar, y una la grafica de prueba.

FLUIDO DE PRUEBA

- Se utilizara agua dulce, pudiéndose utilizar agua de mar siempre y cuando se utilice un inhibidor de corrosión.

EQUIPO DE PRUEBAS

- Instrumentos Medidores de Presión

Podrán ser utilizados en pruebas por cambios de presión manómetros o reguladores de presión. Cuando se requiere de una exactitud mayor se podrán usar manómetros de tubo bourdón o manómetros patrón con un medio líquido en su interior.

Los manómetros utilizados deberán ser compatibles con los criterios de aceptación en exactitud, resolución y repetitividad. Todos los indicadores de carátulas (manómetro) y registradores de presión que serán utilizados durante las pruebas deberán contar con un rango graduado más o menos el doble del rango de presión máxima que se intente probar.

INSTRUMENTOS MEDIDORES DE TEMPERATURA

Se podrán utilizar instrumentos medidores de temperatura de tipo seco, o bimetálico y deben ser compatibles con los criterios de aceptación en exactitud, resolución y repetitividad durante la prueba de fuga.

FRECUENCIA DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y PRUEBA

Instrumentos Medidores de Presión

Todos los indicadores de carátula y registradores de presión tipo manómetro o bourdon, deben ser calibrados contra un probador del tipo balanza de pesos muertos o manómetro patrón con calibración vigente y se recalibraran por lo menos una vez al año, dependiendo de su uso o al menos que sea especificado por la sección del código de referencia o un apéndice mandatorio. El instrumento quedara calibrado cuando proporcione resultados dentro de la exactitud, listas por el fabricante y podrán ser recalibrados en cualquier momento o siempre que existe razón de error.

Instrumentos medidores de temperatura.

Todos los instrumentos medidores de temperatura y registradores, del tipo bulbo seco, o bimetálicos deben ser verificados y recalibrados contra un patrón calibrado y registrado.

FASE DE VERIFICACIÓN.

Preparación de la superficie del elemento a probar

La superficie o el área del elemento sometido a prueba debe estar libre de aceite, grasa, pintura u otro contaminante que pueda encubrir una fuga o goteo, si se utilizan líquidos para limpiar el componente o área antes de una prueba hidrostática o hidroneumática el componente o sistema debe estar seco durante la prueba.

- Interiores.- Limpieza basada en productos químicos desengrasantes principalmente para aquellas válvulas que tienen periodos considerables de almacenamiento.
- Exteriores.- Limpieza basada con agua limpia o desengrasante, si se encuentra con residuos de grasa u otra impureza
- Verificar el correcto cierre-apertura, desplazamiento, carrera de la transmisión, (para válvulas operadas por el volante directo o transmisión operada con engranes)

El montaje de bridas para pruebas de cuerpo debe cubrir los siguientes pasos:

- Verificación de áreas de sello bridas API- Std 598.
- Fabricación e instalación de juntas semi-metálicas y no metálicas (asbestos) API- Std 598.
- Aplicación de torques en espárragos, apriete en cruz y en sentido de las manecillas del reloj.
- Apertura total, 1 1/2 vueltas retroceso sin fin y/o media pausa. (durante la prueba)
- Cierre total de líneas suministros y venteo.
- Una vez preparada la válvula y habiendo reunido los accesorios y la herramienta indispensables así como un nivel de limpieza y aceptable, se procederá a iniciar la prueba. (Véase plano PH-VALVULA-001).

APLICACIÓN DE LA CARGA

La inyección de agua dulce se realizará por medio de la brida o acondicionamiento de prueba y con barreno de prensa-estopas o drenaje a la atmósfera y prueba con fluido estático para verificación ocular en condiciones propias de presión y temperatura.

Una vez llenado será homogeneizado el fluido (máximo 3% aire) y se procederá aplicar carga, en esos momentos correrá el tiempo de prueba estipulado en norma de referencia. [1]

Cuando la válvula este completamente cerrada y se haya retrocedido 1 ½ vueltas al sinfín de apertura o cierre.

- Depresión lado opuesto
- Aplicar carga sistemática según especificación
- Toma de tiempo según especificación

Los instrumentos de medición, que se utilizaran serán de un rango según las presiones de prueba para que las lecturas sean más exactas.

Para el asiento trasero o contracorriente se procederá de la siguiente manera:

- Depresión del medio prueba anterior
- Desmontaje de la brida prueba anterior
- Inyección de flujo de recuperación lado por probador.
- Cierre total de líneas, suministro y venteo.
- Homogeneizar fluido de prueba en el medio por probar.
- Aplicación de carga sistemática según especificación.
- Toma de tiempo según especificación.

Se procede a de presionar y purgar las válvulas, desmontar accesorios de prueba (bridas), realizar limpieza interna con aire comprimido, identificar la válvula, con una placa o grabando

un código de control propio del supervisor de construcción en un lugar estratégico, visible el cual será asentada en el formato de pruebas correspondiente.

Las válvulas de control deberán permanecer totalmente abiertas con protección de caras de bridas y cuerpo según el tiempo de almacenaje. En válvulas de corte o bloqueo el elemento Interno es prácticamente móvil por lo que tendrá que fijar para su protección y permanecerá invariablemente en pasivo (cerrado). Para la protección de internos contra la corrosión y daños físicos se aplicará grasa lubricante en el área de sellos se debe llenar los espacios con materiales plásticos (unicel, papel, poliuretano, etc.) Se deberá fijar el volante o mecanismo de operación y color tapas en los extremos evitando contacto con el medio ambiente.

VERIFICACIÓN OCULAR E INSTRUMENTAL

La verificación ocular tendrá lugar en el sello, uniones, partes semi-móviles y todo el cuerpo el cual no deberá presentar deformación, ni fugas; las cuales por pequeñas que sean, deben ser visualizadas si el instrumento medidor registra caídas de presión, en cuyo caso tales fugas se deberán localizar y corregir procediendo a aplicar el código o norma especificada: durante el tiempo requerido por la especificación correspondiente.

DESARROLLO DE LA PRUEBA

Prueba del Cuerpo

Se montaran las bridas con un barreno de $\frac{1}{2}''\emptyset$ o $\frac{3}{4}''\emptyset$ según sean los accesorios, donde será la inyección de agua, ya instalados los empaques, bridas y espárragos, se apretaran en secuencia de cruz. Posteriormente se llenara la válvula de agua libre de sólidos, purgando para su llenado total, la cual estará parcialmente abierta de su totalidad para ser llenado completamente su cuerpo.

Se presurizara y se sostendrá la presión de prueba el tiempo indicado en la sección del código de referencia para válvulas parcialmente abiertas.

La inspección visual será en sellos, asientos, uniones, partes móviles, semi-móviles y todo el cuerpo de la válvula, en caso de caídas de presión por fugas será verificada y reparada si así lo requiere de acuerdo a la especificación de la válvula y se realizara el mismo procedimiento de prueba hasta que la válvula cumpla con los requerimientos del código o su rechazo total.^[6]

Prueba de sello

Sello “A”

Una vez realizada la prueba del cuerpo se cerrara completamente la válvula y se retirara la brida ciega para poder observar el lado contrario de la cara sello “B”.

El rango de presión y el tiempo de sostenido de esta se realizara de acuerdo a la sección del código de referencia. Una vez aplicada la presión de la prueba se observara mediante una inspección visual el lado opuesto sello “B” cualquier fuga y también mediante los instrumentos de medición y prueba, cualquier caída de presión que pudiera registrarse durante la prueba.

En caso de presentar fugas o caídas de presión durante la prueba hidrostática se verificara y se reparara si así lo requiere de acuerdo a la especificación de la válvula y al código de referencia aplicado. Para válvulas de retención del tipo oblea (check o Dúo check) el sello será probado en contra flujo o a 1.5 veces la presión de operación de la línea esto es con la finalidad de no dañar el mecanismo de la válvula.

Sello “B”

La prueba del sello “B” se realizara de la misma manera que lo especificado en el sello “A” y aplica solo para válvulas que requieran la prueba de los dos sellos.

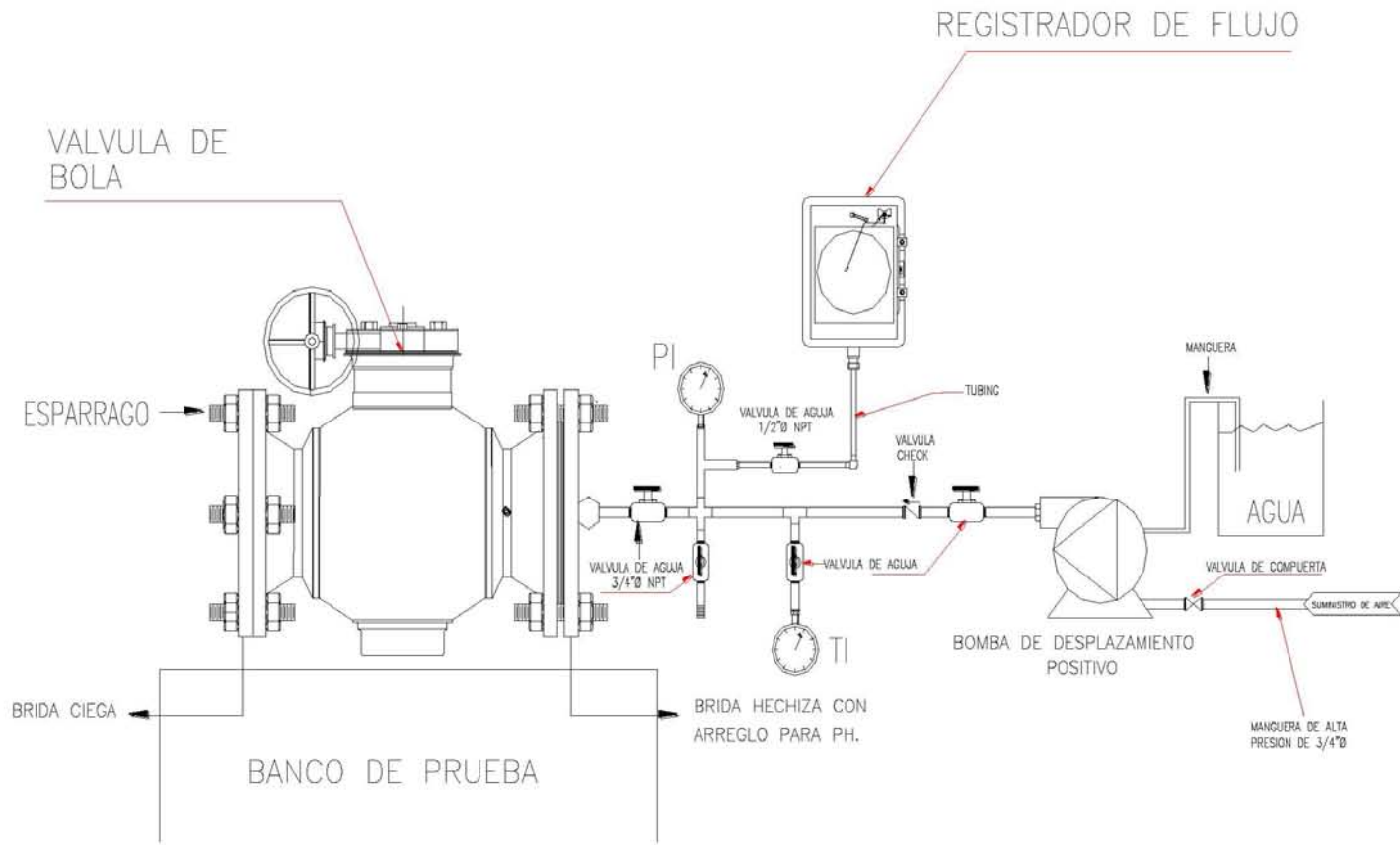
Al finalizar la prueba se procederá a de presionar y desmontar las bridas y accesorios que se utilizaron durante la prueba. Y se deberá limpiar en el interior de la válvula para su secado total; se aplicara grasa lubricante a sus sellos para protegerlos de la corrosión interna cubriendo con tapas a los extremos.

Se deberá registrar estas actividades en un formato (Registro de prueba de fuga a válvula), dicho registro deberá indicar los tiempos y presiones en los que se realizaron las pruebas según su clase de acuerdo al código de referencia aplicable.

Materiales necesarios para realizar la prueba

- Registrador de flujo
- Bourdon (el rango depende de la presión de prueba)
- Indicador de presión (PI)
- Indicador de temperatura (TI)
- Válvula a probar
- Bomba de desplazamiento positivo
- Válvula check $\frac{3}{4}$ "Ø
- Brida hechiza con arreglo para prueba hidrostática
- Tubería galvanizada de $\frac{3}{4}$ "Ø
- Brida ciega
- Espárragos (el tamaño y la cantidad depende del tamaño de la válvula)
- Manguera para altas presiones
- Válvulas de aguja $\frac{3}{4}$ "Ø, $\frac{1}{2}$ "Ø
- Tubing de $\frac{1}{2}$ "Ø
- Teflón
- Juego de tuerca hexagonal de $\frac{1}{2}$ "Ø, barril, férula y conector NPT
- Agua

ARREGLO ESQUEMATICO PARA PRUEBA HIDROSTATICA A VALVULA



FESC

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

DIBUJO : L.O.R.
 REVISO : L.O.R.
 COORD: V.H.M.

PRUEBA HIDROSTATICA EN VALVULA

FECHA: NOVIEMBRE 09
 CUAUTITLÁN, MEX.

DIB. No. PH-VALVULA-001
 HOJA 1 DE 1

REV. 0



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

CERTIFICADO DE
PRUEBA DE FUGA
DE VÁLVULAS

TESIS: "COMISIONAMIENTO DE TUBERIAS DE PROCESO PREVIO A LA PUESTA EN SERVICIO Y REALIZACIÓN DE HOT TAPPING"

CONTRATO: _____

PROYECTO: _____ TESIS

FOLIO: _____

FECHA: _____

TIPO DE VÁLVULA: _____ DUO CHECK

MARCA: _____ VELAN

CLASE/EXTREMOS: _____ 600# /PLANOS

DIÁMETRO: _____ 20"Ø

SERIE: _____ 620280 (HT-JU433A02)

CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN: _____ P.O. 494403

	PRESIÓN PRUEBA REQUERIDA (PSI)	PRESIÓN DE PRUEBA (PSI)	TIEMPO DE PRUEBA	FECHA DE PRUEBA	RESULTADO
PRUEBA DE CASCO:	2225.0	2265.0	120 SEGUNDOS	28-Ago-09	ACEPTADO
PRUEBA DE SELLO A:	1628.0	1666.7	60 SEGUNDOS	28-Ago-09	ACEPTADO
PRUEBA DE SELLO B:	N/A				

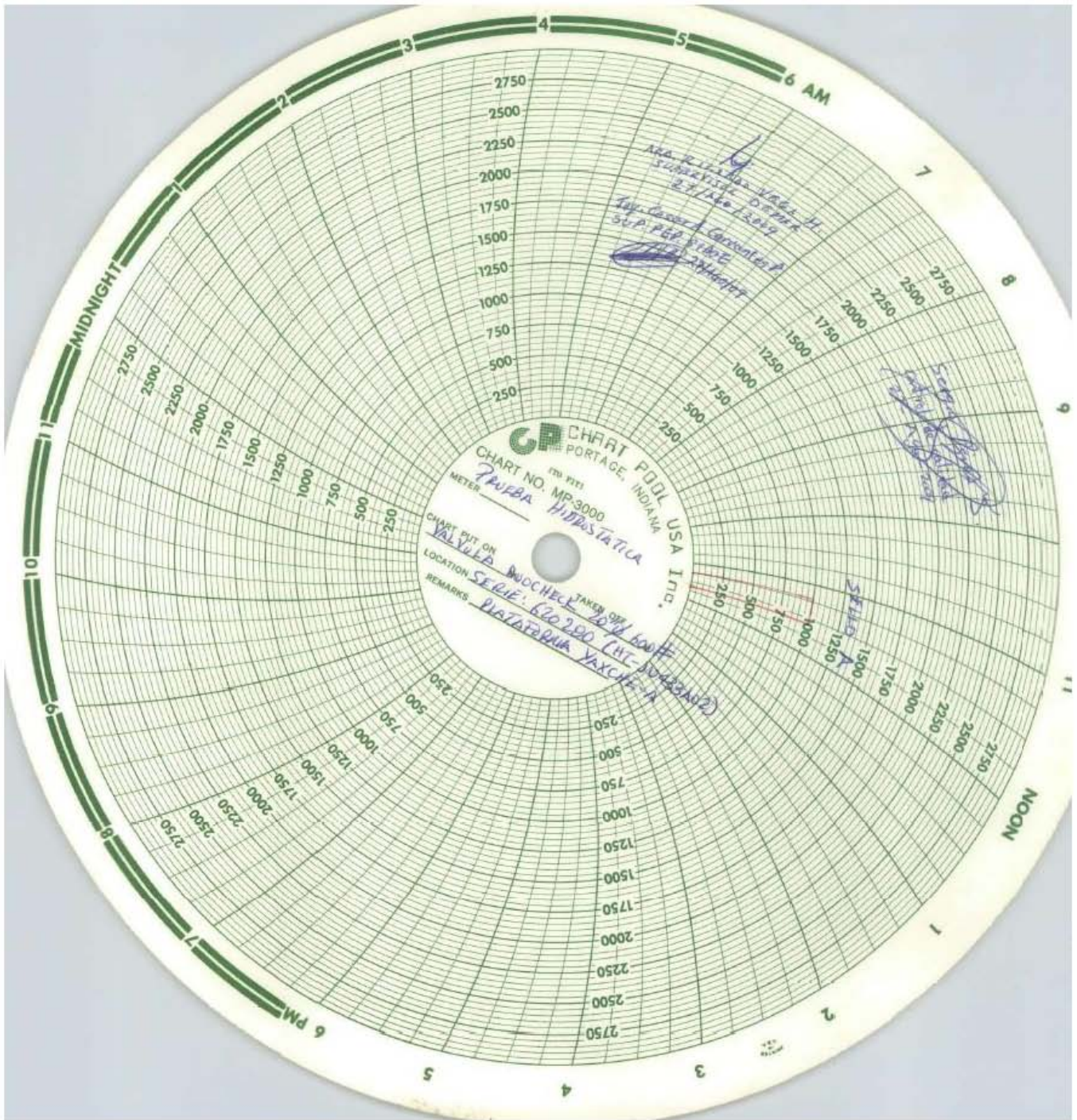
OBSERVACIONES/PRUEBA: MANOGRAFO DE 0 A 5000 PSI, MCA. ITT BARTON, No. SERIE: D811, CERTIFICADO:
DC-4598 0406/09, FECHA DE CALIBRACIÓN: 04-JUN-09, MANÓMETRO DE 0 A
5000 PSI, MCA. E.T.S.A, No. SERIE: S/N, CERTIFICADO: DC-4597 0406/09, FECHA DE
CALIBRACIÓN: 04-JUN-09. MANOGRAFO PROGRAMADO A 95 MINUTOS.

DE ACUERDO A LA NORMA: API 6D/ ASME B 16.34/ API598

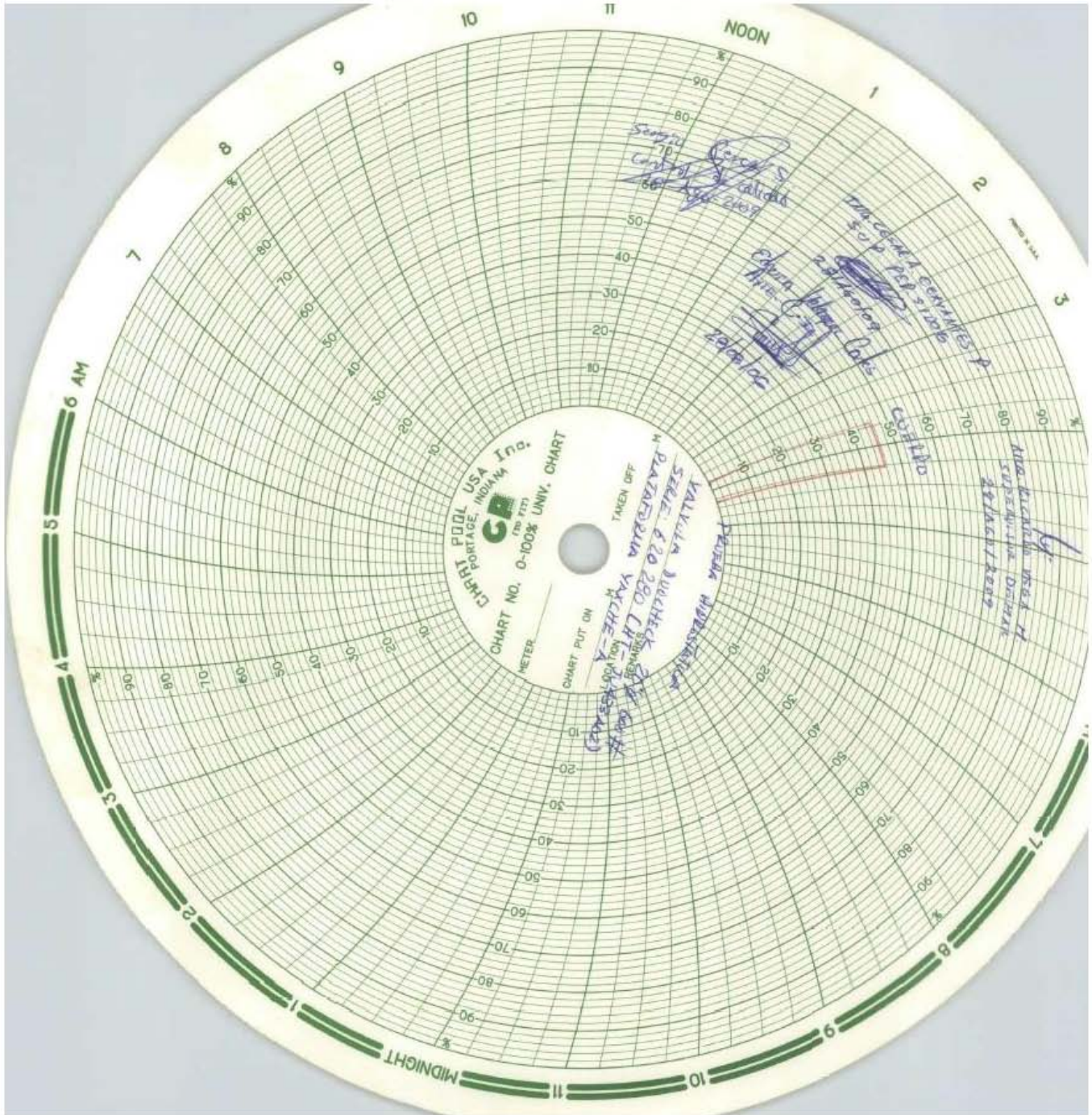
CONSTRUCCIÓN

CONTROL DE CALIDAD

Registró de válvula Duocheck



Grafica de prueba de fuga en sello "A" de Válvula Duocheck



Grafica de prueba de fuga en cuerpo de Válvula Duocheck



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**CERTIFICADO DE
PRUEBA DE FUGA
DE VÁLVULAS**

TESIS: "COMISIONAMIENTO DE TUBERIAS DE PROCESO PREVIO A LA PUESTA EN SERVICIO Y REALIZACIÓN DE HOT TAPPING"

CONTRATO: _____

PROYECTO: _____ **TESIS** _____

FOLIO: _____

FECHA: _____

TIPO DE VÁLVULA: _____ **BOLA** _____

MARCA: _____ **CAMERON** _____

CLASE/EXTREMOS: _____ **600# / BRIDADOS** _____

DIÁMETRO: _____ **20"Ø** _____

SERIE: _____ **111491418-2** _____

CERTIFICADOS DE FABRICACIÓN: _____

	PRESIÓN PRUEBA REQUERIDA (PSI)	PRESIÓN DE PRUEBA (PSI)	TIEMPO DE PRUEBA	FECHA DE PRUEBA	RESULTADO
PRUEBA DE CASCO:	2225.0	2257.9	30 MINUTOS	14-Sep-09	ACEPTADO
PRUEBA DE SELLO A:	1628.0	1653.1	5 MINUTOS	14-Sep-09	ACEPTADO
PRUEBA DE SELLO B:	1628.0	1682.0	5 MINUTOS	15-Sep-09	ACEPTADO

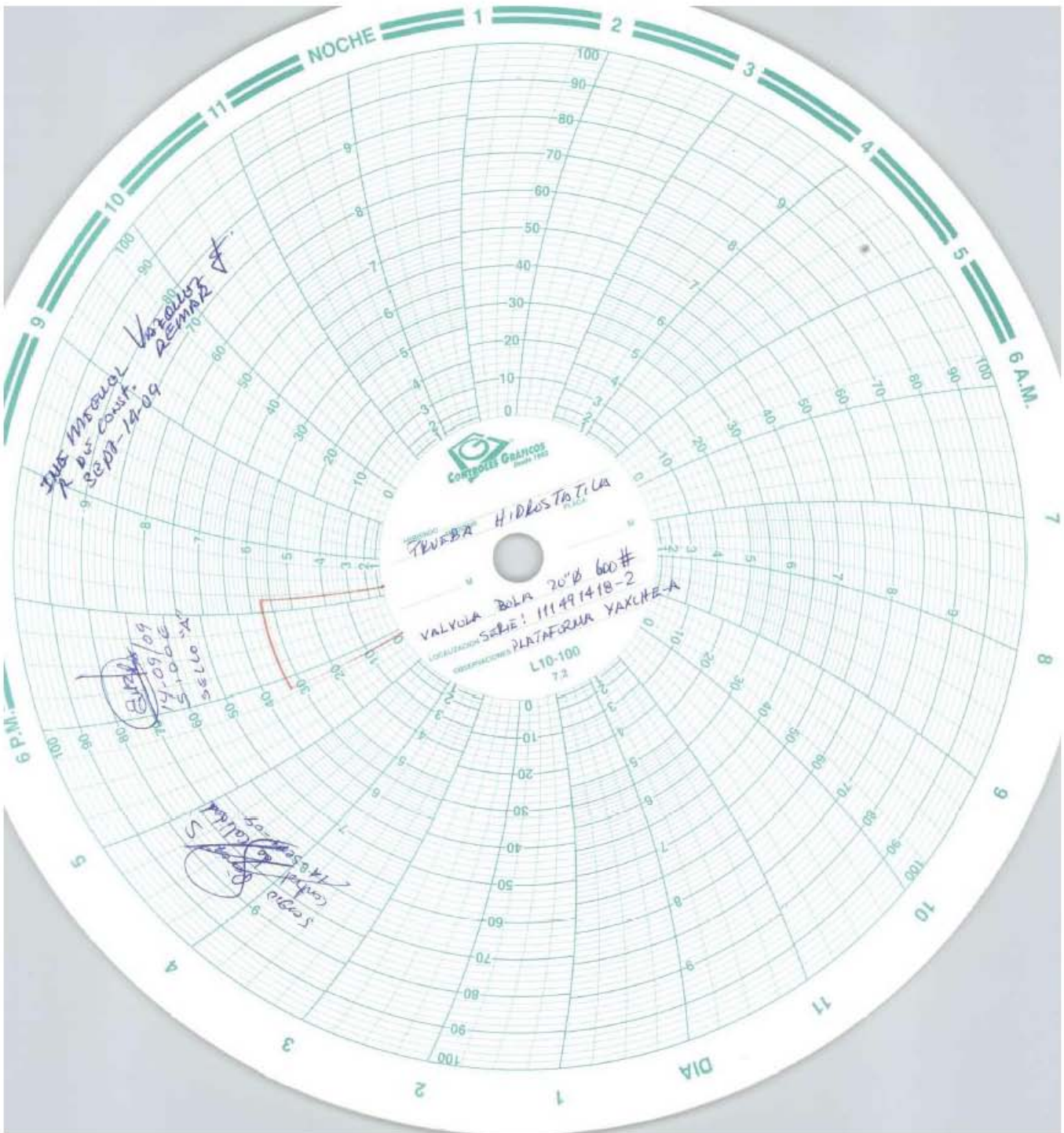
OBSERVACIONES/PRUEBA: MANOGRAFO DE 0 A 5000 PSI, MCA. ITT BARTON, No. SERIE: D811, CERTIFICADO:
DC-4598 0406/09, FECHA DE CALIBRACIÓN: 04-JUN-09, MANÓMETRO DE 0 A
5000 PSI, MCA. E.T.S.A, No. SERIE: S/N, CERTIFICADO: DC-4597 0406/09, FECHA DE
CALIBRACIÓN: 04-JUN-09. MANOGRAFO PROGRAMADO A 95 MINUTOS.

