



**UNIVERSIDAD DE SOTAVENTO A. C.
ESTUDIOS INCORPORADOS A LA UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**MANUAL DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS A TUBERÍAS MENORES
DE 8 PULGADAS DE DIÁMETRO EN ACERO AL CARBÓN PARA
LA PLANTA AGROINDUSTRIA DEL COMPLEJO PAJARITOS,
COATZACOALCOS VER.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO INDUSTRIAL

PRESENTA:

JESÚS GUADALUPE PÉREZ GARCÍA

ASESOR DE TESIS:

ING. RAÚL ORTEGA DANTES

COATZACOALCOS, VER.

DICIEMBRE DE 2016.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

AGRADECIMIENTO

Primeramente le doy gracias a Dios por permitirme ver llegar a su fin una de mis más grandes metas en la vida que es haber culminado satisfactoriamente mi carrera profesional como licenciado en ingeniería industrial.

De igual manera, quiero expresarle a mi padre Sixto Pérez García y a mi madre Rosa Nelli García Castellanos mi más profunda gratitud, ya que fueron fuente de apoyo constante e incondicional en mi vida y más aún en mis duros años de carrera profesional, así como también agradecerles por sus sabios consejos y por la motivación que me brindaron para seguir adelante y luchar por mis metas e ideales y no darme por vencido.

Agradezco también a mi amada esposa Esther Hernández Rodríguez por su paciencia, comprensión y por ser una razón más de apoyo en mi vida.

Por último, quiero darle las gracias a mis queridos formadores, en especial a la ingeniero Virginia Arias Márquez y al ingeniero Raúl Ortega Dantes, pues ellos fueron quienes me guiaron para hacer el presente trabajo y me dedicaron parte de su tiempo.

Con todo el cariño, amor y respeto que ustedes se merecen les doy mi más sincero agradecimiento.

TÍTULO:

Manual de Pruebas Hidrostáticas a Tuberías menores de 8 Pulgadas de Diámetros en Acero al Carbón para la Planta Agroindustria del Complejo Pajaritos, Coatzacoalcos, Ver.

HIPÓTESIS

Con la implementación del manual, disminuirá los retrasos de las actividades de pruebas hidrostáticas en las tuberías de acero al carbón en la planta de Agroindustria del Complejo Pajaritos de Coatzacoalcos, Veracruz.

JUSTIFICACIÓN

Debido al alto índice de accidentes que se suscitan en el área de pruebas hidrostáticas en la planta Agroindustria del Complejo Pajaritos, nos vemos en la necesidad de tomar las medidas correspondientes. Para ello, elaboraremos un manual el cual explique las medidas necesarias para realizar las pruebas y tendrá como finalidad minimizar los accidentes ocurridos en la planta, ya que estos representan gastos y generan pérdidas económicas al complejo.

Otro de los puntos que de igual forma está en alerta, es en la entrega de los trabajos ya que el personal no está capacitado de la manera correcta y al no contar con el personal competente perdemos tiempo en realizar las pruebas. Es por esta razón que se realizará este manual el cual contará con todo lo necesario para facilitar las actividades de los trabajadores y para hacer entrega de los trabajos en tiempo y forma como se promete.

OBJETIVO GENERAL:

Elaborar un manual de pruebas hidrostáticas a tuberías de acero al carbón menores de 8 pulgadas de diámetro, que ayude al personal a facilitar la operación y disminuir fallas por accidentes, fugas de agua en válvulas y en soldaduras, accidentes e incidentes en las actividades de las pruebas hidrostáticas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Analizar al personal de cómo se realizan las pruebas hidrostáticas actualmente. [Corregir descripción](#)
- Cuantificar los retrasos que se genera por fallas, fugas, accidentes, falta de conocimiento de los trabajadores de Enero a Julio de 2015.
- Elaborar un manual para realizar pruebas hidrostáticas a tuberías menores de 8 pulgadas de diámetros.
- Capacitar e implementar a cada uno de los trabajadores de cómo realizar las actividades con respecto al manual.
- Evaluar el costo beneficio.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. GENERALIDADES	
1.1. Descripción histórica.	4
1.2. Tipos de pruebas hidrostáticas.	10
1.3. Tipos de tuberías.	19
1.4. Organismos reguladores.	29
CAPÍTULO II. OPERACIONES DE LAS PRUEBAS HIDROSTÁTICAS	
2.1. Planteamiento del problema.	34
2.2. Pruebas hidrostáticas actuales.	35
2.3. Accidentes de trabajo.	38
CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL MANUAL DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS	
3.1. Elaboración del manual.	44
3.2. Programa y capacitación.	64
3.3. Evaluación de la funcionalidad.	69
3.4. Gastos por accidentes.	71
3.5. Costos por inversión al área de pruebas hidrostáticas.	81
CONCLUSIÓN	85
BIBLIOGRAFÍA	86
GLOSARIO	89
ANEXOS	91

INTRODUCCIÓN

México es un país donde las industrias petroleras son la fuente principal de la economía mexicana. Existen diferentes tipos de industrias, según sean los productos que fabrican; por ejemplo, la industria alimentaria se dedica a la elaboración de productos destinados a la alimentación, como el queso, los embutidos, las conservas, todas estas plantas están compuestas por estructura metálica, tanque de almacenamiento, equipos rotativos, tuberías, subestaciones eléctricas, entre otras que ayudan que estas plantas trabajen de manera eficiente. Todos estos equipos y materiales previamente mencionados tuvieron que haber pasado por distintas pruebas antes de ser usadas; para lo que fue diseñado en este manual de pruebas hidrostáticas, se describe la historia de cómo se fue desarrollando las pruebas a las tuberías, para ello tuvieron que pasar muchas décadas en donde se tuvo que experimentar con distintos métodos. Fue la necesidad que llevo a la ingeniería de realizar distintas pruebas por los altos índices de accidentes que se registraban durante las puestas en marchas de los equipos y materiales nuevos.

Se sabe que todos los equipos y materiales nuevos de fábrica están regulado por las normas de calidad, la cual validan la integridad del material o equipo para que no presenten fallas durante su periodo de vida. Si durante su traslado los equipos o las tuberías sufrieron un daño, es ahí donde la integridad de los materiales pierde su calidad, es por esta razón que se ve la necesidad de realizar las pruebas pertinentes antes de poner las tuberías en marcha. Para realizar las pruebas de las tuberías nos debemos apegar a las normas las cuales nos van a facilitar las actividades de pruebas hidrostáticas.

Este manual describe brevemente la historia y evolución de las pruebas hidrostáticas, de igual forma cuenta con la descripción de las normas para realizar pruebas, las cuales estas normas se ocupan de maneras más frecuentes para

realizar dichas actividades, y nos van a facilitar los trabajos para así poder terminar las actividades en tiempo y forma.

Este manual, también se habla de algunas normas la cual nos describe de cómo podemos evitar los accidentes durante la