DE ACUERDO A LA NORMA: API 6D/ ASME B 16.34

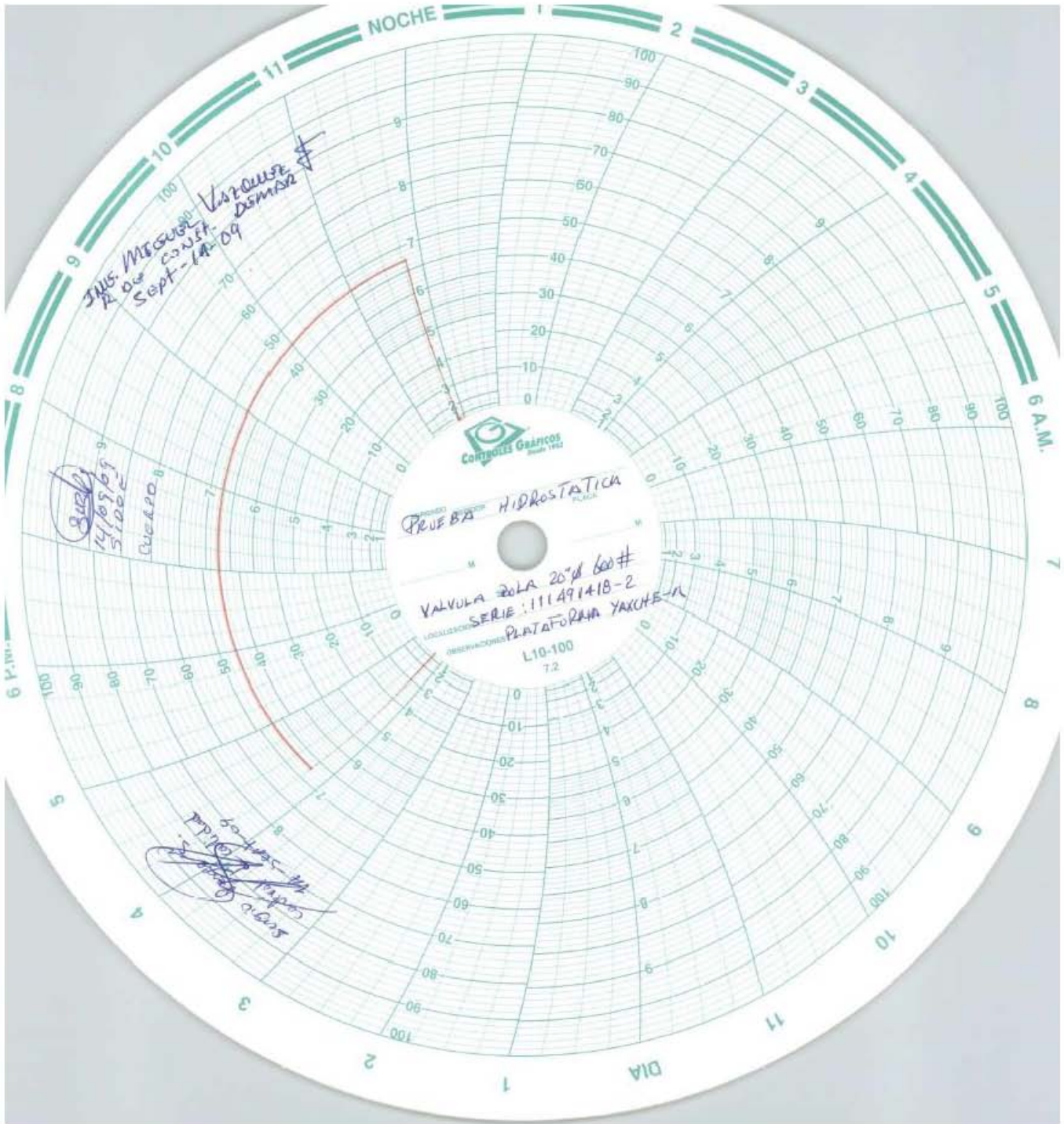
CONSTRUCCIÓN

CONTROL DE CALIDAD

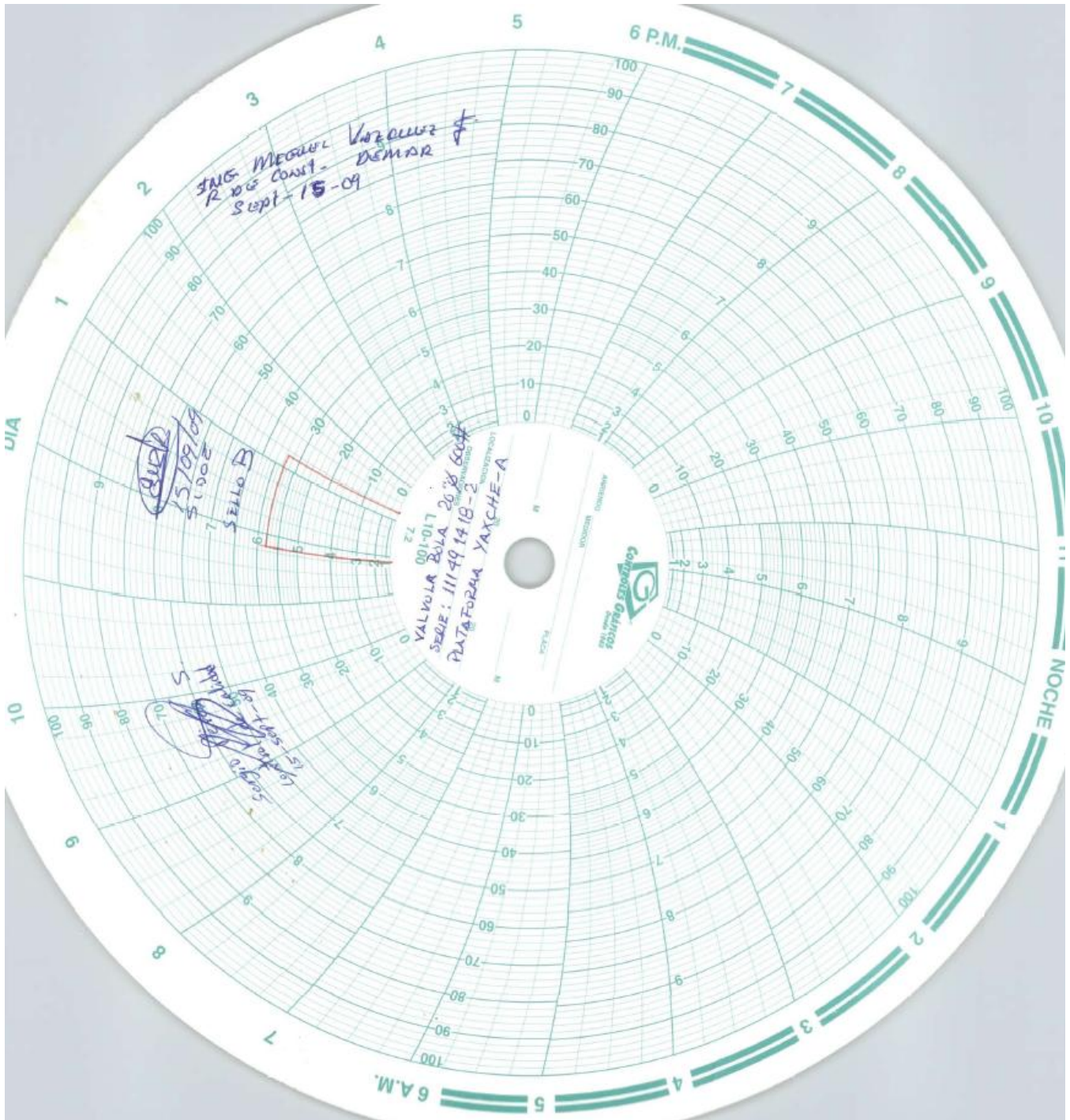
Reporte de prueba de fuga a Válvula de Bola



Grafica de prueba de fuga a Sello "A" de Válvula de Bola



Grafica de prueba de fuga a Cuerpo de Válvula de Bola



Grafica de prueba de fuga a Sello "B" de Válvula de Bola

2.2 PRUEBA DE FUGA EN TUBERÍAS DE PROCESO

La prueba de fuga es un procedimiento de pruebas no destructivas, el cual involucra el escape del fluido contenido en componentes presurizados o, la entrada en aquellos que se encuentran al vacío. Los fluidos perdidos (líquidos o gases) pueden penetrar desde adentro hacia afuera de un componente o montaje, o viceversa, como resultado de un diferencial de presión entre las dos regiones, o por infiltración a través de una barrera.

La prueba de fuga facilita la evaluación directa, debido a que la medición de velocidad de pérdida del fluido representa en sí misma, el efecto físico de una condición defectuosa, no requiriendo un análisis adicional para apreciación práctica.

GENERALIDADES

- Las tuberías de descarga a la atmósfera no requieren pruebas de fuga tales como drenes de líneas y desfogue de válvulas de seguridad.
- Los equipos o dispositivos tales como bombas, turbinas, compresoras, válvulas de seguridad, discos de ruptura, juntas de expansión, etc., no deberán someterse a la presión de prueba del sistema de tubería.
- La prueba de fuga se realizará utilizando agua (cruda, filtrada y clorada según la disponibilidad y aprobación del cliente).

Documentos de referencia

- ANSI/ASME B31.3 (Process Piping).- Tuberías, refinerías y plantas químicas
- ANSI/ASME B31.4 (Pipeline Transportation Systems For Liquid Hydrocarbons and Other Liquids).- Sistema de transporte crudo por tuberías

DESARROLLO

Antes de iniciar la prueba hidrostática se inspeccionara que el circuito este liberado, efectuando una revisión al expediente de todas las líneas y uniones soldadas que forman parte de la línea a probar.

El cual estará integrado con lo siguiente:

- Programa de fabricación
- Reporte de resultados radiográficos
- Reporte de medición de dureza y graficas de relevado de esfuerzos.(si aplica de acuerdo al espesor y el diámetro de la línea)

SECUENCIA DETALLADA DE LA PRUEBA DE FUGA

- Antes de realizar la prueba hidrostática se deberá limpiar la tubería con barrido de aire o agua libre de sólidos en suspensión.
- En cada prueba se deberá incluir la mayor cantidad posible de tubería en las que las condiciones de prueba sean iguales; en caso de no poderse realizar, se instalaran cómales para su bloqueo.

Recomendaciones para el bloqueo de líneas

- Toda la tubería que se va a ser sometida a una prueba de fuga utilizando agua como fluido de prueba, deberá contar con venteos en los puntos más altos para ventilar ó purgar aire durante la prueba procediendo a su apertura para eliminar el aire atrapado y cerrándolas posteriormente.

El manómetro y el manografo a utilizarse deberá cumplir con el rango de prueba; la presión de prueba se deberá situar entre el 25 y el 75% de la escala total de los instrumentos, el cual se deberá comprobar antes de instalarse con patrones o una balanza de pesos muertos para

verificar su exactitud. Así mismo de preferencia se deberá colocar el manómetro y el manografo en la parte más baja del sistema para evitar el sobre esfuerzo en alguna parte del sistema mientras se prueba.

- En ningún caso se deberá usar válvulas para seccionar tramos.
- La presión de prueba Será la que indique la ingeniería del proyecto en los isométricos, para caso de la tubería diseñada con ASME B31.3, se probara con una presión mínima de 1.5 veces la presión de diseño.
- Si la temperatura de diseño es superior a la temperatura de prueba, la presión mínima de prueba se corregirá por temperatura, empleando la ecuación 2.2.1:

$$P_p = \frac{1.5P \times S_p}{S} \quad (2.2.1)$$

En donde:

P_p = Presión hidrostática mínima de prueba (Kg/cm²)

P = Presión de diseño (Kg/cm²)

S_p = Esfuerzo permisible a la temperatura de prueba (Kg/cm²)

S = Esfuerzo permisible a la temperatura de diseño (Kg/cm²)

- Se deberá utilizar agua dulce como medio de prueba, en el caso de solo contar con agua de mar, el agua empleada deberá contener un inhibidor de corrosión, por lo cual se deberá presentar el certificado de análisis químico del agua empleada.
- La prueba hidrostática normalmente no se realizara cuando la temperatura ambiente sea menor de 0°C. Se tendrá especial cuidado que la temperatura del metal sea inferior a 0°C a fin de evitar congelamientos en drenes, indicadores de nivel, etc.
- Por ningún motivo se usara agua salada para la prueba de la tubería de alimentación de agua a calderas, retorno de condensado y vapor en sistemas generadores del mismo o para la prueba de cualquier sistema construido con acero austenítico.

- No se aplicara pintura de campo ni aislamiento a juntas bridadas, conexiones roscadas, soldaduras sin probar y agujeros de escurrimiento, hasta que el sistema haya sido exitosamente probado.
- Las válvulas de relevo y discos de ruptura se desmontaran o bloquearan del equipo o red de tubería antes de la prueba hidrostática. Las conexiones de las válvulas de relevo roscadas se taponarán temporalmente durante la prueba.
- Las placas de orificio y otros elementos primarios de medición de flujo no se instalaran en las tuberías hasta que las pruebas hayan sido terminadas.

PROCEDIMIENTO

El manómetro de prueba se localizara en la parte más baja del sistema, a fin de evitar un esfuerzo excesivo a cualquier equipo en la zona inferior del sistema durante la prueba.

La presión de prueba se aplicara por medio de una bomba de desplazamiento positivo que deberá contar con un manómetro de referencia a la descarga, cuando se tenga aproximadamente el 70% de la presión de prueba, se debe regular el gasto de la bomba para minimizar las variaciones de presión y garantizar incrementos no mayores de 10 lbs/plg².

En todos los puntos que se tenga que cerrar para poder efectuar la prueba se usaran bridas ciegas normales así como tapones en válvulas de venteo y drenaje. Antes de alcanzar la presión de prueba se deberá comprobar que no existan fugas en el sistema, en el caso de existir, des presionar el sistema y corregir las mismas. Al alcanzar la presión de prueba se realizara lo siguiente:

El bombeo debe detenerse y todas las válvulas y conexiones deben ser checadas para comprobar fugas. Seguirá entonces un periodo de observación (este periodo está en función de las normas de referencia), durante el cual el personal encargado verificara que la presión requerida se mantenga y que junto con la temperatura se estabilice; después de ese periodo deberá desconectarse la bomba de inyección y checar la tubería para evitar fugas.

Se pondrá en operación el manografo para obtener el registro de presión grafico de la prueba, debiendo checar los medidores al principio y al final de la prueba, a si como también elaborar el registro de presión y temperatura durante la prueba hidrostática. La presión de prueba se mantendrá durante 15 minutos Antes de la inspección y un lapso suficientemente largo para permitir la inspección completa del sistema a prueba. En ningún caso, el periodo de inspección será menor a 10 minutos.

El registro de presión antes mencionado deberá incluir la fecha de prueba, la identificación de la línea probada, presión de prueba, presión de operación y las firmas de las personas responsables de esta actividad. Una vez concluida la prueba se deberá des presionar el sistema de tal manera que no ponga en peligro al personal y equipo.

Se deberá abrir todos los venteos antes de vaciar la tubería para evitar hacer vacío en el sistema. En caso de que se requiera, se procederá al secado del sistema.

Concluidos los pasos anteriores se deberán reinstalarse válvulas con sus respectivos empaques. Una vez concluida la prueba se elaborara el reporte de prueba hidrostática.

REGISTRO DE PRUEBAS.

Deberá hacerse un registro para cada sistema de tubería durante la prueba, los datos incluidos serán los siguientes:

- Datos de la prueba (presión temperatura, diámetro de tubería, etc.).
- Identificación de la tubería que se prueba numero de especificación de la línea, diámetro, material, etc.).
- Fluido de prueba.
- Presión registrada de la prueba.
- Firmas de todos los inspectores que tengan autoridad en la jurisdicción.

JUSTIFICACIÓN PARA USO DE GRAFICAS CUADRÁTICAS EN PRUEBAS DE FUGA.

En virtud de la falta de graficas lineales requeridas para las pruebas hidrostáticas, se opto por el uso de graficas cuadráticas apropiadas al rango de prueba por efectuar.

Estas graficas son también de uso común y será acompañado en este caso por la ecuación para determinar presiones manométricas en función de la lectura en la escala cuadrática y el rango del Bourdon del manografo utilizado.

La ecuación es:

$$P_{man} = \frac{(Lectura)^2 (RangodelBourdon)}{100} \quad (2.2.2)$$

$$Lectura = \sqrt[2]{\frac{(P_{man})(100)}{Rangodelbourdon}} \quad (2.2.3)$$

Donde:

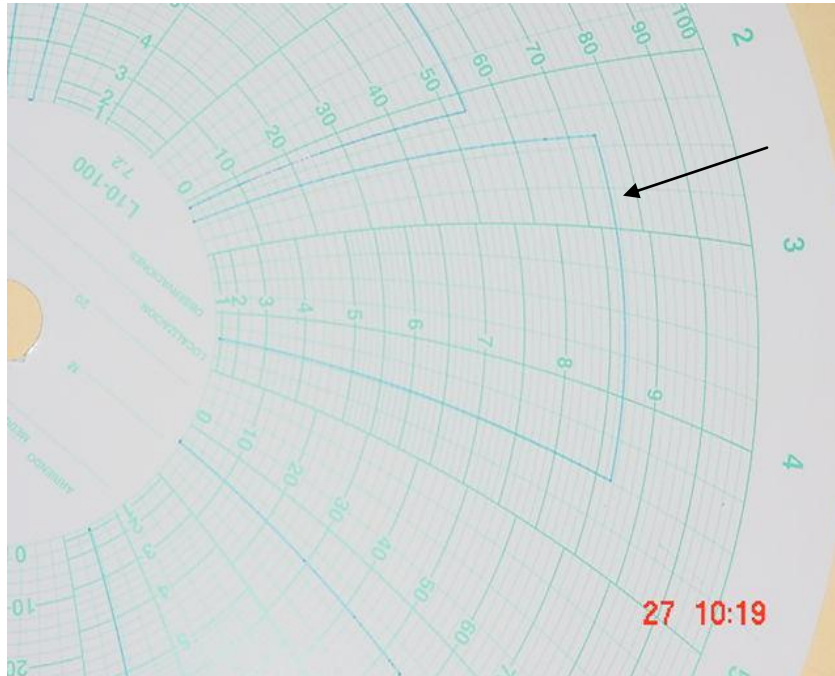
P_{man} = Presión manométrica (Psi)

100 = Escala gráfica

Lectura = Valor numérico leído en la gráfica del manografo

Ejemplo:

De la siguiente gráfica determinar la presión de prueba.



Datos:

Rango del Bourdon: 1500 Psi.

Solución.

En la gráfica se observa que la presión máxima alcanzada es:

$$P_{man} = \frac{(8.7)^2 (1500 \text{Psi})}{100}$$

∴ Pman= 1135.35 Psi. Es decir 79.84 Kg/cm²

Si no se tuviera la gráfica de prueba y se quisiera calcular a que punto de la gráfica llegara la presión de 1135.35 Psi, entonces tenemos que:

$$Lectura = \sqrt{\frac{(1135.35 \text{Psi})(100)}{1500 \text{Psi}}}$$

Lectura = 8.7

Nota: El Registrador de presión (manografo) se puede programar para que se aprecie mejor la grafica según el tiempo de duración de la prueba a 60 minutos, 96 minutos, 12 horas, 1 día, 2 días, 7 días, 8 días, 14 días, 16 días, 31 días, 32 días, esto se puede notar en la figura 2.2.1

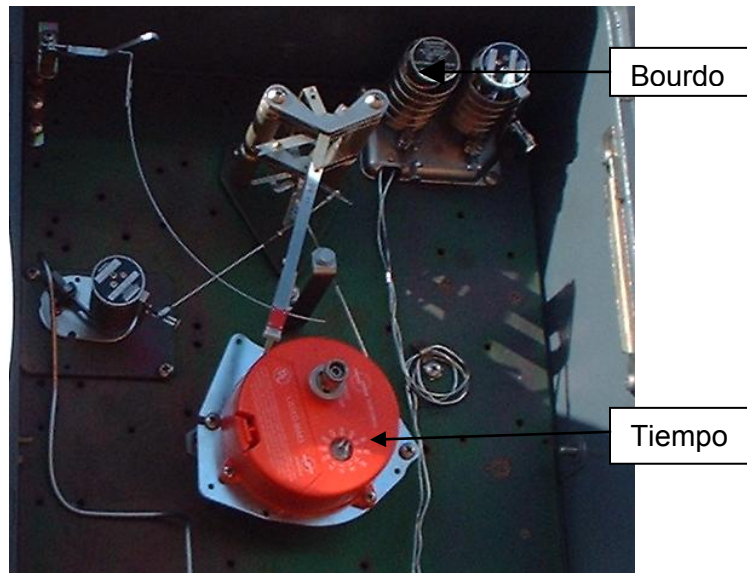
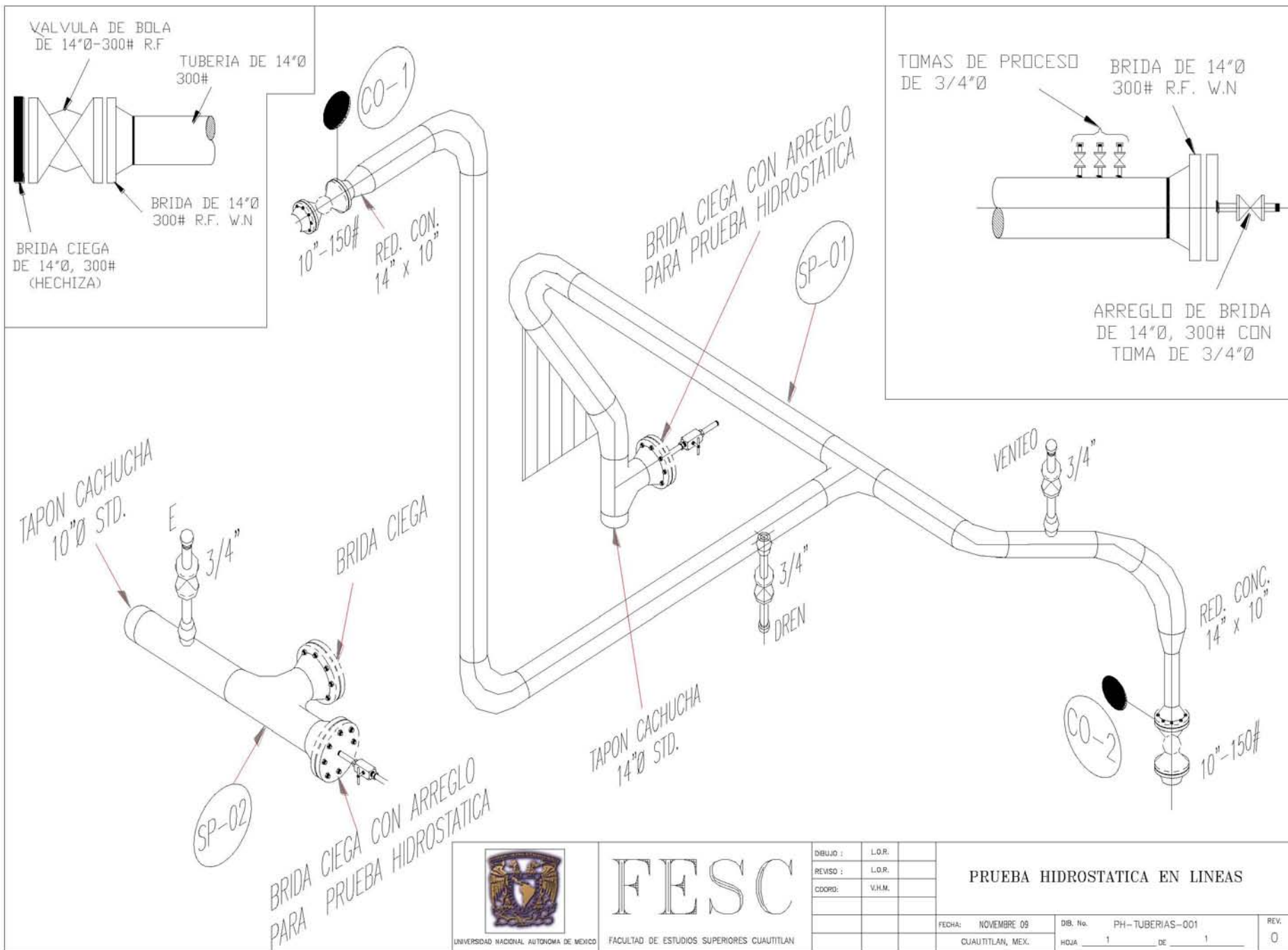


Fig. 2.2.1 Parte interna de un registrador de Presión (Manografo)



FESC
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

DEBJD :	L.O.R.
REVISO :	L.O.R.
COORD.:	V.H.M.

PRUEBA HIDROSTATICA EN LINEAS

FECHA:	NOVIEMBRE 09	DIB. No.	PH-TUBERIAS-001	REV.	0
CUAUTITLÁN, MEX.		HOJA	1 DE 1		



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

REPORTE DE PRUEBA DE FUGA

TESIS: "COMISIONAMIENTO DE TUBERIAS DE PROCESO PREVIO A LA PUESTA EN SERVICIO Y REALIZACIÓN DE HOT TAPPING.

PROYECTO:

CONTRATO:

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO O SISTEMA

FECHA: 01-Oct-10

CIRCUITO:

PARTE PROBADA LINEAS: 20"-P-211-D54A

LOCALIZACIÓN PLATAFORMA YAXCHE-A

PRODUCTO QUE MANEJA MEZCLA GAS-ACETILE.

DIÁMETROS 20" Y 16"Ø

ESPEORES 0.938" Y 0.844"

ESPECIFICACIONES D54A

NORMA O CÓDIGO ASME B31.3

CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

CARACTERÍSTICAS DE LA PRUEBA DE FUGA

PRESIÓN MÁXIMA DE DISEÑO 99 Kg/cm²

TEMP. MÁXIMA DE DISEÑO 140.00 °C

PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO 90.00 Kg/cm²

TEMP. MÁXIMA DE TRABAJO 140.00 °C

PRESIÓN DE PRUEBA 153.16 Kg/cm²

TEMP. DE PRUEBA 28.8 °C

TIEMPO DE PRUEBA 04:15 HORAS

FLUIDO DE PRUEBA AGUA DULCE

HORA DE INICIO 12:15 HRS.

HORA DE TERMINACIÓN 16:30 HRS.

EQUIPO UTILIZADO MANOGRABO DE 0 A 5000 PSI, MCA. ITTBARTON, No. SERIE: D811, CERTIFICADO:

DC-4598 0406/09, FECHA DE CALIBRACIÓN: 04-JUN-09, MANÓMETRO DE 0 A 5000 PSI, MCA. E.T.S.A, No. SERIE: S/N,

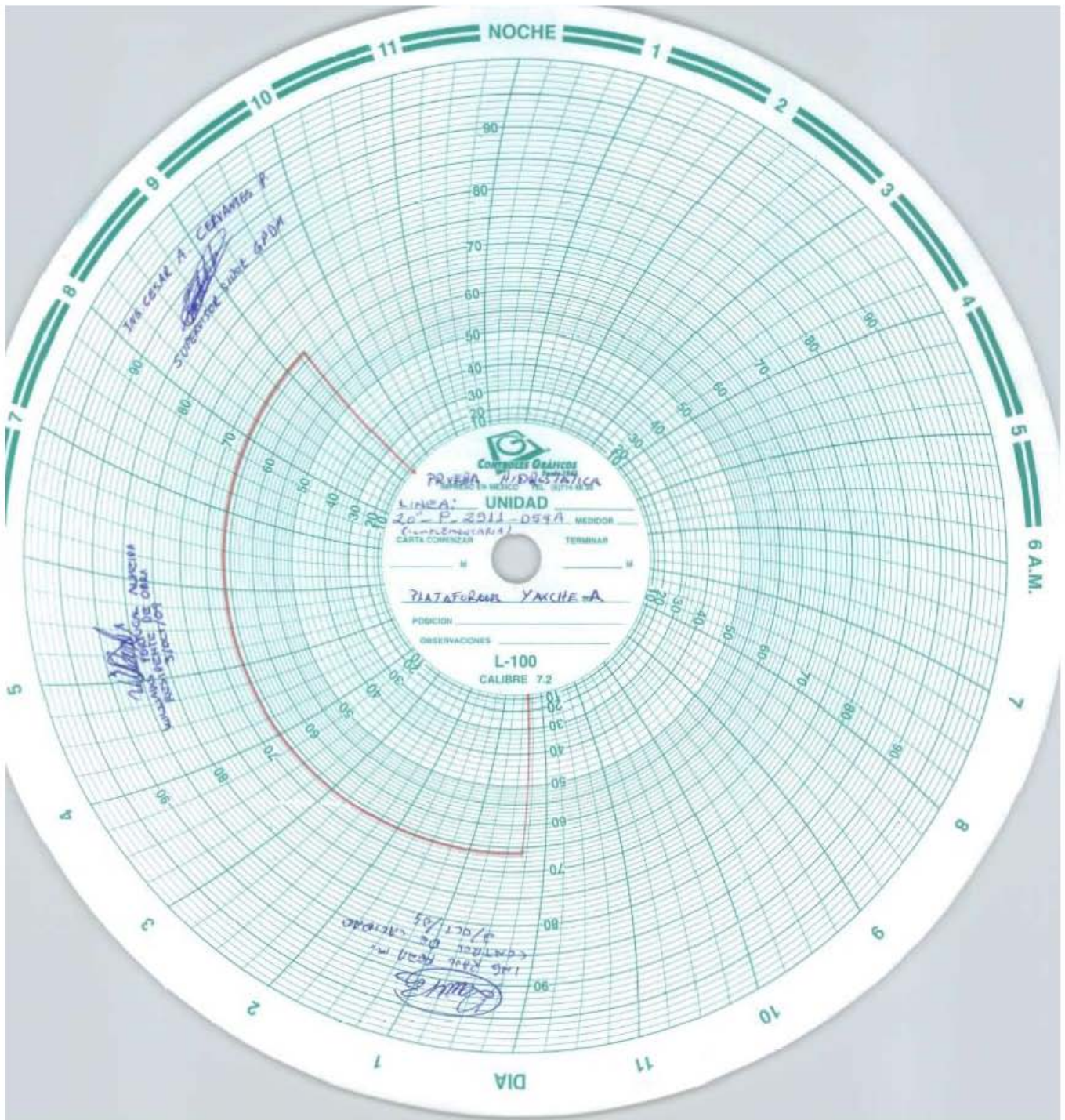
CERTIFICADO: DC-4597 0406/09, FECHA DE CALIBRACIÓN: 04-JUN-09, TERMOMETRO BIMETALICO DE 0 A 100 °C, MCA. METRON,

CERTIFICADO: DC-4326 1902/09, FECHA DE CALIBRACIÓN: 19-FEB-09.

OBSERVACIONES RESULTADO DENTRO DE NORMA

CONSTRUCCIÓN

CONTROL DE CALIDAD



Grafica de prueba de fuga en Tubería de 20"Ø

Capitulo 3. Barrido de Tuberías

BARRIDO DE TUBERIAS

ALCANCE

Aplica para realizar el barrido de líneas a tuberías de proceso con el fin de eliminar escorias.

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.

Trabajos previos

- Verificar que en el circuito donde se realizará el barrido no existan cómales intermedios instalados, así como válvulas cerradas, tampoco deberán estar instalados instrumentos, inyectores de químicos, testigos de corrosión, termopozos y cualquier accesorio que pudiese sufrir algún daño al efectuarse el barrido.
- Verificar que todos los espárragos en los embridajes donde se realizará el barrido se encuentren debidamente apretados.
- Preparar andamios en las áreas donde se requieran.
- Prefabricar arreglo para barrido como se muestra en la figura 3.1, este deberá estar formado por una brida hechiza (para ser instalada en punto de barrido), un niple de aproximadamente 5" de longitud (para tuberías de 2" a 12" el diámetro del niple será de 1", de 14" en adelante será de 2"Ø), una válvula de paso completo de apertura rápida de diámetro similar al niple y un niple final de 5" de longitud acoplado a la válvula.
- Si el circuito donde se realizará el barrido está conectado a una línea viva (en servicio), deberá existir un comal de respeto y la válvula de bloqueo cerrada al 100%, con etiqueta de bloqueo mecánico.
- Tomar como punto de inyección la parte más alta del circuito.
- Tomar como punto para barrido la parte más baja del circuito.
- Instalar el arreglo para barrido en el punto más alejado / bajo del circuito (Ver detalle A), con empaque garlock.
- Instalar arreglo provisional para la inyección de aire de planta, puede interconectarse a un venteo o toma de proceso.
- Instalar un manómetro provisional una toma donde sea visible.

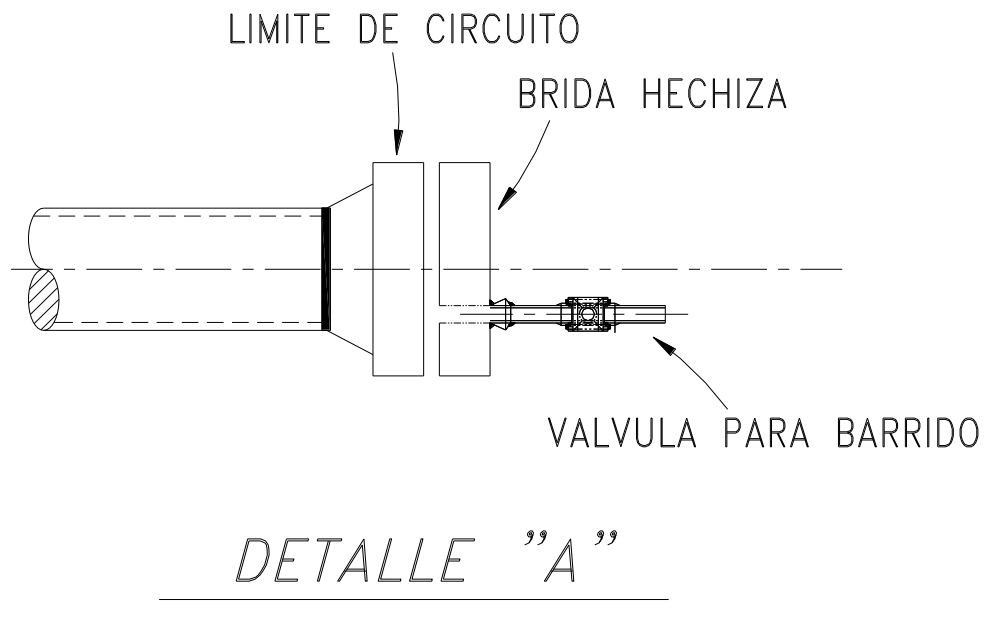


Fig. 3.1 Detalle de instalación arreglo para un barrido de línea.

Ejecución del barrido.

- Abrir el suministro de aire de planta, hacia el circuito hasta que la presión en el manómetro provisional sea de 4 Kg/cm².
- Cerrar el suministro de aire de planta.
- Abrir la válvula del arreglo para barrido (ver detalle A), hasta que la presión sea cero.
- Repetir los pasos anteriores hasta que visiblemente se aprecie únicamente la salida de aire.
- Retirar el arreglo para barrido que fue instalado.
- Retirar los andamios y arreglos provisionales ocupados para esta actividad

Capitulo 4. Limpieza en Sistema de Tuberías

4.1 LAVADO QUÍMICO (PICKLEO) A LÍNEAS DE PROCESO Y DE SERVICIOS

ALCANCE.

Este procedimiento es aplicable para efectuar el lavado químico a líneas de acero al carbón para el servicio de gas combustible / arranque en la llegada de turbó maquinas, turbó bombas, turbo compresores, durante la fase de terminación de construcción de tuberías o instalación de equipos, utilizando sosa cáustica al 3% en peso.

PRE-REQUISITOS.

- Constructivamente la línea deberá estar concluida.
- Se revisará y verificará que la línea se encuentre herméticamente aislada, colocando cómales en donde se requiera para establecer un solo circuito.
- Se deberá contar con los equipos y/o soluciones a utilizar para el lavado en las cantidades adecuadas, de acuerdo a lo considerado (bomba, mangueras tramadas, tanque de preparación de la solución química, filtros, empaques, sosa cáustica, pHmetro o papel pH), también se debe contar con recipientes para la disposición de la solución utilizada en el lavado químico.

PRECAUCIONES.

- Se deberá acordonar el área, donde se realizará el trabajo retirando al personal no involucrado en esta actividad.
- Implementar un dispositivo de seguridad notificando al personal que se encuentra laborando en las instalaciones de la actividad que se está realizando.
- Se deberá utilizar guantes y goggles para el manejo de la solución de sosa cáustica al 3% en peso.

ACTIVIDADES ESPECÍFICAS.

- Verifica la existencia de válvulas, Bridas u otros elementos mecánicos que pueden ser dañados en sus recubrimientos, sellos o empaques por la mezcla de sosa cáustica con agua, limitando las áreas a realizarse la limpieza, de tal forma que no se dañen.
- Verifica la existencia de válvulas, Bridas u otros elementos mecánicos que pueden ser dañados en sus recubrimientos, sellos o empaques por la mezcla de sosa cáustica con agua, limitando las áreas a realizarse la limpieza, de tal forma que no se dañen.

Deberá elaborar un dibujo o croquis representativo de la línea que se desea realizar el lavado, indicando el plan a seguir, así como las conexiones temporales.

PREPARATIVOS PARA EL LAVADO.

Verifica la disponibilidad del equipo a utilizar:

- Bomba adecuada (Bomba centrífuga para manejo de productos químicos).
- Interconexión para maniobras.
- Líneas Provisionales para Interconexión del equipo de bombeo a utilizar.
- Sosa Cáustica.
- Agua.
- Verifica que las interconexiones entre las líneas que serán lavadas y las líneas de las conexiones temporales, se encuentren bien conectadas y sin fugas.

LAVADO CON AGUA.

- Se verifica que se lleve a cabo un soplado con aire a las líneas, las cuales se les aplicará el lavado químico.
- Realizar los preparativos para efectuar una limpieza con agua al circuito establecido.
- Se realizan las interconexiones necesarias con recipiente (ya con agua potable limpia), bomba y circuito a lavar.

- Se pone en marcha la bomba proporcionado por el contratista y se empieza a recircular el agua dentro de las líneas a lavar.
- Después de 30 minutos de recirculación, se toma una muestra del agua y se verifica la existencia de residuos sólidos y en caso de que sea de gran numero, se repetirá la operación las veces que sea necesario.
- Una vez verificada la ausencia de partículas se drena el agua utilizada y se procede con el lavado químico.

LAVADO QUÍMICO CON SOSA CÁUSTICA AL 3% EN PESO.

- Se realizan los preparativos para efectuar una limpieza química con solución de sosa cáustica al 3% en peso, al circuito establecido.
- Se revisarán las juntas de las líneas verificando que no tengan fugas y que permanezcan herméticamente cerrados.
- Se prepara la solución química con la sosa al 3% en peso.
- Se procederá a preparar la solución química de sosa cáustica al 3% de acuerdo a las siguientes consideraciones.

CÁLCULOS:

- Calcular la cantidad de volumen de solución requerida (volumen total del sistema)
Considere que 1 litro de H₂O = 1 Kg de H₂O.
- Calcular la cantidad de soluto para la solución NaOH

$$\text{Cantidad de NaOH} = 0.03 * \text{Masa total del sistema}$$

- a) Calcular la cantidad de solvente para la solución NaOH

$$\text{Cantidad de agua requerida} = 0.97 * \text{Volumen total del sistema}$$

- Una vez preparada la solución química, se procederá a empacar la línea a lavar estableciendo una recirculación homogénea de la solución.
- Se debe ejecutar la limpieza por recirculación a presión, utilizando la solución de sosa cáustica, se toma una muestra de la solución cada hora y se verifica la ausencia de oxido; y en caso contrario se repite la operación las veces que sea necesario.

Si se observa bastante oxido se procederá a continuar con el lavado durante otras 3 horas, verificando continuamente la solución.

- Cuando en el recipiente utilizado no se encuentran depósitos de suciedad, se procede a llenar con agua la línea para limpiar los residuos de sosa que pudieran haber quedado en la tubería.
- Se considera bueno y aceptable el lavado químico cuando no se observe trazas de residuos sólidos atrapados en el recipiente utilizado ni en la malla utilizada como para el lavado.

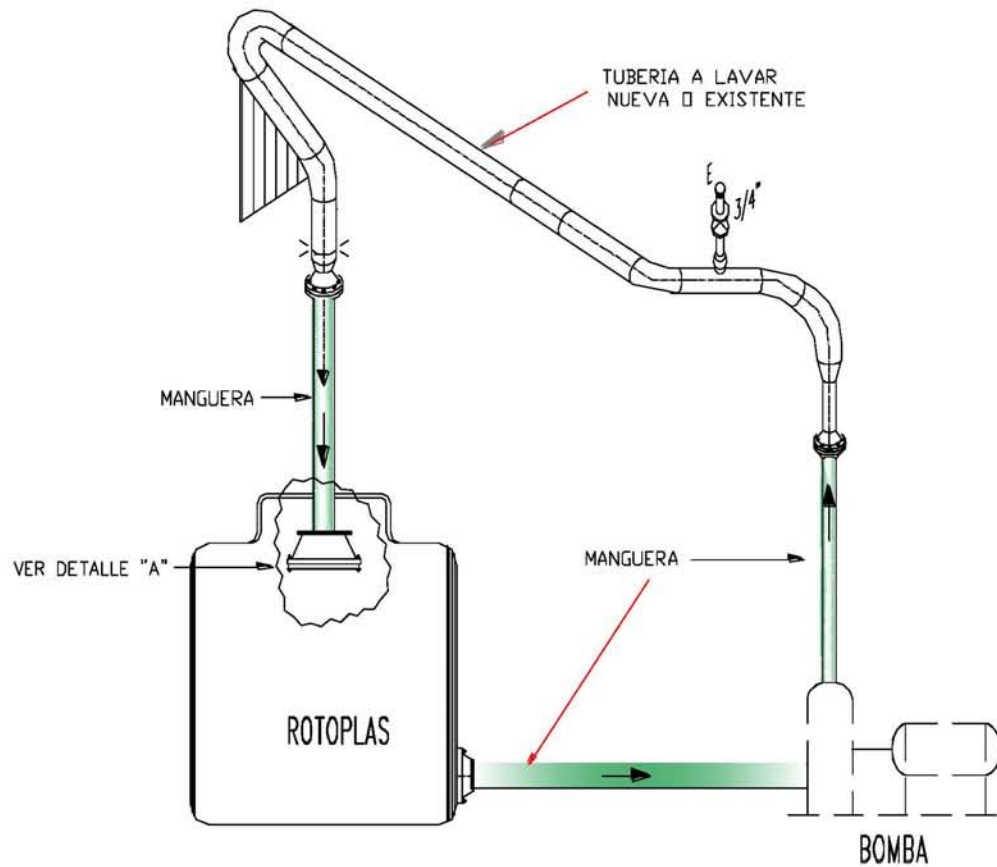
PASIVADO.

- Se procede a almacenar en tambores de 200 litros la solución utilizada para el lavado químico, colocándoles una etiqueta del producto que contiene para evitar un accidente.
- Se empaca la línea con agua potable.
- Se inicia la recirculación del agua utilizada como pasivador para bajar el pH y dejar limpia la tubería, recirculando esta por el tiempo que sea necesario para que el pH de la solución sea igual a la del agua potable alimentada.
- Se debe verificar el pH con papel pH o el pHmetro, hasta que sea igual al agua natural que se está utilizando para el lavado.
- Realizando el lavado con agua natural las veces que sea requerido para igualar el p.H.
- Cuando quede completamente limpio se procede a retirar los arreglos provisionales utilizados para la limpieza química.

- Se finaliza el lavado realizando un barrido de líneas con aire a presión.

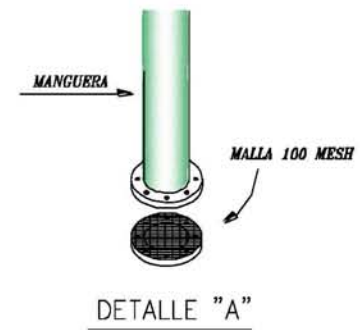
MATERIALES NECESARIOS PARA REALIZAR EL LAVADO

- Manguera para altas presiones (tramadas)
- Bridas hechizas
- Empaques
- Tanque de almacenamiento (Rotoplas)
- Malla tamaño 100 mesh, 250 mesh
- Sosa cáustica
- Agua
- Espárragos (varia depende el Ø de la manguera y la brida hechiza)
- Tuercas
- Bombas de prueba (bomba centrífuga de manejo se sustancias químicas)
- Tambos de recolección
- pHmetro ó papel Ph



LISTA DE MATERIALES

UNIDAD	DESCRIPCION
MTS	MANGERA DE PLASTICO
PZA.	BRIDA ECHIZA
PZA.	BOMBA
PZA.	TORNILLOS
PZA.	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE ROTOPLAS
PZA.	MALLA CAL. 100 MESH
LTS	ACEITE
PZA.	TUERCAS CABEZA HEXAGONAL



ARREGLO PARA LAVADO CON SOSA CAUSTICA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FESC

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

DIBUJO :	L.D.R.	
REVISO :	L.D.R.	
COORD.:	V.H.M.	

LAVADO QUIMICO EN TUBERIAS (PICLKEO)

FECHA: NOVIEMBRE 09	DIB. No. LAV-QUIMICO-002	REV. 0
CUAUTITLÁN, MEX.	HOJA 1 DE 1	

4.2 LIMPIEZA CON ACEITE (FLUSHEO) A TUBERÍAS.

ALCANCE.

Este método es aplicable para líneas de acero al carbón y acero inoxidable para el servicio de suministro y retorno de aceite de turbo generadores, turbo bombas, turbo compresores, previo a la puesta en servicio de dicha Turbo maquinaria.

PRE-REQUISITOS.

- La tubería deberá estar terminada constructivamente para poder realizar el flusheo.
- Se deberá revisar y verificar que la línea se encuentre herméticamente aislada, colocando cómales en donde se requiera para establecer un solo circuito.
- Se deberá contar con los equipos y/o herramientas a utilizar para esta actividad en las cantidades adecuadas, de acuerdo a lo considerado (bombas, mangueras tramadas, tanque de almacenamiento, malla, empaques, aceite), también se debe contar con recipientes para la disposición del aceite a utilizar.

PRECAUCIONES.

- Se deberá acordonar el área, donde se realizará el trabajo retirando al personal no involucrado en esta actividad.
- Implementar un dispositivo de seguridad notificando al personal que se encuentra laborando en las instalaciones de la actividad que se está realizando.
- Se deberá utilizar guantes y goggles para realizar esta actividad.

ACTIVIDADES ESPECÍFICAS.

- Verifica la existencia de válvulas, en caso de existir se deberán desmontar dichas válvulas para evitar que puedan ser dañados sus recubrimientos, sellos, ya que solo aplica para el lavado de tuberías con dicho servicio.
- Elaborar un dibujo o croquis representativo de la línea que se desea realizar el lavado por medio del flusheo, indicando el plan a seguir, así como las conexiones temporales.

PREPARATIVOS

Verifica de común acuerdo con el ingeniero de pruebas la disponibilidad del equipo a utilizar:

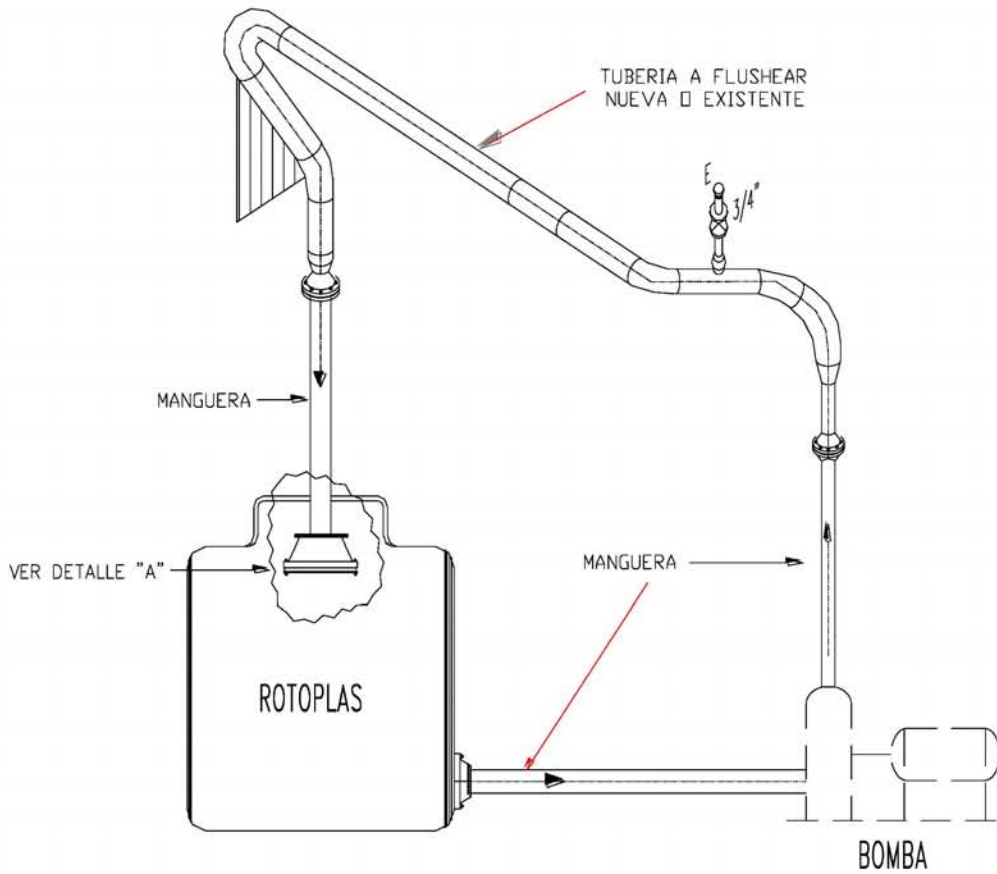
- Bomba adecuada.
- Interconexión para maniobras.
- Líneas Provisionales para Interconexión del equipo de bombeo a utilizar.
- Aceite para Turbinas.
- Mallas de 100 mesh.
- Verifica que las interconexiones entre las líneas que serán intervenidas y las líneas de las conexiones temporales, se encuentren bien conectadas y sin fugas.

DESARROLLO

- Se verifica que se lleve a cabo un soplado con aire a las líneas, las cuales se someterán al flusheo
- Se realizan las interconexiones necesarias con recipiente (ya con aceite), bomba y circuito a flushear.
- Se pone en marcha la bomba y se empieza a recircular el aceite dentro de las líneas.
- Después de 1 hora de recirculación, se toma una muestra del aceite y se verifica la existencia de residuos sólidos en la malla y en caso de que sea de gran número, se repetirá la operación el tiempo que sea necesario.
- Una vez verificada la ausencia de partículas se recolecta el aceite utilizado en recipientes de la capacidad adecuada y se procede a colocar las válvulas, filtros y empaques en las líneas de aceite lubricante.
- Se empaca la línea con aceite nuevo para dejarla lista para cuando se requiera poner en servicio la Turbó maquinaria.

MATERIALES NECESARIOS PARA REALIZAR EL LAVADO CON ACEITE

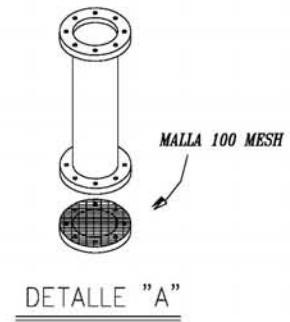
- Manguera para altas presiones (tramadas)
- Bridas hechizas
- Empaques
- Tanque de almacenamiento (Rotoplas)
- Bomba
- Malla tamaño 100 micras x plg, 250 micras x plg.
- Aceite
- Agua
- Espárragos (varía depende el Ø de la manguera y la brida hechiza)
- Tuercas
- Bombas de prueba (bomba centrífuga de manejo de sustancias químicas)
- Tambos de recolección



ARREGLO PARA FLUSHEO

LISTA DE MATERIALES

UNIDAD	DESCRIPCION
MTS	MANGERA DE PLASTICO
PZA.	BRIDA ECHIZA
PZA.	BOMBA
PZA.	TORNILLOS
PZA.	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ACEITE ROTOPLAS
PZA.	MALLA CAL. 100 MESH
LTS	ACEITE
PZA.	TUERCAS CABEZA HEXAGONAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FESC

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

DIBUJO :	L.Q.R.	
REVS0 :	L.Q.R.	
COORD:	V.H.M.	

LAVADO QUIMICO EN TUBERIAS (FLUSHEO)

FECHA: NOVIEMBRE 09
CUAUTITLAN, MEX.

DIB. No. LAV-QUIMICO-001
HOJA 1 DE 1

REV.
0

Capitulo 5. Inertizado en Tuberías de proceso

INERTIZADO

ALCANCE.

Este método se realiza al habilitar un recipiente o líneas de proceso involucradas, antes de ser puestas en operación por primera vez o después de haber salido de operación por periodos prolongados, el cual consiste en la eliminación del oxígeno mediante una corriente de gas inerte, por ejemplo anhídrico carbónico o nitrógeno. La cantidad de gas inerte se estima en relación al volumen a inertizar y la presión el inertizado; debido a que el gas de purga es introducido en forma continua se desaloja el oxígeno, prácticamente sin mezclarse.

Este método será aplicable a las tuberías seleccionadas para realizar el inertizado, cuya concentración de O₂ debe estar por debajo del límite inferior de flamabilidad (5%), dichas tuberías deberán ser clasificadas con los siguientes datos:

- No. de línea
- Plano de referencia
- Servicio de la línea

Nota: Para la puesta en operación de un sistema de tuberías de proceso cuyo fluido es un hidrocarburo, debe realizarse el inertizado antes de la prueba dinámica para evitar la formación de una mezcla explosiva por la presencia de O₂.

PRE-REQUISITOS

- Verificar que se haya concluido la prueba hidrostática del sistema.
- Verificar que se haya concluido satisfactoriamente la limpieza interna de las líneas de proceso.
- Verificar que se hayan retirado los cómales utilizados para la prueba hidrostática.

- Revisar físicamente que todas las juntas bridadas se encuentren cerradas completamente, con sus empaques semimetálicos y sus espárragos apretados así como el torque requerido.

RESPONSABILIDAD

- Es responsabilidad del supervisor de la obra de construcción, constatar que se realice el inertizado de todas las líneas involucradas satisfactoriamente, así como los movimientos operativos para que esta actividad se desarrolle.
- El departamento de control de calidad es responsable de vigilar la implementación y el cumplimiento de este documento y constatar el inertizado de las líneas.
- El departamento de seguridad industrial es responsable en coordinación con el supervisor de construcción, para verificar que no exista ninguna condición de riesgo en las áreas donde se desarrollan estos trabajos, así como de asegurar que el inertizado de las tuberías y equipos nuevos se ha llevado a cabo de manera satisfactoria utilizando el detector múltiple de gases.
- El responsable de la ejecución de los trabajos, coordinará al personal encargado de realizar estas actividades.

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Se deberá contar con los planos de ingeniería necesarios para realizar esta actividad como son:

- Diagrama de tubería e instrumentación del sistema a inertizar.
- Isométrico integrado del sistema a inertizar.

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.

Trabajos previos

- a. Elaborar permisos de trabajo en tiempo y forma en caso de que los soliciten.
- b. Habilitar e instalar andamios para maniobras en donde se requiera.

- c. Retirar cómales provisionales de las válvulas.
- d. Instalar las figuras en 8 definitivas (donde se requieran).
- e. Revisar físicamente que todas las juntas bridadas se encuentran cerradas completamente, con sus empaques semimetálicos y sus espárragos apretados adecuadamente.

Equipo de medición y prueba

- Detector múltiple de gases.
- Manómetros de 0-150 Psi

Inertizado de un sistema de proceso con nitrógeno N₂ (de acuerdo al isométrico integrado del sistema a inertizar).

1. Retirar tapones cachucha de las tomas de proceso, venteos y drenes del sistema.
2. Verificar que las válvulas que bloquean las tuberías en operación se encuentren cerradas.
3. Verificar que las válvulas de las tomas de proceso se encuentren cerradas.
4. Verificar que las válvulas involucradas en el sistema de proceso se encuentren abiertas.
5. Verificar que las válvulas de control involucradas en el sistema se encuentren abiertas.
6. Instalar dos manómetros de 0-60 psi. en los venteos y verificar que los indicadores de presión (PI) se encuentren instalados, con el fin de monitorear la presión durante la prueba neumática e inertizado.
7. Realizar un arreglo con tubing o manguera de alta presión entre la toma seleccionada previamente y el dren seleccionado para realizar prueba neumática e inertizado del sistema seleccionado.

8. Realizar prueba neumática a todo el sistema a 8 kg/cm^2 y monitorear esta presión durante 24 hrs., si se presentan fugas corregirlas. (Al finalizar dejar el sistema despresurizado).
9. Realizar la conexión del cilindro portátil de N_2 en la toma seleccionada (generalmente de $\frac{3}{4}''\text{Ø}$), mediante líneas de tubing o mangueras de alta presión.
10. Verificar la hermeticidad de las conexiones realizadas en el paso anteriormente.
11. Abrir la válvula de la toma de proceso seleccionada de $\frac{3}{4}''\text{Ø}$.
12. Abrir gradualmente la válvula del cilindro portátil de N_2 para introducir el gas N_2 por la toma de proceso seleccionada hasta alcanzar la presión determinada en la memoria de cálculo en el sistema.
13. Cerrar la válvula del cilindro de N_2 .
14. Abrir la válvula de $\frac{3}{4}''\text{Ø}$ de los drenes seleccionados purgando el oxígeno de todo el sistema hasta que el detector múltiple de gases registre 5% como concentración máxima. (Este paso debe hacerse dren por dren, iniciando por el que se encuentre localizado en la parte más baja del sistema).
15. Si durante el purgado se observa que la presión en el sistema ya es menor a 1 Kg/cm^2 y la concentración de oxígeno es mayor de 5% entonces regresar a los pasos 11-15.
16. Verificar que al finalizar el purgado, el sistema registre una presión manométrica mínima de 1 kg/cm^2 .
17. Desconectar los arreglos de tubing o mangueras de alta presión utilizadas en la prueba neumática e inertizado del sistema.
18. Instalar los tapones cachucha de la toma de proceso, venteos y drenes de $\frac{3}{4}''\text{Ø}$ seleccionados para realizar el inertizado.

CÁLCULOS RELACIONADOS.

Para realizar dicho método antes se deberán realizar los siguientes cálculos.

- Se calculará la cantidad de Nitrógeno requerido para realizar el inertizado en las tuberías y equipos.

Ecuación 5.1, para el cálculo del volumen en tuberías.

$$V = \frac{\pi D^2 L}{4} \quad (5.1)$$

Donde:

V = Volumen (m³)

π = Factor a dimensional igual a 3.1416

D = Diámetro interior de la tubería (m)

L = Longitud de la tubería (m)

Ecuación general para gases ideales.

$$P V = m R T \quad (5.2)$$

Donde:

P = Presión absoluta del gas (kN/m²)

V = Volumen del gas (m³)

M = Masa del gas (kg_m)

R = Constante particular del gas (kJ/kg_mK)

T = Temperatura absoluta (K)

1. Se deberá encontrar el número total de cilindros de N₂ requeridos para inertizar el sistema se divide la masa de N₂ que se debe adicionar entre la masa que contiene un cilindro de N₂.

$$N_{CIL} = \frac{m_{AD}}{m_{CI}} \quad (5.3)$$

Donde:

N_{CIL} = Número total de cilindros a utilizar para el inertizado del sistema

m_{AD} = Masa adicional requerida para inertizar el sistema (kg_m)

m_{CIL} = Masa total del sistema a inertizar (kg_m)

2. Se deberá considerar una cantidad de nitrógeno N_2 previniendo que se presente alguna fuga en embridamientos durante la inyección del nitrógeno (inertizado) al sistema.

$$N_{REAL} = 1.50 * N_{CIL} \quad (5.4)$$

Donde:

N_{REAL} = Número total de cilindros considerando perdidas por fugas de N_2

Ejemplo.

Se desea realizar un inertizado al sistema de tuberías como se muestra en el plano integrado No. INERT-TESIS-001, en el cual se muestran las líneas de 10"-N-1072-E02, 2"-N-1072-E02, 10"-N-1073-E02 y 2"-N-1072-E02 respectivamente; debido a que dichas tuberías se encuentran próximas a entrar en operación y cuyo servicio será el de transportar B.N. a pozos.

La cédula de la tubería de 10"Ø es XS, y de la de 2"Ø es cédula 160

MEMORIA DE CÁLCULO

- La memoria de cálculo tiene como objetivo determinar la cantidad mínima de Nitrógeno necesario para tener una atmósfera inerte y seca en el sistema de inyección de B.N. a pozos, realizando un barrido de aire contenido en el interior de las tuberías y equipos del que pudiera provocar una mezcla explosiva durante la puesta en operación del sistema. Para realizar esta memoria se considera que el sistema quedará presurizado a 1 Kg/cm^2 man. Con una concentración de O_2 por debajo del límite inferior de flamabilidad (5%).

- El alcance de esta memoria de cálculo, serán las líneas mencionadas en la tabla 5.1, cuyos datos se determinaron mediante el plano integrado No. INERT-TESIS-001.

Diametro de linea	Líneas incluidas	Longitud de tubería	Diam. Interior
POZO 1			
2"Ø E02	2"-N-1073-E02	3.543 m.	0.04285 m.
10"Ø E02	10"-N-1073-E02	30.513 m.	0.24765 m.
POZO 2			
2"Ø E02	2"-N-1072-E02	4.707 m.	0.04285 m.
10"Ø E02	10"-N-1072-E02	29.742 m.	0.24765 m.

Tabla 5.1.- Líneas incluidas en el inertizado

1. Se calculará el volumen total de cada línea mediante la Ec. 5.1

- a) Cálculo de volumen de la línea de 2"-N-1073-E02 es igual a $V = 0.00511 \text{ m}^3$
- b) Cálculo de volumen de la línea de 10"-N-1073-E02 es igual a $V = 1.46978 \text{ m}^3$
- c) Cálculo de volumen de la línea de 2"-N-1072-E02 es igual a $V = 0.00679 \text{ m}^3$
- d) Cálculo de volumen de la línea de 10"-N-1072-E02 es igual a $V = 1.43255 \text{ m}^3$

Por lo tanto el volumen total del sistema es igual a la suma de los volúmenes de las líneas de 2"Ø y de 10"Ø

$$V_T = 2.9142 \text{ m}^3$$

Para calcular las cantidades de masa de aire y nitrógeno presentes en el sistema se parte de las siguientes condiciones iniciales y propiedades físicas:

Sistema Inicial (Aire)

Presión manométrica	$P_T = 0$
Volumen total	$V_T = 2.4142 \text{ m}^3$
Constante del aire	$R = 0.287 \text{ kJ/kg}_m\text{K}$
Temperatura amb.	$T = 32 \text{ }^\circ\text{C}$
Presión absoluta	$P_T = 1.033 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs}$
Presión absoluta	$P_T = 101.337 \text{ kN/m}^2 \text{ abs}$
Temperatura absoluta	$T = 305 \text{ K}$

Nitrógeno N_2 y Oxígeno O_2

Constante del O_2	$R = 0.2598 \text{ kJ/kg}_m\text{K}$
Constante del N_2	$R = 0.2968 \text{ kJ/kg}_m\text{K}$

2. Cálculo de la masa total de aire del sistema a inertizar utilizando la Ec. 5.2.

$$m = \frac{PV}{RT}$$

$$m_1 = 2.79487 \text{ kg}_m$$

3. Cálculo de la cantidad de nitrógeno N_2 presente en el aire del sistema. (78% de N_2)

$$m_2 = (0.78 * m_1)$$

$$m_2 = 2.180 \text{ kg}_m$$

4. Cálculo de la cantidad de oxígeno O₂ presente en el aire del sistema. (22% O₂)

$$m_3 = (m_1 - m_2)$$

$$m_3 = 0.61487 \text{ kg}_m$$

Nota: El límite inferior de explosividad es una concentración al 5% de O₂

5. Cálculo de la cantidad de nitrógeno N₂ (95%) del sistema sabiendo que el O₂ (0.61487) representa el 5%.

$$m_4 = (m_3 * \frac{95}{5}) =$$

$$m_4 = 11.683 \text{ kg}_m$$

6. Cálculo de la cantidad de nitrógeno N₂ que se debe adicionar al sistema sabiendo que la cantidad de nitrógeno inicialmente es 2.180 kgm

$$m_{AD} = (m_4 - m_2)$$

$$m_{AD} = 9.50254 \text{ kg}_m$$

7. Cálculo de la masa total del sistema al adicionarle nitrógeno N₂

$$m_T = (m_4 + m_3)$$

$$m_T = 12.2974 \text{ kg}_m$$

8. Cálculo de la presión que alcanzará el sistema al adicionarle nitrógeno N₂

$$PT = \frac{(m_4 * RN_2 * T_{ABS}) + (m_3 * RO_2 * T_{ABS})}{VT}$$

$$PT = \frac{(11.683 * 0.2968 * 305) + (0.61487 * 0.2598 * 305)}{2.4142}$$

$$PT = 458.235 \text{ kN/m}^2 \text{ abs}$$

$$= 4.6711 \text{ kg/cm}^2 \text{ abs}$$

$$PT = 3.6381 \text{ kg/cm}^2 \text{ man}$$

Para determinar el número de cilindros de nitrógeno N_2 se parte de las siguientes consideraciones:

PROPIEDADES FÍSICAS

Cilindro de N_2

Presión manométrica $PCIL = 182.840 \text{ kg/cm}^2 \text{ man.}$

Volumen total $VCIL = 0.04 \text{ m}^3$

Constante del N_2 $R = 0.2968 \text{ kJ/kg}_m\text{K}$

Temperatura amb. $T = 32 \text{ }^\circ\text{C}$

Presión absoluta $PT = 1.033 \text{ kg/cm}^2 + 182.840 \text{ kg/cm}^2 \text{ man.} = 183.873 \text{ kg/cm}^2$
man

$$PT = 18037.941 \text{ kN/m}^2 \text{ abs}$$

Temperatura absoluta $T = 305 \text{ K}$

9. Cantidad de masa de N_2 que se debe adicionar al sistema a inertizar ya calculada es:

$$m_{AD} = 9.50254 \text{ kg}_m$$

10. Cálculo de la masa de un cilindro de N_2 lleno:

$$m_{CIL} = \frac{(P_{CIL})(V_{CIL})}{RT}$$

$$m_{CIL} = 7.97046 \text{ kg}_m$$

11. Cálculo del número de cilindros a utilizar para el inertizado de las líneas de 10"-N-1072-E02, 2"-N-1072-E02, 10"-N-1073-E02 y 2"-N-1072-E02. (sin considerar el barrido) utilizando la Ec. No. 3

$$N_{CIL} = \frac{m_{AD}}{m_{CI}}$$

$$N_{CIL} = 1.19222 \text{ cilindros}$$

12. Cálculo del número de cilindros a utilizar para el inertizado de las líneas de 10"-N-1072-E02, 2"-N-1072-E02, 10"-N-1073-E02 y 2"-N-1072-E02. (considerando el barrido con N₂) utilizando la Ec. No. 4

$$N_{REAL} = 1.50 * N_{CIL}$$

$$N_{REAL} = 1.78832 \text{ cilindros}$$

En resumen para realizar el inertizado se requieren 2 cilindros de nitrógeno N₂ y se debe alcanzar una presión mínima en el sistema al suministrarle nitrógeno de 3.6381 kg/cm² man.

DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.

Una vez que se ha calculado la cantidad de nitrógeno que se le inyectara al sistema para dejarlo con una concentración de oxígeno O₂ por debajo del límite inferior de flamabilidad (5%), se procede a realizar el método con el que se le deberá inyectar el nitrógeno al sistema del plano integrado No. INERT-TESIS-001.

Trabajos previos

Se elabora el permiso de trabajo en tiempo y forma para llevar a cabo esta actividad

- En caso de ser necesario se habilitaran andamios para maniobras.
- Se retiraran cómales provisionales (en este ejercicio no existen cómales que retirar).
- Se revisará físicamente que todas las juntas bridadas se encuentren cerradas completamente, con sus empaques semimetálicos y sus espárragos apretados adecuadamente.

Equipo de medición y prueba.

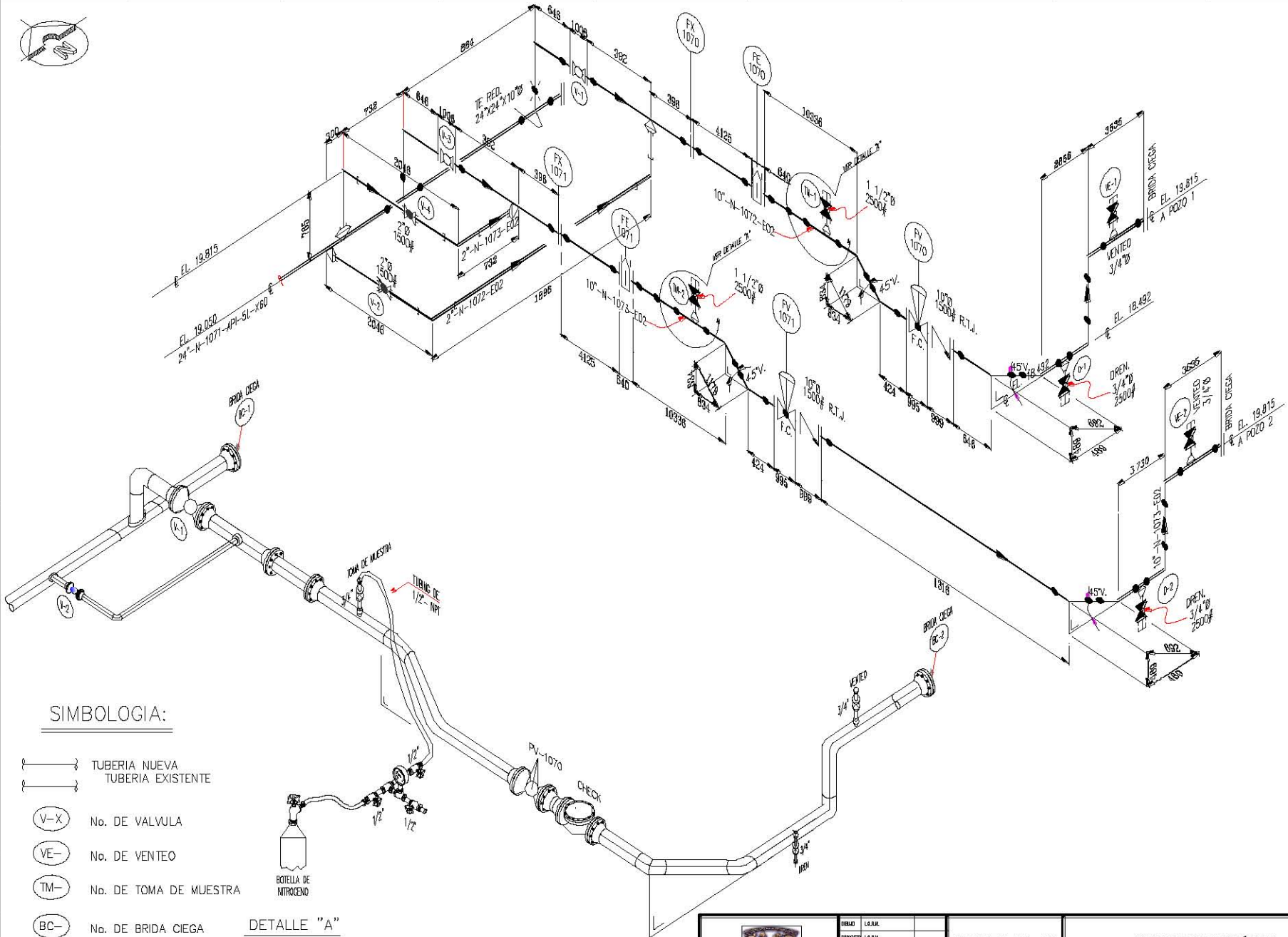
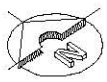
- Detector múltiple de gases.
- Manómetro de 0-150 psi.

Inertizado de tuberías de suministro de B.N. a pozo 1 (ver isométrico integrado INERT-TESIS-001)

1. Retirar los tapones cachucha de la toma de muestra, dren y venteo de 1 ½"Ø, y ¾" Ø, TM-1, VE-1 y D-1.
2. Verificar que las válvulas V-1, V-2, se encuentren cerradas.
3. Verificar que las válvulas de la toma de muestra, dren y venteo de 1 ½"Ø, y ¾" Ø, TM-1, VE-1 y D-1, se encuentren cerradas.
4. Verificar que la válvula de control FV-1070 se encuentre abierta.
5. Instalar un manómetro de 0-60 psi. E el venteo VE-1 de ¾"Ø, con el fin de monitorear la presión durante la prueba neumática e inertizado.
6. Realizar un arreglo con tubing o manguera de alta presión entre las toma de muestra TM-1 de 1 ½"Ø y el dren D-1 de ¾"Ø, para realizar la prueba neumática e inertizado a las líneas de suministro de gas de B.N. al pozo 1.

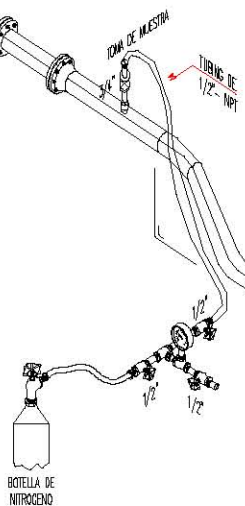
7. Realizar prueba neumática a todo el sistema a 8 Kg/cm^2 y monitorear esta presión durante 2 horas, si se presentan fugas estas deberán ser corregidas. (al finalizar la prueba el sistema deberá ser despresurizado).
8. Realizar la conexión del cilindro portátil de Nitrógeno N_2 en la toma TM-1 de $1 \frac{1}{2}''\text{Ø}$, mediante líneas de tubing o mangueras de alta presión.
9. Se deberá verificar la hermeticidad de las conexiones realizadas en paso anterior.
10. Abrir la válvula TM-1 de $1 \frac{1}{2}''\text{Ø}$
11. Abrir gradualmente la válvula del cilindro portátil de N_2 para introducir el gas N_2 por la toma TM-1 hasta alcanzar una presión de 3.6381 kg/cm^2 en el sistema.
12. Cerrar la válvula del cilindro de N_2 .
13. Cerrar la válvula de la toma TM-1 de $1 \frac{1}{2}''\text{Ø}$.
14. Abrir la válvula de $\frac{3}{4}''\text{Ø}$ del dren D-1, purgando el oxígeno de todo el sistema hasta que el detector múltiple de gases registre el 5% como concentración mínima.
15. Si durante el purgado se observa que la presión en el sistema ya es menor a 1 kg/cm^2 y la concentración de oxígeno es mayor de 5% entonces regresar a los pasos 11 –15.
16. Verificar que al finalizar el purgado, el sistema registre una presión manométrica mínima de 1 kg/cm^2
17. Desconectar los arreglos de tubing o mangueras de alta presión utilizadas para la prueba neumática e inertizado del sistema.
18. Instalar los tapones cachucha de la toma de muestra, venteo y dren de $1 \frac{1}{2}''\text{Ø}$ y $\frac{3}{4}''\text{Ø}$, TM-1, VE-1 y D-1.
19. Inertizado de tuberías de suministro de B.N. a pozo 2 (ver isométrico integrado INERT-TESIS-001)
20. Retirar los tapones cachucha de la toma de muestra, dren y venteo de $1 \frac{1}{2}''\text{Ø}$, y $\frac{3}{4}'' \text{Ø}$, TM-2, VE-2 y D-2.
21. Verificar que las válvulas V-3, V-4, se encuentren cerradas.
22. Verificar que las válvulas de la toma de muestra, dren y venteo de $1 \frac{1}{2}''\text{Ø}$, y $\frac{3}{4}'' \text{Ø}$, TM-2, VE-2 y D-2, se encuentren cerradas.
23. Verificar que la válvula de control FV-1071 se encuentre abierta.

24. Instalar un manómetro de 0-60 psi. E el venteo VE-2 de $\frac{3}{4}$ "Ø, con el fin de monitorear la presión durante la prueba neumática e inertizado.
25. Realizar un arreglo con tubing o manguera de alta presión entre las toma de muestra TM-2 de $1\frac{1}{2}$ "Ø y el dren D-2 de $\frac{3}{4}$ "Ø, para realizar la prueba neumática e inertizado a las líneas de suministro de gas de B.N. al pozo 2.
26. Realizar prueba neumática a todo el sistema a 8 Kg/cm^2 y monitorear esta presión durante 2 horas, si se presentan fugas estas deberán ser corregidas. (al finalizar la prueba el sistema deberá ser despresurizado).
27. Realizar la conexión del cilindro portátil de Nitrógeno N_2 en la toma TM-2 de $1\frac{1}{2}$ "Ø, mediante líneas de tubing o mangueras de alta presión.
28. Se deberá verificar la hermeticidad de las conexiones realizadas en paso anterior.
29. Abrir la válvula TM-2 de $1\frac{1}{12}$ "Ø
30. Abrir gradualmente la válvula del cilindro portátil de N_2 para introducir el gas N_2 por la toma TM-2 hasta alcanzar una presión de 3.6381 kg/cm^2 en el sistema.
31. Cerrar la válvula del cilindro de N_2 .
32. Cerrar la válvula de la toma TM-2 de $1\frac{1}{2}$ "Ø.
33. Abrir la válvula de $\frac{3}{4}$ "Ø del dren D-2, purgando el oxígeno de todo el sistema hasta que el detector múltiple de gases registre el 5% como concentración mínima.
34. Si durante el purgado se observa que la presión en el sistema ya es menor a 1 kg/cm^2 y la concentración de oxígeno es mayor de 5% entonces regresar a los pasos 11 –15.
35. Verificar que al finalizar el purgado, el sistema registre una presión manométrica mínima de 1 kg/cm^2
36. Desconectar los arreglos de tubing o mangueras de alta presión utilizadas para la prueba neumática e inertizado del sistema.
37. Instalar los tapones cachucha de la toma de muestra, venteo y dren de $1\frac{1}{2}$ "Ø y $\frac{3}{4}$ "Ø, TM-2, VE-2 y D-2.



SIMBOLOGIA:

- TUBERIA NUEVA
- TUBERIA EXISTENTE
- No. DE VALVULA
- No. DE VENTEO
- No. DE TOMA DE MUESTRA
- No. DE BRIDA CIEGA



DETALLE "A"
TÍPICO DE CONEXION
A LINEA DE PROCESO

 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO IIAEA	DISEÑO: L.R.S.A. PROYECTO: L.R.S.A. REVISÓ: L.R.S.A. COORD. DE SALA:	<h1 style="margin: 0;">FESC</h1> FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUATSIMILAN	INERTIZADO A TUBERIAS DE INYECCION DE B.N.		HERRERA 0
	FECHA: 08/01/10 CANTIDAD DEL:		FOLIO: 10 DE: 10	INERT-TESIS-001	

Capitulo 6 Hot Tapping

HOT TAPPING

OBJETIVO

El objetivo de este procedimiento es determinar si las condiciones actuales de la tubería son las adecuadas para realizar un inserto en una tubería viva denominado (Hot Tapping), de tal manera que se cumplan los requerimientos mínimos para realizar estas actividades de manera segura.

Se calculará el espesor mínimo requerido por una tubería, de acuerdo a las condiciones de operación actual y presentes en el momento de realizar un Hot Tapping, adicionalmente se calculará la transferencia de calor en el momento en que se aplique la soldadura hacia el fluido manejado en dicha tubería.

ALCANCE

Determinar las actividades que se requieren para realizar un HOT TAPPING en una tubería viva como se muestra en la figura 6.1, de acuerdo a las normas y códigos actuales, incluye la realización de memoria de cálculo para la aplicación de soldadura en un arreglo soldable y la realización del Hot Tapping.

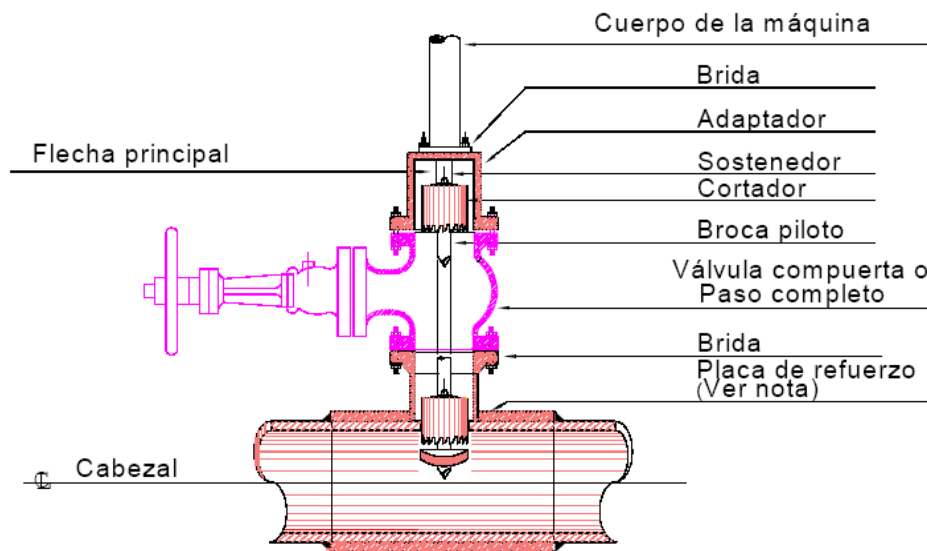


Fig. 6.1 Esquemático de un Hot tapping

El Hot Tapping es la técnica de adicionar con soldadura un ramal con brida a una tubería o equipo en servicio, a través de una abertura en la tubería o equipo por medio de perforar o cortar una porción. Un hot tapping es realizado cuando no es práctico sacar de operación el equipo, o limpiarlo o drenarlo por métodos convencionales.

En la práctica cada hot tapping es diferente, por lo tanto deberá desarrollarse un procedimiento específico para cada trabajo y deberá estar disponible antes de iniciar el trabajo, para ayudar a asegurar que se consideren todas las medidas de seguridad.

Los criterios de hot tapping aplican a tubería y equipos fabricados de acero ferrítico y austenítico. Otros materiales tales como aluminio, cobre, plástico, hierro fundido requieren especiales procedimientos.

NORMAS, ESTANDES Y CODIGOS DE REFERENCIA

- API-2201 Última Edición, “Procedures for Welding or Hot Tapping on Equipment Containing Flammables” (Procedimiento para Soldadura o Hot Tappings en Equipos que Contienen Sustancias Inflamables)
- ASME SECCION VIII, DIVISION 1 (Recipientes a presión y calentadores)

DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Diagramas de tuberías e instrumentación
- Esquemas de localización

BASES Y CRITERIOS DE DISEÑO

Generalidades

- Se aplicara los códigos de referencia indicados en el punto anterior
- La tubería a utilizar acorde con la resistencia de los materiales es acero al carbón A-106 Gr. B y API 5L Gr. B.

- El factor de tolerancia debido a los esfuerzos mecánicos, incluyendo corrosión y erosión se define como 0.125 pulgadas para este tipo de tuberías y los fluidos involucrados en el proceso.
- El esfuerzo permisible de la tubería de acuerdo a las tablas del ASME B.31.3
- Se utilizarán simuladores de proceso institucionales para la obtención de las propiedades fisicoquímicas de cada fluido.
- El fluido que circula en la tubería y la temperatura de operación están definidos describiéndose detalladamente en el desarrollo del cálculo.
- La temperatura para una soldadura optima es de 350°F y la mínima a utilizar en el proceso de soldadura es 325°F
- El área de transferencia de calor aplicada por la soldadura es la del diámetro mayor del electrodo, que en este caso es de un diámetro de 1/8" (0.104ft)
- Se utilizarán los valores bibliográficos de conductividad térmica de la tubería en cuestión, en este caso de acero al carbón (25.7 Btu/hr °F Ft² /Ft)

LIMITACIONES PARA REALIZAR UN HOT-TAPPING.

Deberán de verificarse que las condiciones de proceso no excedan los rangos máximos de temperatura y presión para la cual está diseñada la máquina para realizar un Hot Tapping.

La soldadura no debe llevarse a cabo si cualquiera de las condiciones siguientes esta presente:

- Tuberías operando a temperaturas inferiores a 50°F (10°C) o superiores a 700°F (370°C)
- Tuberías operando con vacío o con presiones superiores a 1000 Psi.
- Tuberías que tienen un espesor mínimo medido en campo inferior a 0.18"
- Materiales endurecibles por aire. (La soldadura deberá ser limitada a aceros al carbón y aceros austenísticos)
- Cuando cualquier nivel de prueba o examen de la soldadura sea imposible de realizar
- Tuberías de aire o de proceso que contengan o puedan contener aire.

- Todas las tuberías que contengan ácidos.
- Tuberías que contengan hidrogeno o mezcla de este, y que la presión o presión parcial exceda los 100 psi.
- Donde la localización de accesorios para el hot tapping, evite una pronta intervención en casos de emergencia.

RANGOS DE FLUJOS

La ausencia de flujo en ambos tipos de fluidos gases y líquidos presenta una condición potencialmente riesgosa. El Flujo en la línea puede ser considerado como un atenuador del calor y la ausencia de flujo resulta en la reducción de la atenuación del calor, y así extendiendo la profundidad de la penetración de calor, pudiendo alcanzar la temperatura de descomposición de ciertos fluidos.

Consecuentemente la ausencia de flujo provocada por una válvula cerrada en algún de lados del lugar de la soldadura puede producir condiciones riesgosas de alta presión provocada por la expansión del contenido de la tubería.

Flujos muy altos con gases rara vez representan un problema, pero altos flujos en líquidos pueden presentar dos posibles problemas:

- Que se dificulte obtener calor en la tubería para asegurar una fusión completa de la soldadura.
- Flujos excesivamente altos tienden a resultar en un rápido enfriamiento, lo que significa un incremento en una dureza excesiva de la soldadura en HAZ (Zona afectada por el calor) provocando problemas de fracturas.

En casos donde la presión de operación exceda el 75% de la presión máxima de trabajo, varias condiciones pueden manipularse para permitir el cumplimiento de los requerimientos establecidos para este procedimiento, es decir:

- Reducción de la presión de operación.
- Reducción de la temperatura de operación.

- Reducción de la penetración de HAZ (Zona afectada por calor).

El ultimo requerirá de un examen para determinar la reducción de la penetración de HAZ (Zona afectada por calor).

PROCEDIMIENTOS DE CÁLCULO

CALCULO DE ESPESOR MINIMO REQUERIDO

$$t_m = t + c + \text{factor de seguridad}(0.09375")$$

$$t = P \cdot D / (2 \cdot (S \cdot E + P \cdot Y)) \quad (6.1)$$

Donde:

t_m = espesor mínimo requerido, pulgadas

t = espesor calculado por diseño, pulgadas

c = suma de permisible mecánico, incluye los permisibles por erosión y corrosión, pulgadas

P = presión de diseño, psi (Lb/plg²)

D = diámetro externo del tubo, pulgadas

S = esfuerzo permisible del material, psi (Lb/plg²)

E = factor de calidad o eficiencia de la junta, a dimensional (0.85 a 1.0)

Y = coeficiente, a dimensional (0.4 para temperaturas menores a 900°F)

Se compara el resultado obtenido con los datos de calibración de espesores para la tubería en cuestión.

$$t_{m_{\text{real}}} \geq t_{m_{\text{calculado}}} \quad (6.2)$$

Determinándose que la tubería a la cual se le va a realizar el inserto en línea viva (Hot-Tapping) reúne las condiciones para poder realizar dicho trabajo.

CALCULO DE TRANSFERENCIA DE CALOR

ECUACION DE TRANSFERENCIA DE CALOR A TRAVEZ DE LA TUBERIA

$$Q_c = K_i A_E (T_s - T_p) / \Delta X \quad (6.3)$$

Donde:

Q_c = Transferencia de calor generado por la soldadura, Btu/hr.

K_i = Coeficiente de transferencia de calor por conducción para acero al carbón, Btu/hr $^{\circ}$ Fft 2 /ft.

A_E = Area de transferencia de calor por conducción del electrodo, ft 2 .

ΔX = Distancia a recorrer por la adición de calor al sistema (espesor mínimo medido menos la distancia de penetración de la soldadura en este caso 1/4"), ft.

T_p = Temperatura de la pared interna de la tubería, $^{\circ}$ F

T_s = Temperatura máxima de aplicación de la soldadura, $^{\circ}$ F

CALCULO DEL COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR DE PELICULA.

$$Nu_D = h_f D_i / K_f = 0.023 Re^{0.8} Pr^n \dots\dots\dots (Ec. de Dittus-Boelter)$$

Siendo $n = 0.4$ para calentamiento de fluido.

$$Re = 6.31 W / (d_i \mu)$$

$$Pr = C_p \mu / K_f$$

Donde:

h_f = Coeficiente de transferencia de calor de película del fluido, Btu/hr ft 2 $^{\circ}$ F

D_i = Diámetro interno de la tubería, Ft.

d_i = Diámetro interno de la tubería, in.

K_f = Conductividad térmica del fluido, Btu/hr $^{\circ}$ F ft 2 /Ft.

W = Flujo másico, Lb/hr.

Re = Número de Reynolds, adimensional.

Pr = Número de Prandtl, a dimensional

v = Velocidad del fluido, ft/seg.

ρ = Densidad del fluido, Lb/ft³

μ = Viscosidad del fluido, Cp

C_p = Calor específico, Btu/Lb °F

Con los datos definidos, se despeja h_f

ECUACION DE LA TRANSFERENCIA DE CALOR ABSORBIDO POR EL FLUIDO.

$$Q_f = h_f A_E (T_p - T_f)$$

Donde:

Q_f = transferencia de calor del fluido, Btu/hr.

h_f = coeficiente de transferencia de calor de película del fluido, Btu/hr Ft² °F.

A_E = área de transferencia de calor por conducción del electrodo, Ft².

T_p = temperatura de la pared interna de la tubería, °F

T_f = temperatura de operación del fluido, °F

CALCULO DE LA TEMPERATURA DE PARED

El calor generado por la soldadura es igual al calor conducido a través de la tubería e igual al calor absorbido por el fluido, es decir:

$$Q_f = Q_c = Q \tag{6.4}$$

Sustituyendo

$$h_f A_E (T_p - T_f) = K_i A_E (T_s - T_p) / \Delta X$$

Considerando que el coeficiente de película es constante y despejando T_p se obtiene directamente la temperatura de pared de la ecuación:

$$T_p = (T_s K_i + T_f h_f \Delta X) / (K_i + h_f \Delta X)$$

La temperatura máxima que puede alcanzar el fluido es T_p , localizado cerca de la aplicación de soldadura (Hot-Tapping).

ACTIVIDAD:

Aplicación de soldadura en arreglos soldables de 1½"Ø-600# y realización de Hot Tapping para tomas de proceso en bajantes de pozos (producción-prueba y producción) de 6"Ø.

OBJETIVO

Describir en forma clara y detallada las actividades a desarrollar para realizar la aplicación de soldadura en arreglos soldables de 1½"Ø-600# R.F. y realización de Hot Tapping para tomas de proceso en bajantes de pozos (Producción-Prueba y Producción) de 6"Ø.

ALCANCE

Este plan de contingencia constructivo aplica única y exclusivamente para realizar la aplicación de soldadura en arreglos soldables de 1½"Ø-600# R.F. y realización de Hot Tapping para tomas de proceso en bajantes de pozos (Producción-Prueba y Producción) de 6"Ø; medición de espesores de la tubería existente, aplicación de soldadura, aplicación de líquidos penetrantes, prueba neumática.

PRERECQUISITOS

1. Localizar y marcar la toma de procesos en líneas existente de 6"Ø (Bajantes de pozos de producción-prueba y producción).
2. Realizar medición de espesores en línea existente de 6"Ø (Bajante de pozos de producción-prueba y producción)
3. Conocer las condiciones operativas de las líneas de 6"Ø (bajantes de pozos de producción-prueba y producción).
4. Elaboración del cálculo de espesor mínimo requerido y la transferencia de calor para evaluar la factibilidad para realizar instalación arreglos soldables de 1½"Ø-600# R.F.
5. Solicitar los certificados de calificación de los soldadores.
6. Solicitar los certificados de calibración vigente de las maquinas de soldar.

7. Solicitar los certificados de materiales permanentes del arreglo soldable (SOCKOLET, NIPLE, BRIDA) de 1 ½"Ø-600# R.F.
8. Solicitar las válvulas de bola paso completo de 1 ½"Ø-600# R.F. (para uso temporal).
9. Solicitar el certificado vigente de la maquina tapinadora.
10. Solicitar el certificado del técnico operador de la maquina tapinadora

TRABAJOS PREVIOS.

- Se debe contar con todos los materiales necesarios para realizar la instalación de arreglo soldable (SOCKOLET, NIPLE, BRIDA) y válvula de 1 ½"Ø-600# R.F.
- Habilitar una brida ciega de 1 ½"Ø-600# con arreglo de ¾"Ø para uso temporal en la realización de la prueba neumática, (ver figura 2, plano DRILLING-TESIS-001 Rev. 0)
- Realizar pruebas hidrostáticas a la válvula de bola paso completo de 1 ½"Ø-600# R.F.
- Transportar arreglo soldable (SOCKOLET, NIPLE, BRIDA) de 1 ½"Ø-600# R.F, válvula de 1 ½"Ø-600# R.F. y empaques al sitio de trabajo.
- Transportar maquina tapinadora al sitio de trabajo.

ACTIVIDADES PREVENTIVAS.

- Acordonamiento con cinta de limitativa color rojo en el área en donde se realizara el trabajo de aplicación de soldadura en arreglo de 1 ½"Ø-600# y drilling.
- Monitoreo de explosividad antes y durante la ejecución del trabajo, para evitar la presencia de gases tóxicos o explosivos debido a fugas en el área donde se encuentre el personal aplicando soldadura y realizando el drilling.
- Verificar que las condiciones operativas (flujo, presión y temperatura) de los bajantes de pozos de 6"Ø se encuentren dentro del rango de operación normal. (ver condiciones operativas en plano DRILLING-TESIS-001 Rev. 0)
- Verificar que se cuente con los certificados calibración de las maquinas de soldar.
- Verificar que se cuente con los certificados de calificación de los soldadores.

- Verificar que se cuente con los certificados de calidad de los materiales permanentes.
- Verificar el buen funcionamiento de la máquina de soldar.
- Verificar el buen funcionamiento de maquina tapinadora.
- Verificar que se cuente con el certificado de la maquina tapinadora.
- Verificar que se cuente con el certificado del técnico operador de la maquina tapinadora.

ACTIVIDADES PARTICULARES.

1. Instalación de arreglo soldable (SOCKOLET, NIPLE, BRIDA) de 1 ½"Ø-600# R.F. en bajante de pozo de 6"Ø en la plataforma PP-KU-I.
2. Limpieza mecánica a metal base en bajante de pozo de 6"Ø, donde se instalara el arreglo de 1 ½"Ø-600#.
3. Instalación del arreglo de 1 ½"Ø en bajante de pozo de 6"Ø (alineación, presentación y punteo)
4. Aplicación de soldadura en arreglo de 1 ½"Ø en bajante de pozo de 6"Ø. (de acuerdo al procedimiento de soldadura.
5. Realizar prueba de líquidos penetrantes a soldadura del arreglo de 1 ½"Ø en bajante de pozo de 6"Ø.
6. En caso de encontrarse defectos en la soldadura se deberán corregir inmediatamente.
7. Instalar arreglo (brida ciega de 1 ½"Ø-600# con arreglo de ¾"Ø) para prueba neumática, utilizar un empaque de asbesto entre bridas. (Ver figura 2, plano DRILLING-TESIS-001 Rev.0)
8. Realizar prueba neumática a la presión de operación de la bajante del pozo. Ver presión de operación en plano DRILLING-TESIS-001 Rev. 0.
9. Retirar brida ciega de 1 ½"Ø-600# con arreglo de ¾"Ø, utilizado para la prueba neumática.
10. Instalación de válvula bridada de bola paso completo de 1 ½"Ø-600# R.F. en arreglo soldable (SOCKOLET, NIPLE, BRIDA) con empaque flexitalic. (Ver figura 3, plano DRILLING-TESIS-001 Rev. 0).

11. Realización de drilling de 1 ½"Ø en bajante de pozo de 6"Ø.
12. Realizar el acoplamiento de la máquina tapinadora en brida roscada de 1 ½"Ø-600# R.F
13. Verificar que el manómetro ubicado en la cámara de la tapinadora marque cero así mismo que este se encuentre en buenas condiciones
14. Realizar la prueba de hermeticidad con nitrógeno al conjunto (Arreglo de 1 ½"Ø-600# R.F., válvula de 1 ½"Ø-600# R.F. y maquina tapinadora) a la presión de operación de la línea, (Ver presión de operación en plano DRILLING-TESIS-001 Rev. 0).
15. Desfogar el nitrógeno utilizado en la prueba de hermeticidad hasta que el manómetro marque cero y cerrar la válvula del venteo.
16. Accionar manualmente la barra principal de la tapinadora hasta que la broca toque la pared externa de la tubería a tapinar, verifica la lectura inicial en la regleta de medición.
17. Iniciar la operación de la máquina tapinadora, mediante acción manual o pistola neumática.
18. Verificar constantemente la penetración del corte por medio de la regleta de medición, para estar prevenido cuando la pared de la tubería sea perforada.
19. Cuando el manómetro de la tapinadora registre la presión de operación de la bajante de pozo, indica que la tubería ha sido perforada.
20. Para obtener un orificio bien definido continúe barrenando aproximadamente 1/8" después barrenar la distancia del corte.
21. Cuando se haya conseguido realizar el drilling se procederá a retraer la broca hasta alcanzar el punto de inicio.
22. Cerrar la válvula de 1 ½"-600# R.F completamente al 100%.
23. Despresurizar la máquina tapinadora por medio del venteo, esto deberá realizarse hacia un lugar seguro.
24. Con apoyo del operario de Pruebas hidrostáticas retirar la máquina tapinadora.
25. En caso de que la libranza para instalación del termopozo del TIT no vaya a realizar inmediato al desmontaje de la maquina tapinadora, entonces colocar una brida ciega temporal de 1 ½"-600# R.F.
26. Entrega de trabajos concluidos.

Secuencia Fotográfica de Actividades durante un Hot Tapping



Aplicación de soldadura



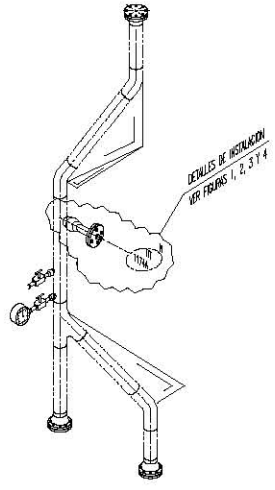
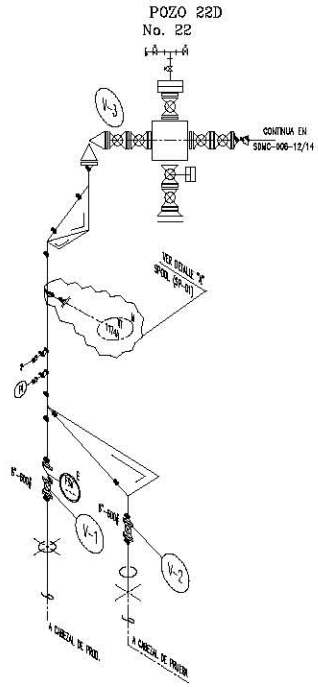
Preparación se superficie y aplicación de líquidos penetrantes



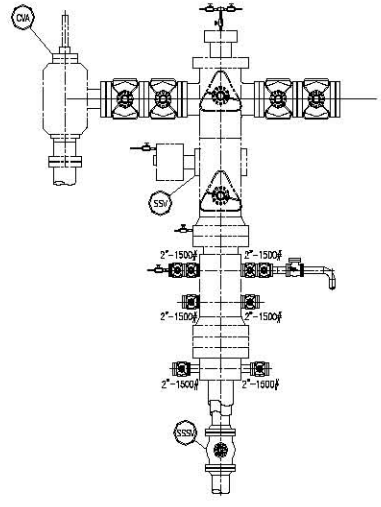
Instalación de Válvula de paso completo



Maquina Tapinadora y Drilling



DETALLE "A"
SPOOL SP-01



POZO No. P-22D
REPRESENTACION ESQUEMATICA

DRILLIN DE 1 1/2" EN LA BAJANTE DEL POZO DE PRODUCCION P-22D PARA INSTALACION DE TERMOPOZO DE TIT-1174A			
PRESION DE OPERACION	53 KG/CM2	FLUJO DE OPERACION	2105 BPD
		TEMPERATURA DE OPERACION	79 °C
NUMERO DE VALVULA	POSICION ACTUAL	POSICION LIBRANZA O CONTINGENCIA	
V-1	ABIERTA	CERRADA	
V-2	ABIERTA	CERRADA	
V-3	ABIERTA	CERRADA	
CERRAR POZO EN CONSOLA BAKER			

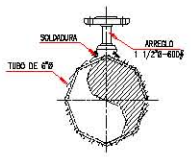


FIGURA 1
INSTALACION Y SOLDADURA DE ARREGLO (SOCKET, NIPLE BRIDA) DE 1 1/2" Ø-600#

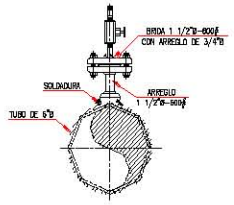


FIGURA 2
INSTALACION TEMPORAL DE BRIDA 1 1/2" Ø-600# CON ARREGLO DE 3/4" PARA PRUEBA NEUMATICA

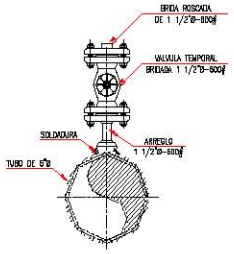


FIGURA 3
INSTALACION DE VALVULA TEMPORAL Y BRIDA ROSCADA PARA INSTALACION DE MAQUINA TAPINADORA.

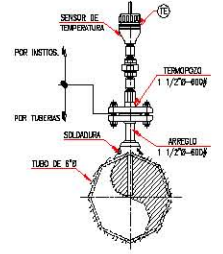


FIGURA 4
RETIRO DE VALVULA TEMPORAL E INSTALACION DE TERMOPOZO

SIMBOLOGIA:

- TUBERIA NUEVA
- TUBERIA EXISTENTE
- TOMA NUEVA PROPUESTA
- N NUEVA
- E EXISTENTE

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO UNAM</p>	<p>DRILLO L.O.R.A.</p> <p>PROYECTO L.O.R.A.</p> <p>SENO L.O.R.A.</p> <p>COORD. DR. L. RIVAS</p>	<p>FESC</p> <p>ESCUELA DE INGENIERIA EN CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL AGUA</p> <p>FAJUTA DE ESTUDIOS SUPERIORES CUATILAN</p>	<p>ISOMETRICO GENERAL PARA IDENTIFICACION DE TOMAS DE PROCESO (TIT) A INSTALARSE DE LAS BAJANTES DE POZOS DE PRODUCCION</p>		<p>FECHA: 10/01/2010</p> <p>PROYECTO: TESIS</p> <p>SEMESTRE: 2009-2010</p> <p>ALUMNO: DRILLING-TEISIS-001</p> <p>PAGINA: 0</p>
	<p>DRILLO: 10/01/2010</p> <p>PROYECTO: 10/01/2010</p> <p>SENO: 10/01/2010</p> <p>COORD. DR. L. RIVAS</p>		<p>FECHA: 10/01/2010</p> <p>PROYECTO: 10/01/2010</p> <p>SENO: 10/01/2010</p> <p>COORD. DR. L. RIVAS</p>		



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

DOCUMENTOS TECNICOS DE INGENIERIA

PROYECTO:	TESIS					ELABORO	FECHA	REVISION
NO.DOCTO.:	MC-001					L.O.R.M	0+nov-09	0

DATOS DE LA TUBERIA EXISTENTE

DATOS DE OPERACIÓN EN LA LINEA

No.de línea: BAJANTE DE PRODUCCION-PRUEBA DEL POZO P-22D

Instalacion de TIT-1174A

No.de interconexión: Toma de 1 1/2"Ø

Temperatura:

T_f = 79 °C

Diagrama de referencia: DRILLING-TESIS-001 Rev.0

Presión:

P = 5.9 Kg/cm²

Servicio: CRUDO DE POZOS

Flujo:

Q= 2105 BPD

Diametro Nominal, in: 6

Material A-106 B

ESPESOR MINIMO REQUERIDO

Presión de diseño

P= 83.898 psi

Esfuerzo permisible del material @ LMT: 350°F °F

S= 20000 psi

Factor de calidad o eficiencia de la junta

E= 1 adimensional

Coeficiente

Y= 0.4 adimensional

Espesor calculado

t= 0.012574151 in

Espesor permisible mecánico por erosión y corrosión

c= 0.125 in

Espesor mínimo requerido

tm= 0.137574151 in

MEDICIONES EN CAMPO (ACTUALES)

Espesores actuales, (in): max.: 0.539 min.: 0.451

Espesor promedio, (in): 0.495 No. de mediciones: 12

Diametro interno actual, (in): 5.635

DICTAMEN:

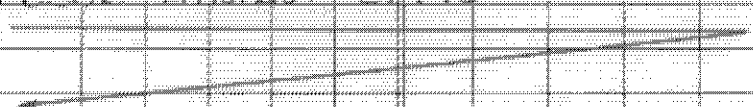
tm(actual) > tm (requerido)

0.451 > 0.1376 in

La Tubería **CUMPLE** con el espesor mínimo requerido para realizar el inserto soldable Hot-Tapping

REPORTE DE INSPECCION ULTRASONICA DE SOLDADURA.

CONTINENTE 420837815		NOMBRE DE LA PIEZA TUBO 6" Ø		LOCALIZACION PLATAFORMA PP-ZAAP-C	
MATERIAL ACERO/CARBON		ESPESOR U.E.U.T.		TOLERANCIA DE LA SOLDADURA N/A	
MARCA DEL EQUIPO PANALECTRICS		MODELO EPOCH III		SERIE No. 97249111	
MARCA DEL TRANSDUCTOR PANALECTRICS C/LINEA RETARDO		TAMANO 1/2" Ø		FRECUENCIA MHz 2.25	
ACOPLANTE GEL INDUSTRIAL		NIVEL DE CALIBRACION IIW TIPO 2, BLOCK ESCALEKA			
NIVEL DE REFERENCIA 30dB (80%)		RECHAZO 0.0		DAD N/A	
COMPLETA 70%					

NO. DE SOLDADURA	NO. DE INDICACION	ANGULO DEL TRANSDUCTOR	DECIBELES O AMPLITUD				DEFECTO				DISTANCIA VER FIG. 1		RECHAZADO		OBSERVACIONES
			I		II		LONGITUD EN PULGADAS	DISTANCIA ANGULAR EN PULGADAS	PROFUNDIDAD RES CADA DE LA CADA DE LA INSPECCION	X PULGADAS	Y PULGADAS	A	B		
			A	B	C	D									
PP-ZAAP-C POZO 22 D C-5 BAJANTE N° 1															
TIT-1174-A 1 1/2" Ø															
		A	B	C	D										
	1	0.455"	0.445"	0.440"	0.445"										
	2	0.455"	0.445"	0.450"	0.450"										
	3	0.460"	0.450"	0.455"	0.450"										
	4	0.465"	0.455"	0.455"	0.455"										
ESPESOR MAXIMO 0.465"															
ESPESOR MINIMO 0.445"															
															
TOTAL DE PUNTOS 64															

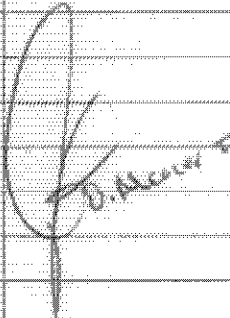
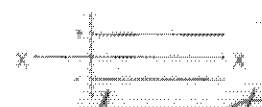



FIG. 1
 DISTANCIA X EN PULGADAS LOCALIZA LA POSICION DEL DEFECTO EN RELACION CON EL ORIGEN.
 DISTANCIA Y LOCALIZA LA POSICION DEL DEFECTO EN RELACION CON EL EJE DE LA UNION.



MEMORIA DE CALCULO PROGRAMA HYSYS Ver. 3.2

	Case Name: G:\MAR NEGRO\PROC INSTALACION TERMOPOZOS PP-ZAAP-CM				
	Unit Set: SI				
	Date/Time: Mon Nov 09 11:21:58 2009				
Workbook: TIT PP-ZAAP-C (1174A)					
Material Streams Fluid Pkg: All					
Name	1	2			
Vapour Fraction	0.2811	0.2834			
Temperature (C)	79.00 *	81.99			
Pressure (kPa)	578.6 *	578.6			
Molar Flow (kgmole/h)	11.49	11.49			
Mass Flow (kg/h)	1255 *	1255			
Liquid Volume Flow (m3/h)	1.741	1.741			
Heat Flow (kJ/h)	-2.382e+006	-2.372e+006			
Compositions Fluid Pkg: All					
Name	1	2			
Comp Mole Frac (Nitrogen)	0.0042 *	0.0042			
Comp Mole Frac (CO2)	0.0027 *	0.0027			
Comp Mole Frac (Methane)	0.2419 *	0.2419			
Comp Mole Frac (Ethane)	0.0058 *	0.0058			
Comp Mole Frac (Propane)	0.0051 *	0.0051			
Comp Mole Frac (i-Butane)	0.0033 *	0.0033			
Comp Mole Frac (i-Pentane)	0.0159 *	0.0159			
Comp Mole Frac (n-Pentane)	0.0289 *	0.0289			
Comp Mole Frac (n-Hexane)	0.0573 *	0.0573			
Comp Mole Frac (n-Heptane)	0.0468 *	0.0468			
Comp Mole Frac (n-Octane)	0.0496 *	0.0496			
Comp Mole Frac (n-Nonane)	0.0501 *	0.0501			
Comp Mole Frac (n-Decane)	0.0395 *	0.0395			
Comp Mole Frac (Undecylamine)	0.4230 *	0.4230			
Comp Mole Frac (H2S)	0.0002 *	0.0002			
Comp Mole Frac (H2O)	0.0010 *	0.0010			
Comp Mole Frac (n-Butane)	0.0245 *	0.0245			
Comp Mole Frac (diButylamine)	***	***			
Energy Streams Fluid Pkg: All					
Name	Q				
Heat Flow (kJ/h)	-9720 *				
Unit Ops					
Operation Name	Operation Type	Feeds	Products	Ignored	Calc. Level
TUBO 6"Ø POZO No 22 (TIT)	Pipe Segment	1	2 Q	No	500.0 *



10000

Case Name:	PP-ZAAP-C
Unit Set:	SI
Date/Time:	Mon Nov 01 11:22:04 2009

Pipe Segment: TUBO 6"Ø POZO No.22 (TIT-1174A) PP-ZAAP-C

SIZING

Segment Number	1
Fitting/Pipe	Pipe
Distance (m)	0.0006
Height (m)	0.0000
Schedule	Actual
Nominal Diameter (mm)	-
Outer Diameter (mm)	168.3
Inner Diameter (mm)	149.1
Material	Std Steel
Roughness (m)	1.072e-005
Conductivity (W/m-K)	45.00
Increments	6

HEAT TRANSFER

Heat Loss: 4570 kJ/h * Ambient Temp: - Overall UIC: -

PROPERTIES

1

	Overall	Vapour Phase	Liquid Phase
Vapour/Phase Fraction	0.2811	0.2811	0.7189
Temperature (C)	78.00	78.00	78.00
Pressure (kPa)	578.5	578.5	578.5
Molar Flow (kmole/h)	11.49	3.230	8.25
Mass Flow (kg/h)	1255	78.75	118
Liquid Volume Flow (m ³ /h)	1.741	0.1553	1.546
Molar Enthalpy (kJ/kmole)	-2.072e+005	-2.270e+004	-2.060e+005
Mass Enthalpy (kJ/kg)	-1895	-3625	-1790
Molar Entropy (kJ/kmole-C)	224.9	179.5	238.7
Mass Entropy (kJ/kg-C)	2707	734.7	1689
Heat Flow (kJ/h)	-2.542e+005	-2.572e+005	-2.115e+006
Molar Density (kgmole/m ³)	0.5415	0.1975	5.302
Mass Density (kg/m ³)	70.10	4.506	750.3
Std Liquid Mass Density (kg/m ³)	771.3	-	573.8
Molar Heat Capacity (kJ/kmole-C)	267.5	48.93	102.6
Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	2.440	2.188	2.465
Thermal Conductivity (W/m-K)	-	0.704e+002	0.1125
Viscosity (cP)	-	1.325e+002	0.3475
Surface Tension (dyne/cm)	19.35	-	15.35
Molecular Weight	106.2	21.81	112.0
Z Factor	-	1.300	0.727e+002

2

	Overall	Vapour Phase	Liquid Phase
Vapour/Phase Fraction	0.2834	0.2834	0.7166
Temperature (C)	81.99	81.99	81.99
Pressure (kPa)	578.5	578.5	578.5
Molar Flow (kmole/h)	11.49	3.267	8.225
Mass Flow (kg/h)	1255	75.58	1180
Liquid Volume Flow (m ³ /h)	1.741	0.1028	1.543
Molar Enthalpy (kJ/kmole)	-2.066e+005	-2.300e+004	-2.057e+005
Mass Enthalpy (kJ/kg)	-1890	-3578	-1792
Molar Entropy (kJ/kmole-C)	224.3	175.6	242.0
Mass Entropy (kJ/kg-C)	2654	7740	1680

Hyprotech Ltd

HYPROSYS v5.2 (Build 5009) (C)

Page 1 of 2

Licensee: TEAM 100

1 Dec 2009 by user



UNAM

Case Name: G:\MAR NEGRO\PROC INSTALACION TERMOPOZOS PP-ZAAP-CM

Unit Set: SI

Date/Time: Mon Nov 09 11:22:04 2009

Pipe Segment: TUBO 6"Ø POZO No.22 (TIT-1174A) PP-ZAAP-C (con**PROPERTIES**

2

	Overall	Vapour Phase	Liquid Phase
Heat Flow (kJ/h)	-2.372e+006	-2.704e+005	-2.102e+006
Molar Density (kgmole/m3)	0.6321	0.1960	5.278
Mass Density (kg/m3)	69.04	4.547	756.0
Std Liquid Mass Density (kg/m3)	771.3	--	813.3
Molar Heat Capacity (kJ/kgmole-C)	268.7	50.88	354.8
Mass Heat Capacity (kJ/kg-C)	2.460	2.192	2.477
Thermal Conductivity (W/m-K)	--	3.786e-002	0.1123
Viscosity (cP)	--	1.335e-002	0.3423
Surface Tension (dyne/cm)	19.12	--	19.12
Molecular Weight	109.2	23.21	143.2
Z Factor	--	1.000	3.713e-002



RESULTADOS

1. Referente a las pruebas de fuga, utilizando agua dulce como fluido de prueba realizadas y sometida a una presión, denominada prueba hidrostática que se realizan en válvulas, se ha explicado una metodología de la manera de efectuarlas de acuerdo a los estándares y normas ya establecidos, en un procedimiento que generaliza la secuencia de actividades que se deben de hacer previo y durante la prueba hidrostática en una válvula.
2. Las pruebas hidrostáticas en sistemas de tuberías de proceso, durante las prácticas de campo se ha detectado que no es conveniente realizarlas por las tardes ya que como la humedad relativa aumenta, resulta muy complicado tratar de mantener la carga de presión, por lo que se recomienda realizar esta prueba por las mañanas. Así como igual de importante es realizar un buen apriete de espárragos entre bridas, ya que de encontrarse fugas la prueba se extiende un poco con el tiempo establecido para realizar esta actividad.
3. El barrido de una línea es sumamente fácil de realizar es por eso que en ocasiones pasamos por alto esta actividad, pero es de vital importancia que cuando se realice, se verifique la inexistencia de instrumentos que pudieran dañarse; con respecto a la presión de trabajo para realizar un barrido se puede aplicar más presión, en plataformas solo se cuenta con un sistema de aire de planta que tienen como límite hasta 9.5 Kg/cm^2 .
4. Cuando se realiza un lavado químico utilizando sosa cáustica se debe enfatizar los requisitos de seguridad con los que el personal involucrado debe de contar. Además de tratar de hacer un solo circuito con mangueras para alta presión, de preferencia transparente para poder observar en qué momento se deberá cambiar la solución, y se deberán retirar todos los elementos que pudieran dañarse como algún elemento de flujo, temperatura, válvulas, etc.
5. La limpieza de una tubería que recirculara aceite de enfriamiento en una turbo maquinaria, el tipo de aceite recomendado para hacer dicha actividad de preferencia deberá ser el mismo que se utilizara para el arranque y puesta en servicio de esta. Esto con la finalidad de no contaminar y /o reducir la capacidad de lubricación del aceite nuevo, ya que cuando se finaliza este lavado se retira el aceite utilizado, pero siempre se queda impregnado un poco sobre las paredes de las tuberías.

6. En el área de plataformas anteriormente cuando una tubería nueva entraba en servicio por primera vez lo que ocupaban era gas dulce, pero derivado de la peligrosidad que acarrea utilizar dicho gas, se optó por sustituir este por un gas inerte, en este caso el nitrógeno, con esto se garantiza una atmósfera libre de oxígeno y explosiva.

7. Cuando se empezó a utilizar nitrógeno se pretendía sustituir el aire atrapado en las tuberías, lo que ocasionaba un porcentaje alto de botellas y un elevado costo. Con este planteamiento se reducen significativamente el número de botellas de nitrógeno N₂ que se utiliza ya que se plantea utilizar el porcentaje de nitrógeno que existe en el aire.

8. La aplicación del procedimiento de Hot Tapping en un sistema de tuberías es muy común en esta industria ya que para no afectar la producción su aplicación es frecuente, pero resulta importante que se realice una correcta medición de espesores, ya que en muchas ocasiones el material base en donde se pretende realizar un hot tap no cumple con el espesor mínimo requerido para la aplicación de soldadura, por lo que hay que analizar cuidadosamente el lugar donde se realizará la perforación y aplicación de soldadura.

CONCLUSIONES

Basándonos en una investigación cualitativa, procurando lograr una descripción integral de análisis y práctica de las metodologías descritas en esta tesis a fin de dar a conocer los procedimientos particulares aplicables a los que es sometido un sistema de tuberías, previo a su puesta en servicio.

Concluimos que en esta tesis se han logrado integrar un documento para realizar pruebas de fuga en tuberías y válvulas aplicándole un carga de presión a base de agua, utilizando las normas vigentes y en conjunto con prácticas en campo se ha logrado establecer y corroborar una secuencia de actividades encaminadas a la realización del comisionamiento previo a la puesta en operación de estas de una manera correcta y con resultados satisfactorios.

Cabe mencionar que durante las prácticas de las pruebas de fugas se observó que si la temperatura baja la presión también tiende a bajar, por lo que se recomienda colocar lonas para impedir el paso del viento, en el caso de pruebas en válvulas y en los sistemas de tuberías no realizar las pruebas muy tarde, ya que conforme entra la tarde se aprecia un descenso considerable en la temperatura con lo cual la presión se reduce. Lo anterior se puede tomar como una sugerencia, en cuenta cuando se realice este tipo de prueba.

La realización de la aplicación de soldadura y un hot tapping o un drilling en una línea viva, se deber tomar en cuenta que lo más importante es la correcta medición de espesores en el material base para que exista una condición segura y confiable durante la aplicación de soldadura tomando en cuenta la presión, el gasto y la temperatura del proceso, y que la ventaja de un hot tapping reduce considerablemente las pérdidas de producción ya que la planta no dejará de operar. Con esto demostramos que la realización de un hot tapping es un método seguro y confiable.

Glosario de términos

Aire de planta.- Se llama así al aire obtenido directamente de la atmósfera, mediante el proceso de compresión, este es enviado directamente del compresor hacia un acumulador de aire de planta y posteriormente es distribuido por medio de la red de aire de planta, su uso está limitado al accionamiento de equipos neumáticos como son pulidores, escariadores, arrancadores, torquimetro, etc. esto debido al contenido de humedad en el mismo

Arreglo: Se le llama así a la unión de los siguientes elementos: sockolet, niple y brida, este se prefabrica para la instalación de termopozos en tuberías de proceso.

Barrido.- Se llama así a la acción de pasar aire a presión las veces necesarias a través de la tubería o equipo, a través de una toma ubicada en la parte alta para desplazar los residuos de construcción (rebabas, colillas, etc.) hacia la parte baja eliminándolos del circuito de tubería.

Brida ciega.- Accesorio de tubería que tiene como objeto cerrar el paso del fluido de una línea o como punto final de una tubería.

BTU.- Representa la cantidad de energía que se requiere para elevar 1°F la temperatura de una libra de agua en condiciones atmosféricas normales.

La capacidad calorífica (Cp) del agua es de 1 Cal. gr. °C o 1 BTU / lb °F que significa que para calentar agua necesitamos 1 caloría de calor por cada gramo de la sustancia y por cada grado de incremento de temperatura.

Calor Específico.- Según la clase de sustancia que forma a los cuerpos, se eleva su temperatura con un grado diferente, aunque se le aplique la misma cantidad de calor y tenga igual masa; la mayor o menor facilidad con que se calienta un cuerpo está determinada por la propiedad llamada calor específico.

El calor específico de una sustancia es la cantidad de calor que se aplica un gramo de la misma sustancia para que aumente un grado centígrado su temperatura.

El calor específico del agua = 1 cal g°C

Caloría.- Energía necesaria para elevar 1°C la temperatura de un gramo de agua. Se define como 1 caloría = 4,1855 julios.

Comales.- Juntas ciegas de placa de acero al carbón ASTM-A-36 para delimitar o aislar un equipo o línea de tubería.

Compresora de Aire.- Equipo que transforma la energía mecánica en energía de presión, suministrándola a un fluido en estado gaseoso.

Cordón de soldadura: Está constituido por el metal base y el material de aportación del electrodo y se pueden diferenciar dos partes: la escoria, compuesta por impurezas que son segregadas durante la solidificación y que posteriormente son eliminadas, y el sobre espesor, formado por la parte útil del material de aportación y parte del metal base, que es lo que compone la soldadura en sí.

Densidad.- Es el número de gramos masa que contiene la unidad de volumen. Por lo tanto, la densidad y el peso específico están representados por el mismo número.

Drilling Machine: Este método es aplicado para la realización de conexiones en ramal en tuberías que se encuentran en operación y consiste en un dispositivo (rotatorio) el cual realiza la perforación en la tubería en servicio, de la perforación a la tubería no hay material resultante, los residuos de la perforación (rebabas) se dispersan en la corriente del fluido cuando la tubería es perforada.

Electrodo: Son varillas metálicas preparadas para servir como polo del circuito; en su extremo se genera el arco eléctrico. En algunos casos, sirven también como material fundente. La varilla metálica a menudo va recubierta por una combinación de materiales que varían de un electrodo a otro. El recubrimiento en los electrodos tiene diversa funciones, éstas pueden resumirse en las siguientes:

- Función eléctrica del recubrimiento
- Función física de la escoria
- Función metalúrgica del recubrimiento

Embridajes.- Es la unión que se forma al empalmar dos bridas del mismo libraje y diámetro por medio de espárragos roscados con tuerca en ambos extremos.

Espacio confinado.- Cualquier estructura tal como registros de válvulas, túneles, cárcamos o registros de drenaje en la cual se puede acumular el gas.

Flujo.- El fluido en movimiento a través de una línea de conducción.

Fluidos.- Son sustancias líquidas o gaseosas que por sus características fisicoquímicas no tienen forma propia, sino que adoptan la del recipiente o ducto que los contiene.

Fuga (LEAK).- grieta o discontinuidad que atraviesa la pared del material y no la cantidad del fluido que pasa por ella. Esta discontinuidad puede ser una grieta, hendidura, fisura, agujero o un pasaje que deja escapar o admite la entrada de agua, aire u otro fluido.

Fuga de gas.- Cualquier emisión de gas en un ducto, debido a fractura, ruptura, soldadura defectuosa, corrosión, sellado imperfecto o mal funcionamiento de accesorios y dispositivos utilizados en éste.

Gas Combustible.- Se llama así al Gas dulce acondicionado a presiones y temperaturas adecuada para la correcta operación de la turbo maquinaria.

Gas amargo.- Es aquel transportado a una presión mayor de 0.4 MPa (65 psi), que contiene agua en fase líquida o vapor y ácido sulfhídrico (H_2S), con una presión parcial mayor de 0.0003 MPa (0.05 psi).

Gas no amargo.- Es aquel hidrocarburo en fase gaseosa que no contiene ácido sulfhídrico (H_2S), o que transportado a una presión mayor a 0.4 MPa (65 psia), la presión parcial del H_2S en la mezcla, sea menor a 0.0003 MPa (0.05 psia).

Hot Tapping.-La técnica de adicionar un ramal con una brida a una tubería o equipo en servicio, realizando una abertura en la tubería o equipo por medio de perforar o cortar una porción del material dentro del área de la brida.

Inertizado.- Acción tomada al habilitar un recipiente o líneas de proceso involucrada; antes de la primera carga o después de haber salido de operación por periodos de tiempos prolongados, procediendo a la eliminación del oxígeno mediante una corriente de gas inerte, por ejemplo anhídrido carbónico o nitrógeno. La cantidad de gas inerte se estima en relación al volumen a inertizar y la presión al finalizar el inertizado. Debido a que el gas de purga es introducido en forma continua se desaloja el oxígeno, prácticamente sin mezclarse.

Inhibidor de Corrosión.- Sustancia o compuesto que retarda el proceso de corrosión.

Lavado Químico.- Operación química empleada para realizar una limpieza a interiores de tuberías y/o equipos, cuyo propósito es el dejar libres de basura, óxido, residuos por corrosión en su interior.

Lectura.- La indicación repetible en un instrumento de medición analógico o digital.

Límites de explosividad.- Los valores, superior e inferior, de la concentración en volumen de gas disperso en el aire, entre los cuales se presenta una mezcla explosiva.

Límite inferior de explosividad (LEL): Es el límite inferior de flamabilidad de un gas, expresado en porcentaje, el volumen del gas en el aire.

Líneas de Proceso.- Son aquellas utilizadas para el manejo de los productos principales de la planta de proceso y que por lo general son mayores a 3"Ø.

Líneas de Servicio.- Son aquellas utilizadas para el manejo de agua de enfriamiento a equipos, aire de planta, aire de instrumentos, drenajes, etc. que no tienen contacto con los productos obtenidos en los procesos químicos o físicos que por lo general son menores de 3"Ø.

Maquina Tapinadora: Es un equipo de campo para realizar perforación en líneas de proceso (Hot-tap) denominado perforación en caliente. Esta actividad se refiere a la realización de una inserción de una conexión ramal en una línea existente y la perforación de esta sin que se requiera sacar la línea de operación.

Manómetro.- Instrumento para medición de presión que puede ser analógico o digital, donde se obtendrán datos para la aceptación o rechazo de la prueba, debe ser identificado en el diagrama correspondiente y su calibración debe efectuarse con un patrón instrumento trazable a patrones nacionales o internacionales

Máxima Presión de Trabajo (MWP).- Es la presión máxima de trabajo (lbs/plg²) a la cual una válvula puede ser usada.

Monitoreo de fugas.- El conjunto de actividades que se realizan periódicamente para detectar y clasificar fugas de gas conducido en sistemas de transporte y distribución por ductos.

NaOH.- Hidróxido de sodio (sosa cáustica)

NPT.- Rosca estándar para tubería (National Pipe Thread)

Operación manual: Para este caso se refiere al accionamiento de la maquina tapinadora de manera manual por medio de una manivela en donde la ejecución de la operación de la maquina tapinadora puede ser realizada por un solo operador.

Operación con motor neumático: Para este caso se refiere al accionamiento de la maquina tapinadora de manera semiautomática por medio de una pistola neumática y en donde la ejecución de la operación de la maquina tapinadora debe ser realizada por dos operadores.

Pasivado.- Acción de neutralizar una solución base o ácido por medio de dilución o por reacción de neutralización con solución opuesta. En este caso se realizará por dilución con agua limpia, hasta encontrar un pH neutro (pH-7), eliminando los residuos de la solución de sosa al 3% utilizada para el lavado químico

Perdida (LEAKAGE).- Flujo de fluido que pasa por una fuga, sin considerar el tamaño físico del agujero a través del cual ocurre el fluido.

Placa de Bloqueo o “comal”.- pieza estructural habilitada con placa lisa en diferentes espesores, en campo petrolero para cancelar el flujo de petróleo y gas, y así efectuar trabajos de mantenimiento a la misma.

Prueba de hermeticidad: Se le llama así a la prueba realizada con gas el cual no deberá contener hidrocarburo, refiriéndose al aire, nitrógeno, etc. y cuya finalidad es la de garantizar que el arreglo conformado por la máquina tapinadora y el accesorio instalado sobre la tubería existente no presente fuga y ponga en riesgo al personal y/o instalaciones.

Presión de Trabajo (WP).- Es la presión a la que se diseña una válvula para trabajar y operar. Es lo mismo que el rango de presión de trabajo.

Prueba de Fuga.- Método de prueba no destructiva la cual involucra el escape de un fluido contenido en componentes presurizados, o la entrada en aquellos que se encuentran al vacío.

Prueba Hidrostática (Prueba de Goteo).- Procedimiento de exanimación que se basa generalmente en el llenado de las líneas de proceso, servicio y válvulas (para verificar su mecanismo, en sus sellos y cuerpo). con agua a una presión establecida, para checar las posibles fugas en las uniones soldadas para garantizar la hermeticidad de las juntas y así mismo, la prueba del material a las condiciones de prueba.

Purga.- Se denomina así a la acción de liberar el gas ó aire de una tubería o mezcla de aire-gas

Rango Inflamable (explosivo).- Es el rango inflamable entre una mezcla de gas-aire entre los limites superiores e inferiores de flamabilidad.

Registrador de Presión (Manografo): Instrumento para medir y registrar de forma continúa en una grafica con escala acorde a la magnitud de la presión.

Sensitividad.- Es la habilidad con la que cuenta un método, instrumento de prueba o técnica usada para detectar pequeñas fugas o caídas de presión.

Sistema de aceite lubricante.- El sistema de aceite lubricante hace circular el aceite lubricante presionado hacia los subsistemas hidráulicos, es la turbina de gas, la unidad de engranaje y los cojinetes del generador. Se utilizan un calentador de aceite ubicado en el patín de la turbó maquinaria. Se utiliza un calentador de aceite (si corresponde), un enfriador de aceite y una válvula de control de temperatura para controlar y mantener la temperatura del aceite lubricante.

Soldadura.- La unión de dos o más piezas que se logra mediante la aplicación de calor, presión, o ambos, con o sin materiales de aporte, para producir una unión localizada por fusión o recristalización transversalmente a la entre cara

Tuberías.- Es el conducto formado por tubos, válvulas, conexiones y accesorios instalados para conducir fluidos.

Velocidad de Fuga.- La cantidad de flujo que pasa a través de una fuga por unidad de tiempo, bajo una serie de condiciones dadas expresadas en unidades de cantidad de masa por unidad de tiempo.

BIBLIOGRAFIA

1. Richard W. Greene, "Válvulas Selección, Uso y Mantenimiento", Ed. Mc Graw Hill.
2. Bruce R. Munson, "Fundamentos de Mecánica de Fluidos", Ed. Lumusa Wiley.
3. Raymond Chang, "QUÍMICA", Ed. Mc Graw Hill.
4. Manuel Viejo Zubicaray, "Bombas, teoría, diseño y aplicaciones", Ed. Limus.
5. J. M. Smith / José Clemente Reza García, "Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química, Ed. Mc Graw Hill.
6. Edward H. Smith, "Manual del Ingeniero Mecanico", Ed. Prentice Hall.
7. Norma API- STD 598.- Inspección Y Prueba de válvulas.
8. API Spec.6D.- Especificación para Válvulas tipo Compuerta, Bola, Globo y Válvulas Check en Líneas de Conducción.
9. ANSI/ASME B 16.34.- Estándar para Válvulas Roscadas, Soldadas y Bridadas.
10. Frank P. Incopera, "Fundamentos de Transferencia de Calor", cuarta edición., Ed. Prentice Hall.
11. Alexander J. Smits, "Mecánica de Fluidos", Ed. Alfaomega.
12. API-2201.- "Procedimiento para soldadura o Hot Tapping en equipos que contienen sustancias inflamables"

APÉNDICE A

SISTEMAS BÁSICOS DE UNIDADES

Actualmente en el desarrollo de procesos se emplean materias primas, servicios (agua, vapor, combustibles, etc.), materiales y productos. Todo ello se maneja en forma de corrientes, cada una debidamente identificada y además caracterizada por variables extensivas (dependientes de la cantidad) y por variable intensivas (independientes de la cantidad de materia).

Las variables fundamentales suelen llamarse dimensiones básicas. Como lo son la masa, el espacio, el tiempo y la temperatura, cada una de estas son las llamadas magnitudes físicas.

Existen tres sistemas de unidades básicas empleadas actualmente: el primero es el **Sistema Internacional de Unidades**, cuyas unidades básicas son las siguientes: la unidad de longitud es el metro (m); la unidad de masa es el kilogramo (Kg); la unidad de tiempo es el segundo (s); la unidad de temperatura es el grado Kelvin (°K); y la unidad de un elemento es el mol kilogramo (mol Kg). Las unidades restantes se derivan de estas cantidades básicas.

La unidad de fuerza es el newton (N), que se define como:

$$1 \text{ Nw (N)} = 1 \text{ kg m/s}^2$$

La unidad básica de trabajo, energía o calor es el Newton-metro o joule (J)

$$1 \text{ joule (J)} = 1 \text{ Newton-metro (N.m)} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

La potencia se mide en joules o watts (w)

$$1 \text{ joule s (J/s)} = 1 \text{ watt (W)}$$

La unidad de presión es el Newton/m² o Pascal (Pa):

1 newton. m^2 (N/m^2)= 1 pascal (Pa)

La presión en atmósfera (atm) no es unidad estándar del sistema SI, pero se usa como etapa de transición. La aceleración de la gravedad se define como:

$$1 \text{ g} = 9.80665 \text{ m/s}^2$$

Algunos de los prefijos para múltiplos de las unidades básicas son: giga (G)= 10^9 , mega (M)= 10^6 , kilo (k)= 10^3 , centi (c) = 10^{-2} , mili (m)= 10^{-3} , micro (μ)= 10^{-6} y nano (n)= 10^{-9} .

La temperatura se define en grados Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), como unidad estándar del sistema SI. Sin embargo, en la práctica se usa la escala Celsius ($^{\circ}\text{C}$) que se define como:

$$^{\circ}\text{C} = ^{\circ}\text{K} - 273.15$$

Nótese que $1^{\circ}\text{C} = 1^{\circ}\text{K}$ cuando se trata de diferencias de temperatura, $\Delta T^{\circ}\text{C} = \Delta T^{\circ}\text{K}$.

La unidad estándar de tiempo preferible es el segundo (s), pero también puede expresarse en unidades no decimales de minutos (min.), horas (h) o días (d).

Sistema de unidades cgs: El sistema cgs se relaciona con el sistema SI como sigue:

$$1 \text{ g masa (g)} = 1 \times 10^{-3} \text{ kg masa (kg)}$$

$$1 \text{ cm} = 1 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$1 \text{ dina} = 1 \text{ g} \cdot \text{cm} \cdot \text{s}^{-2} = 1 \times 10^{-5} \text{ newton (N)}$$

$$1 \text{ erg} = 1 \text{ dina} \cdot \text{cm} = 1 \times 10^{-7} \text{ joule (J)}$$

$$\text{La aceleración de la gravedad es } g = 980.665 \text{ cm/s}^2$$

Sistema Inglés de Unidades. La equivalencia entre el sistema inglés y el SI es como sigue:

$$1 \text{ lb masa (lb}_m) = 0.45359 \text{ kg}$$

$$1 \text{ pie} = 0.3048 \text{ m}$$

$$1 \text{ lb fuerza (lb}_f) = 4.4482 \text{ Newton (N)}$$

$$1 \text{ pie} \cdot \text{lb}_f = 1.35582 \text{ Newton} \cdot \text{m (N} \cdot \text{m)} = 1.35582 \text{ joules (J)}$$

$$1 \text{ lb/pulg}^2 \text{ abs} = 6.89476 \times 10^3 \text{ Newton m}^2 \text{ (N} \cdot \text{m}^2)$$

$$\text{El factor de proporcionalidad para la ley de Newton es } g_c = 32.174 \text{ pie} \cdot \text{lb}_m - \text{lb}_f \cdot \text{s}^2$$

El factor g_c en unidades SI y cgs es 1.0 y se omite.

CONVERSIÓN DE UNIDADES

Es frecuente encontrar datos expresados en diversas unidades, por ello es importante que se tenga una metodología adecuada para transformar las unidades de un sistema a otro. Para hacer conversiones se parte del principio de que en el álgebra multiplicar por uno no afecta al resultado.

$$A / B (C / A) (B / D) = C D$$

$$150 \cancel{\text{galones}} / \cancel{\text{min}} (1 \text{ barril} / 42 \cancel{\text{galones}}) (1440 \cancel{\text{min}} / 1 \text{ día}) = 5142.857 \text{ barriles día}$$

Por lo tanto al hacer una transformación lo que se requiere es multiplicar tantas veces por uno como transformaciones se requieran. Para estas transformaciones se parte de la equivalencia entre las unidades, en la Tabla No. 1A se muestran los factores de conversión más comunes:

SISTEMA	LONGITUD	PESO	PRESIÓN	FLUJO
SI	1m = 100 cm 1 cm = 10 mm	1 kg = 1000g 1 ton = 1000 kg	1 kg/cm ² = 14.2 lb/pulg ² 1 ATM = 760 mm Hg	Ton h = 44 gal min
INGLES	1 pulg = 2.54 cm 1 pie = 30.48 cm	1 lb = 454 g	1 lb/pulg ² = 0.07 kg/cm ²	FSCM pies cúbicos estándar por minuto pie ³ min.

SISTEMA	TEMPERATURA	VOLUMEN
SI	°C Grados Centígrados °K Grados Kelvin (Temp. absoluta)	1 barril = 159 lt, 1 m ³ = 33.315 pie ³ = 1000 lt 1 gal = 3.785 lt, 1 lt = 0.264 gal = 0.035 pies ³
INGLES	°F Grados Farenheit °R Grados Rankine (Temp. absoluta)	1pie ³ = 7.48 gal = 28.32 lt 1 lt = 0.028 m ³

Tabla 1A.- Factores de conversión
Sistema Internacional de Unidades.

El nombre *systeme international d' unites* (sistema internacional de unidades) en abreviatura SI, se adopto en la 11a conferencia general de pesos y medidas en 1960

Este sistema incluye tres clases de unidades:

Unidades fundamentales

Unidades suplementarias

Unidades derivadas

Todas ellas forman el sistema internacional de unidades

Unidades fundamentales

Unidad de:	Nombre	Símbolo
Longitud	Metro	M
Masa	Kilogramo	Kg
Tiempo	Segundo	S
corriente eléctrica	Ampere	A
temperatura termodinámica	Kelvin	K
intensidad luminosa	Candela	cd
cantidad de materia	mol	mol

Unidades suplementarias

ángulo plano	Radian	rad
ángulo sólido	estereorradián	sr

Unidades derivadas

			Equivalencias
Frecuencia	Herz	Hz	1 Hz = 1 ciclo/s
Fuerza	Newton	N	1 N = 1 kg/m/s ²
Presión y tensión mecánica	Pascal	Pa	1 Pa = 1 N/m ²
Trabajo, energía, cantidad de calor	Joule	J	1 J = 1 Nm
Potencia	Watt	W	1 W = 1 J/s
Cantidad de electricidad	Coulomb	C	1C = 1 As

Tensión eléctrica	Volt	V	1 V = 1 W/A
Capacidad eléctrica	Farad	F	1 F = 1 As/v
Resistencia eléctrica	Ohm	Ω	1 Ω = 1 V/A
Conductancia eléctrica	Siemens	S	1 S = 1 Ω -1
Flujo de inducción magnética	Weber	Wb	1 Wb = 1 Vs
Inducción magnética	Tesla	T	1 T = 1 Wb/m ²
Inductancia	Henry	H	1 H = 1 Vs/A
Flujo luminoso	Lumen	lm	1 lm = 1 cd sr
Iluminación	Lux	lx	1 lx = 1 lm/m ³

Múltiplos y submúltiplos decimales de unidades del SI- prefijos.

Factor	Prefijo	Símbolo
10 ¹²	Tera	T
10 ⁹	Giga	G
10 ⁶	Mega	M
10 ³	Kilo	k
10 ²	Hecto	H
10	Deca	Da
10 ⁻¹	Deci	D
10 ⁻²	Centi	C
10 ⁻³	Mili	m
10 ⁻⁵	Micro	μ
10 ⁻⁹	Nano	n
10 ⁻¹²	Pico	p
10 ⁻¹⁵	Femto	f
10 ⁻¹⁸	Atto	a

Tabla de conversión de unidades
(Presión y altura de líquido)

Newton por metro cuadrado N/m ²	milibar (10 ² N/m ²) mbar	bar (10 ⁵ N/m ²)	kilogramo fuerza por centímetro cuadrado kgf/cm ²	libra-fuerza por pulgada cuadrada lbf/in ²	pie de agua ft H ₂ O	metro de agua m H ₂ O	milímetro de mercurio mm Hg	pulgada de mercurio in Hg
1	0.01	10 ⁻⁵	1.02x10 ⁻²	1.45x10 ⁻⁴	3.3 x10 ⁻⁴	1.02x10 ⁻²	0.0075	2.95x10 ⁻⁴
100	1	0.001	1.02x10 ⁻³	0.0145	0.033	0.0102	0.75	0.029
105	1000	1	1.02	14.5	33.455	10.2	750.1	29.53
98067	980.7	0.981	1	14.22	32.808	10.0	735.6	28.96
6895	68.95	0.069	0.0703	1	2.307	0.703	51.71	2.036

2989	29.89	0.03	0.0305	0.433	1	0.305	22.42	0.883
9807	98.07	0.098	0.1	1.42	3.28	1	73.55	2.896
133.3	1.333	.0013	0.0014	0.019	0.045	0.014	1	0.039
3386	33.86	0.0338	0.0345	0.491	1.133	0.345	25.4	1

El nombre especial de “pascal” (símbolo Pa) es dado a la unidad N/m² (1 Pa = 1 N/m²)

1 mm Hg se le conoce también con el nombre “tor”

La atmósfera estándar internacional (1 atm) = 101 325 pascales o 1.01325 bar. Es igual a 1.03323 kgf/cm² o 14.6959 lbf/in²

La atmósfera técnica (métrica), (1 at) = 1 kgf/cm² o 0.98066 bar. Esto es igual a 14.2233 lbf/in²

Las condiciones de referencia convencionales conocidas como “temperatura y presión estándar “ (stp) son: 1.01325 bars a 0°C = 14.6959 lbf/in² a 0 °C

Las condiciones de referencia estándar (st) para gases son 1.01325 bar a 15 C y secos, como las define la International Gas Union. Se conocen también como condiciones métricas estándar (MSC)

APÉNDICE B

Propiedades del Nitrógeno.

NITROGÉNO	7
Peso Atómico	14,007 g/mol
Punto de fusión	63,15 K (-210 °C)
Punto de ebullición	77,344 K (-195,8 °C)
Densidad	1,251 (gas 273K g/l)
Configuración electrónica	1s22s2p3
Propiedades ácido / base	Ácido
Calor específico	1,042 Jg-1K-1 (a 300 K)
Constante universal R	0.297 KJ/Kgm°K)
Volumen atómico	17,30 cm3/mol
Radio atómico	0,92 Å
Radio covalente	0,75 Å
Sintético	No
Primer potencial ionización	14,534

APÉNDICE C

API-598

INSPECCION Y PRUEBA EN VÁLVULAS

REQUERIMIENTOS DE PRUEBA

Las pruebas de presión listadas en las tablas 1-A y 1-B se realizarán en los diferentes tipos de válvulas de acuerdo con este procedimiento.

Válvulas NPS 4 y menores que tienen rangos de presión hasta unas válvulas con clase ASME 1500 y válvulas mayores que NPS 4 que tienen rangos de presión unas válvulas con clase ASME 600 deben ser probadas en concordancia con la tabla 1-A.

Válvulas NPS 4 y menores que tienen rangos de presión mayores que clase ASME 1500 y válvulas mayores que NPS 4 que tienen rangos de presiones mayores que la clase ASME 600 deben ser probadas en concordancia con la tabla 1-B.

NOTA: NPS = NOMINAL PIPE SIZE (Tamaño nominal de la tubería).

TIPO DE VALVULA						
DESCRIPCION DE LA PRUEBA	COMPUERTA (GATE)	GLOBO (GLOBE)	MACHO (PLUG)	RETENCION (CHECK)	BOLA FLOTANTE (BALL FLOATING)	VALVULA DE MARIPOSA Y VALVULA DE BOLA MONTADA EN CHUMACERA
CUERPO (SHELL)	REQUIRE	REQUIRE	REQUIRE	REQUIERE	REQUIERE	REQUIERE
CONTRA-SELLO (BACKSEAT) ^a	REQUIERE	REQUIERE	N/A	N/A	N/A	N/A
BAJA PRESION (SELLO). (LOW - PRESSURE CLOSURE)	REQUIERE	OPCIONAL	REQUIRE ^b	ALTERNATIVA ^c	REQUIERE	REQUIERE
ALTA PRESION (SELLO) ^d (HIGH-PRESSURE CLOSURE)	OPCIONAL	REQUIRE ^e	OPCIONAL ^b	REQUIERE	OPCIONAL	OPCIONAL

TABLA 1-A PRUEBA DE PRESION

NOTAS:**NA = No aplica**

a.- La prueba de contra-sello es requerida para todas las válvulas, excepto para válvulas con sello de fuelle o barbiquin, que tiene función a contra-sello.

b.- Para válvulas macho lubricadas, la prueba a válvula cerrada (sello) a alta-presión es mandatoria y la prueba a baja presión es optativa

c.- Si así es convenido con el cliente. El fabricante de las válvulas puede usar una prueba a válvula cerrada (sello) a baja presión en lugar de la prueba de alta presión.

d.- La prueba de sello a alta presión de válvulas de asiento elásticos puede degradar la actuación del sellado subsecuentemente en el servicio de baja presión.

e.- Para las válvulas de globo operadas por poder la prueba se sellos a alta presión se realizar a 1.10 por ciento (1.1 veces) la presión diferencial de diseño usada según el tamaño del poder operador.

TIPO DE VALVULA						
DESCRIPCION DE LA PRUEBA	COMPUERTA (GATE)	GLOBO (GLOBE)	MACHO (PLUG)	RETENCION (CHECK)	BOLA FLOTANTE (BALL FLOATING)	VALVULA DE MARIPOSA Y VALVULA DE BOLA MONTADA EN CHUMACERA
CUERPO (SELL)	REQUIRE	REQUIRE	REQUIRE	REQUIERE	REQUIERE	REQUIERE
CONTRA-SELLO (BACKSEAT) ^a	REQUIERE	REQUIERE	N/A	N/A	N/A	N/A
BAJA PRESION (SELLO). (LOW - PRESSURE CLOSURE)	REQUIERE	OPCIONAL	REQUIRE	ALTERNATIVA ^b	REQUIERE	REQUIERE
ALTA PRESION (SELLO) ^c (HIGH-PRESSURE CLOSURE)	OPCIONAL	REQUIERE ^d	OPCIONAL ^b	REQUIERE	OPCIONAL	OPCIONAL

TABLA 1-B PRUEBA DE PRESION**NOTAS:****NA = No aplica**

a.-La prueba de contra-sello es requerida para todas las válvulas, excepto para válvulas con sello de fuelle o barbiquin, que tiene función a contra-sello.

a.-Si así es convenido con el cliente. El fabricante de las válvulas puede usar una prueba a válvula cerrada (sello) a baja presión en lugar de la prueba de alta presión.

c.-La prueba de sello a alta presión de válvulas de asiento elásticos puede degradar la actuación del sellado subsecuentemente en el servicio de baja presión.

d.-Para las válvulas de globo operadas por poder la prueba se sellos a alta presión se realizar a 1.10 por ciento (1.1 veces) la presión diferencial de diseño usada según el tamaño del poder operador.

FLUIDO DE PRUEBA

Para la prueba del cuerpo, el sello del asiento y la parte trasera del sello de alta presión, el fluido de prueba debe ser aire, gas inerte, Keroseno, Agua o un líquido no corrosivo con una viscosidad no superior a la del agua, la temperatura del fluido de prueba no excederá 125°F (52°C)

PRESION DE PRUEBA

La presión de prueba del cuerpo estará de acuerdo con la tabla 2.

Otras presiones de prueba estarán de acuerdo con la tabla 3.

DURACIÓN DE LA PRUEBA

Para cada tipo de prueba, la presión de la prueba requerida se mantendrá durante y por lo menos el tiempo mínimo especificado en la tabla 4.

GOTEO DURANTE LA PRUEBA

Para el cuerpo y la prueba del asiento trasero, ningún goteo visible se permite, si el fluido de la prueba es un líquido. No debe haber evidencia visible de gotas o humedad en la superficie externa. Si el fluido de prueba es aire o gas ningún goteo se revelara por el método de detección establecido.

Para la prueba de válvula cerrada de baja presión y la prueba a alta presión, evidencia visual de goteo a través del disco, detrás de los anillos o más allá de los sellos, no se permite y el daño estructural no se permite. La proporción aceptable para el goteo o el paso del fluido de prueba a través de los asientos. Se enlistan en la tabla 5.

TIPO DE VALVULA HIERRO DUCTIL	CLASE	PRESION DE PRUEBA EN EL CUERPO (MINIMA)	
		Lb/plg ² MANOMETRICA	BARES
	150	400	26
	300	975	66
HIERRO FUNDIDO VACIADO O COLADO			
NPS 2-12	125	350	25
NPS 14-24		265	19
HIERRO FUNDIDO VACIADO O COLADO			
NPS 2-12	250	875	61
NPS 14-24		525	37
ACERO EXTREMOS BRIDADOS SOLDADO A	150-2500	a	
TOPE ROSCABLE Y	800	b	
INSERTO SOLDABLE	155-2500	c	

TABLA 2 PRESIONES DE PRUEBA PARA EL CUERPO

a.- Por ASME B16.34

b.-Para válvulas clase 800, la presión de prueba en el cuerpo debe ser 1-1/2 veces el rango de presión a 100°F. (38°C). Redondear al próximo incremento de 25 lb/plg² o 1 bar. Según tabla del estándar API 602.

PRUEBA	PRESIÓN DE PRUEBA MÍNIMA	
	Lb/plg ²	Bar
Todas las válvulas excepto las check y mariposa		
Prueba a alta presión de válvula cerrada y a contra sello ^a	b.	
Prueba a baja presión de válvula cerrada y a contra sello ^a	60-100	4 - 7
VÁLVULAS DE MARIPOSA		
Prueba a alta presión válvula cerrada (sello)	c.	4 - 7
Prueba a baja presión válvula cerrada (sello)	60-100	
VÁLVULAS check		
Prueba a alta-presión válvula cerrada (sellos)		
NPS 2-12		
NPS 14-24		
Clase 125 (Hierro fundido vaciado o forjado)		
NPS 2-12	200	14
NPS 14-48	150	11
Clase 250 (Hierro fundido vaciado o forjado)		
NPS 2-12	500	35
NPS 14-24	300	21
Clase 150 (Hierro dúctil)	250	17
Clase 300 (Hierro dúctil)	640	44
Acero al carbón. Aleación, Acero Inoxidable y aleaciones especiales	b.	
Prueba a baja presión válvula cerrada (sello) (ver tabla 1-A y 1-B)	60-100	4 - 7

TABLA 3 OTRAS PRESIONES DE PRUEBA

NOTAS:

a.-Las pruebas del asiento trasero se requiere para todas las válvulas que tienen este rasgo

b.-1.1 veces la presión máxima permisible a 100°F (38°C) de acuerdo con lo especificado en la orden de compra.

c.-1.1 veces la presión diferencial de diseño a 100°F (38°C) de acuerdo a lo especificado en la orden de compra.

TABLA 4 DURACIÓN DE LA PRUEBA DE PRESIÓN REQUERIDA

TAMAÑO DE LA VÁLVULA (NPS) Ø	TIEMPO MÍNIMO DE PRUEBA EN (SEGUNDOS) ^a				
	CUERPO			SELLO	
	VÁLVULA CHECK	OTRAS VÁLVULAS	CONTRA SELLO	VÁLVULA CHECK (API STD. 594)	OTRAS VÁLVULAS
≤2	60	15	15	60	15
2 1/2 - 6	60	60	60	60	60
8-12	60	120	60	60	120
≤14	120	300	60	120	120

NOTA:

a.- El tiempo de duración es el periodo de inspección después de que la válvula se prepara totalmente y está bajo la presión de prueba

TABLA 5 MÁXIMOS RANGOS DE FUGA PERMITIDOS PARA PRUEBAS CON CARGA

Tamaño de la válvula (NPS)	Todos los sello- elásticos de válvulas	Todas las válvulas de asientos metálicos excepto las check		Válvulas check de asientos metálicos	
		Prueba con líquidos (gotas por minuto)	Prueba con gas (burbujas por minuto)	Prueba con líquidos	Prueba con gas
≤2	0	0 ^b	0 ^b	C	d.
2 1/2-6	0	12	24	C	d.
8-12	0	20	40	C	d.
≤14	0	28	56	C	d.

a.- Para prueba con líquidos un mililitro es considerado al equivalente de 16 gotas.

b.-No habrá goteo durante el tiempo de duración mínimo especificado (ver tabla 4) para la prueba con líquido, 0 goteo visible por el tiempo de duración de la prueba especificada. Para la prueba de gas, 0 menos de 1 burbuja durante el tiempo de duración de la prueba.

c.-La proporción de goteo permisible máxima será de 0.18 pulgadas cúbicas (3 centímetros cúbicos) por minuto por el tamaño nominal de la tubería. En pulgadas.

d.-La proporción de goteo permisible máxima será de 1.5 pies cúbicos normales (0.042 metros cúbicos) de gas por hora por el tamaño de la tubería en pulgadas.

e.-Para las válvulas check mayores que NPS 24, la proporción de goteo aceptable estará por el acuerdo entre comprador y el fabricante.

APÉNDICE D

ANSI/ASME B16.34

PRESIÓN DE PRUEBA.

A).- PRUEBA DEL CUERPO (VÁLVULA PARCIALMENTE ABIERTA)

Cada válvula debe ser probada del cuerpo a una presión no menos de 1.5 veces el rango de presión por clase a 100°F. Redondeado al próximo superior 25 psi. La prueba se hará con agua, keroseno u otro fluido conveniente, con tal de que el fluido de prueba no tenga la viscosidad mayor que la del agua, a una temperatura no mayor de 125°F. Durante la prueba no se permite goteo perceptible a través de las paredes que limitan el equipo a probar.

La duración de la prueba no será menos que la mostrada abajo.

Tamaño de la valvula NPS	Tiempo de prueba (segundos)
2 y menores	15
2.5 a 8	60
10 y mayores	180

La prueba se realizará con la válvula en posición parcialmente abierta. El goteo en el empaque del vástago no será causa de rechazo, sin embargo, los sellos del asiento serán capaces de retener la presión de prueba de acuerdo a los rangos de presión a 100°F. No se permite goteo visible.

B).- PRUEBA DE LOS SELLOS (VÁLVULA TOTALMENTE CERRADA)

Cada válvula diseñada para cerrar o aislar un servicio, como una válvula de bloqueo y válvulas diseñadas para limitar la inversión del flujo como una válvula check, deberá realizar una prueba de cierre. El fluido de prueba será como en inciso A, la presión de prueba no será menor que 1.1 veces el rango de presión de trabajo para 100°F. Tabla 2-1.1.

La prueba de sellos se realiza después de la del cuerpo excepto para válvulas NPS 4 y menores con rango de presión o clase 1500 y menores donde la prueba de los sellos con

gas (neumática) se puede realizar primero y después la del cuerpo. La duración de la prueba no será menor que lo mostrado en la siguiente tabla.

Tamaño de la valvula NPS	Tiempo de prueba (segundos)
2 y menores	15
2 1/2-8	30
10-18	60
20 y mayores	120

Tabla 2-1.1
Rangos para materiales del grupo 1.1

A-105 (1)(6)	A 515 Gr. 70 (1)	A 675 Gr. 70 (1)	A 672 Gr.B70(1)
A 216 Gr. WCB (1)	A 516 Gr. 70 (1)(2)	A 696 Gr. C	A 672 Gr.C70(1)
A 350 Gr. LF2 (1)	A 537 C1 1 (3)		

NOTAS:

(1) En exposición prolongada a temperatura sobre 800°F; La fase de acero al carbón puede convertirse en

grafito, no se recomienda para trabajos prolongados a temperaturas arriba de 800°F.

(2) Para no ser usado por arriba de 850°F

(3) Para no ser usado por arriba de 700°F

(4) No se usará la calidad de esta aleación donde se soldará o en cualquier aplicación sobre 500°F.

(5) Para servicios de temperaturas sobre 850°F. Se recomienda su uso para soluciones de cinc en ácido clorhídrico con contenido de silicio residual menos de 0.10%

(6) El acero al cinc sólo se usará por arriba de 850°F.

Tabla 2-1.1 A Clase estándar

Temperatura (°F)	Presión de trabajo por clase. (psi)							
	150	300	400	600	900	1500	2500	4500
-20° a 100°	285	7410	990	1480	220	3705	6170	11110
200°	260	875	900	1350	2025	3375	5625	10120
300°	230	655	875	1315	1970	3280	5470	9845
400°	200	635	845	1270	1900	3170	5280	9505
500°	170	600	800	1200	1795	2995	4990	8980
600°	140	550	730	1095	1640	2735	4580	8210
650°	125	535	715	1075	1610	2685	4475	8055
700°	110	535	710	1065	1600	2665	4440	7990
750°	95	505	670	1010	1510	2520	4200	7560
800°	80	410	550	825	1235	2060	3430	6170
850°	65	270	355	535	805	1340	2230	4010
900°	50	170	230	345	515	860	1430	2570
950°	35	105	140	205	310	515	860	1545
1000°	20	50	70	105	155	260	430	770

PRUEBA DE PRESIÓN.

GENERAL.

Las válvulas deben ser probadas con la superficie de asentamiento y sello libre de sellador excepto donde el sellador es el miembro primario de sellado.

La prueba del cuerpo también puede ser realizada con la válvula parcialmente abierta o con la válvula totalmente abierta cuidando que la cavidad del cuerpo esté simultáneamente llena y presurizada a través de una conexión.

Las presiones de prueba serán de acuerdo a la tabla 2.1 A de acuerdo a los rangos de clases de presión de las válvulas, así mismo los tiempos de prueba no deben ser menores a los especificados en la tabla 2.1.1

Un periodo suficiente de estabilización para todas las pruebas de presión, será permitido.

Las pruebas de presión se realizarán de acuerdo con este procedimiento documentado.

APÉNDICE E

API STANDARD 6D

PRUEBA HIDROSTÁTICA DEL CUERPO

La prueba hidrostática del cuerpo se deberá realizar con la válvula totalmente ensamblada y antes de ser pintada.

Las válvulas se cerrarán y el actuador se pondrá en la posición parcialmente abierta durante la prueba. Si el comprador lo especifico, el método de cierre de los extremos permitirá la transmisión de la fuerza de presión de llenado que actúa en el extremo y en los espacios de vacío al cuerpo de la válvula. Donde se presenten válvulas de alivio externas deberán ser quitadas y sus conexiones tapadas.

La presión de la prueba será 1.5 o más veces la presión determinada de acuerdo con 6.1 para el material a 38°C (100°F). La duración no deberá exceder lo especificado en la tabla 10.

TAMAÑO DE VALVULA		TIEMPO DE PRUEBA (minutos)
DN (mm)	NPS (plg)	
15 - 100	1/2 - 4	2
150 - 250	6 - 10	5
30 - 450	12 - 18	15
≥ 500	≥ 20	30

TABLA 10 MÍNIMA DURACIÓN DE PRUEBA HIDROSTÁTICA AL CUERPO

Ningún goteo visible se permite durante la prueba hidrostática del cuerpo. Después de realizar la prueba hidrostática la válvula de alivio externa a la válvula, deberá ser colocada en la válvula.

Se probará a 95% de la presión fija de la válvula de alivio durante 2 minutos para los tamaños de la válvula y incluyendo

DN 100 (NPS 4), y 5 minutos para la válvula según tamaño DN 150 (NPS 6) y más grande. La conexión de válvula de alivio será libre del goteo visible durante este periodo.

Donde con tal de que, la válvula de alivio externa se pondrá para relevar a la presión especificada y se probará.

La presión fija de la válvulas de alivio estará entre 1.1 y 1.33 veces el válvula presión determinada de acuerdo con 6.1 para el material a 38°C (100°F).

PRUEBA HIDROSTÁTICA DEL ASIENTO

Presión de la prueba y duración.

La presión de la prueba para todas las pruebas del asiento no será menor de 1.1 veces el presión determinada de acuerdo con 6.1 para el material a 38°C (100°F). La duración de la prueba estará de acuerdo con la tabla 11.

TAMAÑO DE VÁLVULA		TIEMPO DE PRUEBA (minutos)
DN (mm)	NPS (plg)	
15 - 100	1/2 - 4	2
≥ 150	≥ 6	5

TABLA 11 MINIMA DURACIÓN DE PRUEBA AL ASIENTO

APÉNDICE F

Válvulas, Uso y Aplicaciones

Válvulas de compuerta.- Resistencia mínima al fluido de la tubería. Se utiliza totalmente abierta o cerrada. Accionamiento poco frecuente; estas válvulas están disponibles con vástagos de los siguientes tipos:

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

Tipos de bonetes para válvulas de compuerta

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

Elementos de control de fluido para válvulas de compuerta

- Disco macizo o de una sola cuña con asientos de válvula cónicos, para petróleo, gas, aire, pastas aguadas y líquidos pesados
- Cuñas flexibles (el disco es macizo en el centro y ambas superficies de asentamiento son flexibles) para temperaturas y presiones fluctuantes.
- Disco de cuña dividido (un diseño de bola y asiento en el cual dos discos espalda con espalda se pueden ajustar a ambas superficies de asiento, con lo cual cada

disco se mueve con independencia para tener buen sellado) para gases no considerables, líquidos a temperaturas normales y fluidos corrosivos, todos a baja presión en donde se conecta a la tubería (cuando la válvula está abierta), en la unión entre el bonete y el cuerpo, en el vástago, y corriente debajo de la compuerta cuando la válvula está cerrada.

- Discos doble (discos paralelos) que funcionan paralelamente a los asientos del cuerpo, los discos se separan con expansores o cuñas para empujarlos contra la superficie de asiento, son para gases no considerables, las fugas por las válvulas de compuerta pueden ocurrir en ambos extremos.

En la figura 1F, se observa una válvula de compuerta con todos sus componentes.

Nombre de las partes

1. Tuerca del volante.
2. Volante.
3. Tuerca del vástago.
4. Yugo.
5. Perno del yugo.
6. Vástago.
7. Brida del estopero.
8. Estopero.
9. Pernos o pernos de ojo y tuercas del estopero.
10. Tornillos, tuercas y orejas del estopero.
11. Empaque limpiador del vástago.
12. Empaque del vástago.
13. Tapón del drenaje.
14. Anillo de cierre hidráulico.
15. Manguito.
16. Bonete.
17. Empaque del bonete.
18. Pernos y tuercas del bonete.
19. Compuerta.
20. Anillo de asiento.
21. Cuerpo.
22. Estopero de una pieza.
23. Abertura de válvula.

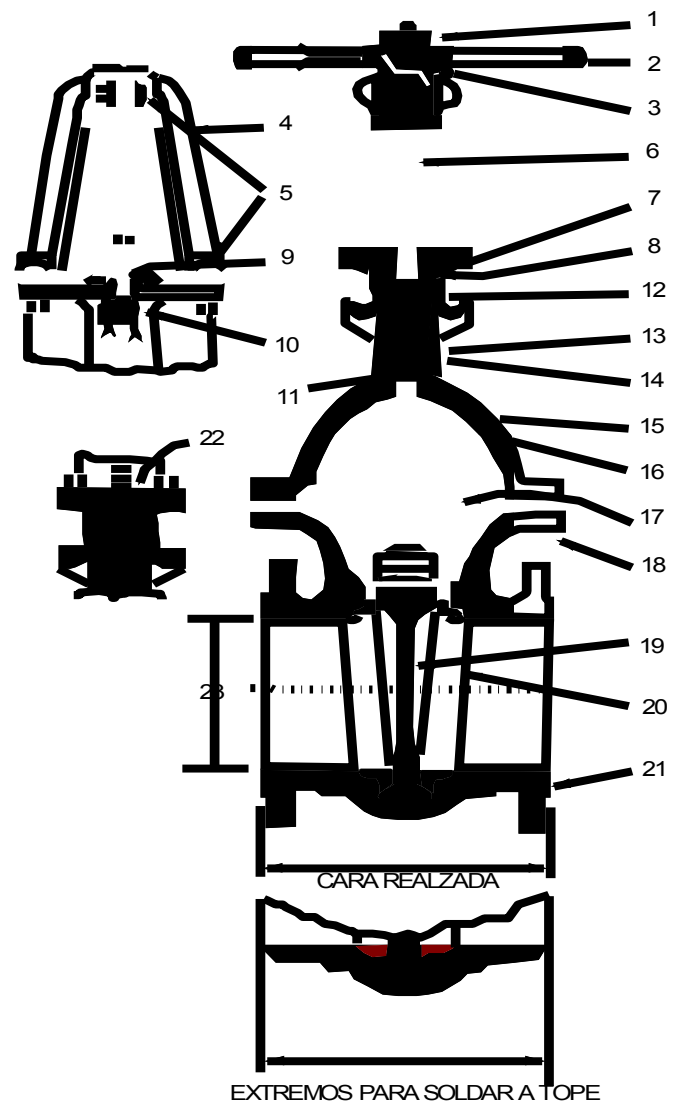


Fig. 1F Válvula de compuerta

VÁLVULAS DE GLOBO

Las válvulas de globo se utilizan para cortar o regular el flujo del líquido y este último es su uso principal. Los principales componentes de una válvula de globo son: volante, vástago, bonete, asiento, disco y cuerpo.

Vástagos

- Vástago elevable con rosca interna; no se debe utilizar en tuberías que manejan material corrosivo porque las roscas del vástago solo tienen protección parcial
- Vástago elevable con rosca externa
- Vástago deslizante para apertura y cierre rápidos.

Bonetes

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

Elementos de control del fluido

- Discos de composición. Tiene una cara plana que se oprime contra una superficie metálica anular, de asiento plano. Este disco, aunque no se recomienda para vapor, gasolina y otros líquidos, produce un corte positivo para gases y aire.

- Disco metálico. Hay contacto lineal entre una superficie de sentamiento troncocónico o esférico y un asiento cónico. No se recomienda para servicio de estrangulación pero produce corte positivo para los líquidos. Este tipo de válvula es recomendable cuando se puede acumular depósitos en los asientos.
- Disco del tipo macho. Tiene contacto más amplio con el asiento debido a su configuración alargada, tronconica, que permite que este disco se pueda emplear en servicios de estrangulación, pero tiene mínima resistencia a la erosión y a la corrosión. Los puntos de fuga son los mismos que las válvulas de compuerta.

VÁLVULAS DE MARIPOSA

Las válvulas de mariposa son uno de los tipos más antiguos que se conocen. Son sencillas, ligeras y de bajo costo. El costo de mantenimiento también es bajo porque tienen un mínimo de piezas móviles. El uso principal de las válvulas de mariposa es para servicio de corte y de estrangulación cuando se manejan grandes volúmenes de gases y líquidos a presiones relativamente bajas.

El diseño abierto de flujo rectilíneo evita la acumulación de sólidos y produce baja caída de presión. Su operación es fácil y rápida con una manija. Es posible moverla desde la apertura total hasta el cierre total con gran rapidez. La regulación del flujo se efectúa con un disco de válvula que sella contra un asiento. Las principales características de los servicios de las válvulas de mariposa incluyen apertura total, cierre total o estrangulación, operación frecuente, cierre positivo para gases o líquidos y baja caída de presión.

Los principales elementos estructurales de la válvula de mariposa son el eje (flecha), el disco de control de flujo y el cuerpo. Hay tres tipos de cuerpo.

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

- Tipo rosca. Esta válvula se atornilla directamente en el tubo.

VÁLVULAS MACHO

El uso principal de las válvulas macho, igual que las válvulas de compuerta, es un servicio de corte y sin estrangulación. Las ventajas principales de las válvulas de macho son acción rápida, operación sencilla, espacio mínimo para instalación y cierre hermético cuando tienen macho cónico.

Hay dos tipos de válvula macho: lubricadas para evitar las fugas entre la superficie del macho y el asiento en el cuerpo y reducir la fricción durante la rotación, y los no lubricados en el que el macho tiene un revestimiento que elimina la necesidad de la lubricación.

Los principales servicios de la válvula macho incluyen apertura o cierre total sin estrangulamiento, tienen mínima resistencia al flujo, son para operación frecuente y tienen poca caída de presión. Los componentes básicos son el cuerpo, el macho, y la tapa como se aprecia en la figura 2F.

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

- Orificio redondo completo. Tiene una apertura para toda la cavidad en el macho y en el cuerpo.
- Orificio rectangular. Tiene orificios de tamaño completo, por lo general rectangulares y con una apertura mínima del 70% del tamaño de la tubería.
- Orificio de venturi. Tiene aberturas redondas o rectangulares con superficie reducida y con flujo de venturi en el cuerpo.
- Orificio de rombo. La abertura del macho es en forma de rombo.
- Orificios múltiples. Las válvulas macho se presentan con facilidad para la construcción de orificios múltiples, en cuyo caso los orificios están dispuestos de modo que cuando se gira el macho en una posición a otra, los canales que antes

estaban conectados quedarán cortados del todo antes de que empiecen a abrir los siguientes canales o conductos.

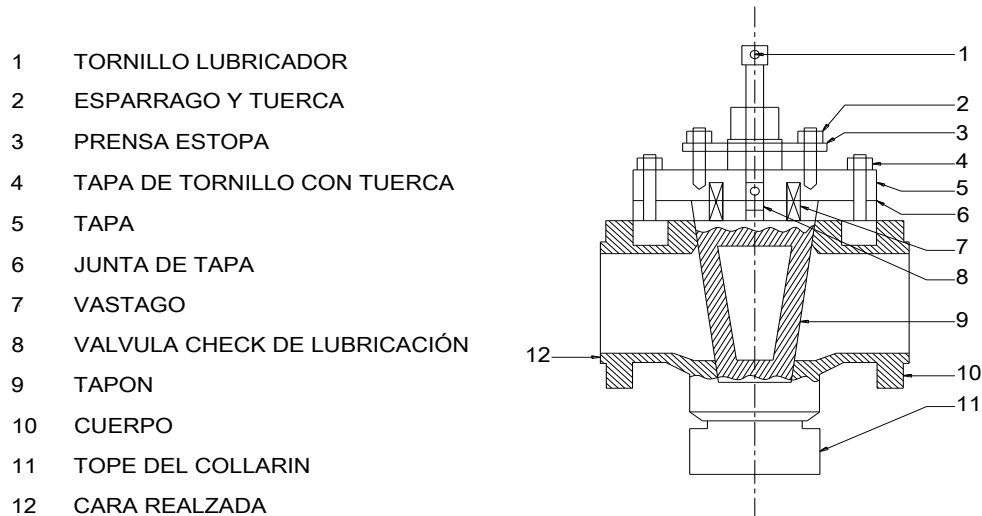


Fig. 2F Partes de una válvula Macho

VÁLVULAS DE BOLA

Las válvulas de bola, básicamente, son válvulas de macho modificadas. Aunque se han utilizado desde hace mucho tiempo, su empleo estaba limitado debido al asentamiento del metal contra metal, que no permita un cierre a prueba de burbujas. Los adelantos en el plástico han permitido sustituir los asientos metálicos con los plastómeros y elastómeros modernos. La bola tiene un orificio que se une con el cuerpo en la posición abierta. Estas válvulas se utilizan en forma principal para servicio de corte y no son satisfactorias para estrangulación. Son rápidas para operarlas, de mantenimiento fácil, no requieren lubricación, producen cierre hermético con baja torsión y su caída de presión es función del tamaño del orificio.

La válvula de bola está limitada a las temperaturas y presiones que permite el material del asiento. Cuando está cerrada, se atrapa algo del líquido entre el asiento y el orificio de la bola, lo cual es indeseable en muchos casos.

Estas válvulas no están limitadas a un fluido en particular. Se pueden emplear para vapor, agua, gas, aceite, aire, fluidos corrosivos, pastas y materiales pulverizados secos.

Los principales componentes son cuerpo, el asiento y la bola.

Hay dos tipos de cuerpos para válvulas de bola: entrada superior y cuerpo dividido. En el de entrada superior la bola y los asientos se instalan por la parte superior. En el de cuerpo dividido, la bola y los asientos se instalan desde los extremos. Los materiales más comunes para los asientos de las válvulas de bola son.- TFE, Nylon, buna-N y Neopreno, aunque su uso está limitado por las temperaturas. Se han producido asientos de grafito para temperaturas hasta de 1000 °F.

VÁLVULAS DE AGUJA

Las válvulas de aguja son básicamente las válvulas de globo que tienen machos cónicos similares a agujas, que ajustan con precisión en sus asientos. Al abrirlas, el vástago gira y se mueve hacia fuera. Se puede lograr una estrangulación exacta de volúmenes pequeños debido al orificio variable que forma entre el macho cónico y su asiento también cónico.. Por lo general se utilizan como válvulas para instrumentos o en sistemas hidráulicos, aunque no para altas temperaturas.

Los materiales de construcción suelen ser bronce, acero inoxidable, latón y otras aleaciones. Los extremos suelen ser roscados y sus tamaños van de 1/8 a 1”.

VÁLVULAS DE ÁNGULO

Son básicamente válvulas de globo que tienen conexiones de entrada y de salida en ángulo recto. Su empleo principal es para servicio de estrangulación y presentan menos resistencia al flujo que las de globo. Al abrirlas, el vástago gira y se mueve hasta afuera.

Los componentes de la válvula de ángulo son los mismos para el vástago, disco y anillos de asiento que en las de globo. El vástago está alineado en uno de los extremos.

La forma de ángulo recto elimina el uso de un codo porque el flujo en el lado de entrada está en ángulo recto con la del lado de salida.

VÁLVULAS DE COMPRESIÓN.

Son las más sencillas y baratas de todas. Se pueden utilizar para servicio de corte o de estrangulación, que puede variar del 10% al 95% de su capacidad especificada de flujo. Los componentes principales son el cuerpo y un mecanismo opresor. El cuerpo es un manguito o camisa moldeado, por ejemplo de caucho. La camisa flexible tiene extremos de brida y de abrazadera para acoplarlos con el tubo. Los cuerpos moldeados tienen limitaciones de temperatura y presión.

El mecanismo de compresión se puede accionar con un volante, una rueda de cadena o con un actuador hidráulico o eléctrico.

VÁLVULAS DE CORREDERA.

Por lo general se utilizan para el control de líquidos y gases a baja presión, no se destinan a servicios donde se requiere un cierre hermético. Debido a que en su cavidad no tienen restricciones, se pueden emplear en servicios en que el líquido o gas que pasa por la válvula tiene alto contenido de sólidos, pulpa de papel o materiales granulados de libre fluidez.

El elemento de control consiste en uno o dos discos que se deslizan entre asientos paralelos, en el cuerpo, sin usar ningún mecanismo expansor de discos. Cuando se están cerrados, la presión del fluido contra la superficie de corriente abajo del disco lo empuja contra el asiento del cuerpo para formar una unión hermética entre la superficie de corriente abajo del disco y su asiento.

VÁLVULAS DE DIAFRAGMA

Se utilizan en servicios para corte y estrangulación y desempeñan una serie de servicios importantes para el control de líquidos. En las válvulas de diafragma, este aísla el líquido que se maneja, del mecanismo de operación. Los líquidos no pueden tener contacto con las piezas de trabajo en donde ocasionarían corrosión y fallas en servicio.

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

VÁLVULAS EN Y.

Son una modificación de las válvulas de globo, tienen el conducto rectilíneo de una válvula de compuerta. El orificio para el asiento está a un ángulo de 45° con el sentido del flujo. Por lo tanto se obtiene una trayectoria más lisa, similar a la válvula de compuerta y hay menor caída de presión que en las válvulas de globo convencional, tienen una buena capacidad para estrangular.

Los componentes de las válvulas Y son vástago, disco y anillo de asiento, como en las válvulas de globo.

VÁLVULAS DE RETENCIÓN (CHECK)

Son integrales y se destinan a impedir la inversión del flujo en una tubería. La presión del flujo que circula abre la válvula; el peso del mecanismo de retención y cualquier inversión en el flujo la cierran. Los discos y los componentes móviles pueden estar en movimiento constante si la fuerza de la velocidad no es suficiente para mantenerlas en su posición estable de apertura total.

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

La válvula de retención de bisagra (columpio) abre con la presión en la tubería pues el flujo en sentido normal hará que el disco oscile y se separe del asiento. Se cierra cuando se reduce la presión y llega a cero.

Las válvulas de retención de bisagra se utilizan para bajas velocidades de fluido con inversiones de flujo poco frecuentes, este tipo de válvula se puede observar en la figura 3F; en algunos sistemas se utilizan combinaciones de válvulas de compuerta. Las principales características de estas válvulas de retención son mínima resistencia al flujo, servicios de baja velocidad y con cambios de dirección poco frecuentes.

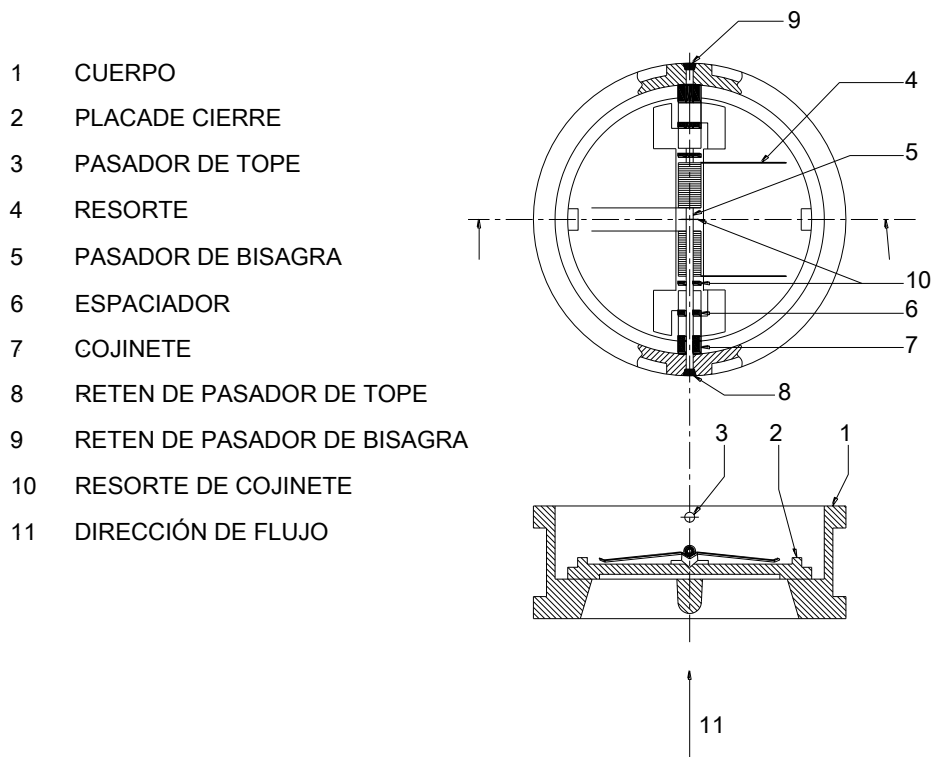


Fig. 3F Partes de una válvula Check del tipo bisagra

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

Las válvulas en Y tienen una abertura alineada con asiento, que está integrada en el cuerpo; esto permite rectificar por esmerilado las válvulas que asientan metal con metal.

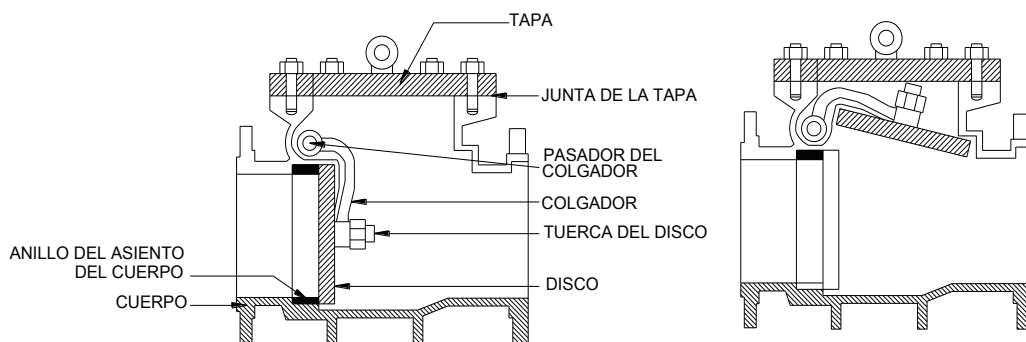
Las válvulas rectilíneas tienen un disco embisagrado en la parte superior, con lo cual la superficie de asentamiento está a un pequeño ángulo, lo cual permite que el disco oscile y se abra con presiones más bajas. Los anillos del asiento se pueden reemplazar.

Estas válvulas se pueden instalar en una tubería horizontal o en una vertical con flujo ascendente.

VÁLVULAS DE RETENCIÓN HORIZONTALES

Se eleva un disco o bola dentro de sus guías desde su asiento por la presión de la circulación ascendente. Cuando se tiene o se invierte el flujo, el disco vuelve a asentar por gravedad. En algunas válvulas se utilizan resortes para tener un cierre más positivo, como se observa en la figura 4F.

En general las válvulas horizontales de retención requieren caídas de presión más o menos grandes. En estas válvulas se utilizan dos tipos principales de discos: El disco de composición y disco metálico que se puede esmerilar. El disco de composición se presta para cierre hermético y está provisto de un sujetador para mantener la alineación.



VALVULA DE RETENCIÓN (CHECK)

Fig. 4F Partes de una válvula Check

VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE BOLA.

En estas válvulas en lugar de disco guiado se utiliza una bola o balón de libre rotación, para distribuir el desgaste con mayor uniformidad en toda la superficie. Están limitadas a tamaños pequeños y para servicios con materiales viscosos o que producen depósitos.

VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE PISTÓN.

Son muy similares a las horizontales de retención y están equipadas con un amortiguador que consta de un pistón y un cilindro que producen acción amortiguadora durante el funcionamiento. Las características de flujo y la instalación son las mismas que para las válvulas horizontales de retención.

VÁLVULAS DE RETENCIÓN DE MARIPOSA.

Los asientos de estas válvulas son muy similares a los de las válvulas de mariposa y muchas veces se utilizan en combinación con ellas. Sus características principales de servicio son mínima resistencia al flujo, cambios frecuentes de dirección y para uso en tuberías equipadas con válvulas de mariposa, las válvulas de retención se pueden instalar horizontal o verticalmente con flujo ascendente o descendente.

APÉNDICE G

Propiedades físicas de algunos gases
(valores aproximados a 20°C y 1.01325 bar)

Cp = Calor específico a presión constante

Cv = Calor específico a volumen constante

Nombre del gas	Fórmula química ó símbolo	Peso molecular aproximado M	Densidad Kg/m ³ ρ	Peso específico con relación al aire Sg	Constante individual del gas J/kgK R	Calor específico a temperatura ambiente J/kgK		Capacidad calorífica por metro cúbico J/m ³ K		γ igual a Cp/Cv
						Cp	Cv	Cp	Cv	
Acetileno (etino)	C ₂ H ₂	26.0	1.0925	0.907	320	1465	1127	1601	1231	1.30
Aire	-	29.0	1.2045	1.00	287	1009	721	1215	868	1.40
Amoniaco	NH ₃	17.0	0.7179	0.596	490	2190	1659	1572	1191	1032
Argón	A	39.0	1.661	1.379	208	519	31	862	517	1.67
n-Butano	C ₄ H ₁₀	58.1	2.4897	2.067	143	1654	1490	4118	1710	1.11
Dióxido de carbono	CO ₂	44.0	1.8417	1.529	189	858	660	1580	1216	1.30
Monóxido de carbono	CO	28.0	1.1648	0.967	297	1017	726	1185	846	1.40
Cloro	Cl ₂	70.9	2.9944	2.486	117	481	362	1440	1084	1.33
Etano	C ₂ H ₆	30.0	1.2635	1.049	277	1616	1325	2042	1674	1.22
Etileno	C ₂ H ₄	28.0	1.1744	0.975	296	1675	1373	1967	1612	1.22
Helio	He	4.0	0.1663	0.1381	2078	5234	3151	870	524	1.66
Ácido clorhidrico	HCl	36.5	1.5273	1.268	228	800	567	1222	866	1.41
Hidrógeno	H ₂	2.0	0.0837	0.0695	4126	14319	10155	1199	850	1.41
Sulfuro de hidrógeno	H ₂ S	34.1	1.4334	1.19	213	1017	782	1458	1121	1.30
Metano	CH ₄	16.0	0.6673	0.554	519	2483	1881	1657	1255	1.32
Cloruro de metilo	CH ₂ Cl	50.5	2.15	1.785	165	1005	838	2161	1800	1.20
Gas natural		19.5	0.8034	0.667	426	2345	1346	1884	1483	1.27
Óxido nítrico	NO	30.0	1.2491	1.037	277	967	691	1208	853	1.40
Nitrogeno	N ₂	28.0	1.1648	0.967	297	1034	233	1204	854	1.41
Óxido nítrico	N ₂ O	44.0	1.8429	1.53	189	925	206	1705	1301	1.31
Oxígeno	O ₂	32.0	1.331	1.105	260	909	649	1210	864	1.40
Propano	C ₃ H ₈	44.1	1.8814	1.562	188	1645	1430	3095	2690	1.15
Propano propileno	C ₃ H ₆	42.1	1.7477	1.451	198	1499	1315	2620	2298	1.14
Dióxido de azufre	SO ₂	64.1	2.727	2.264	129	645	512	1759	1396	1.26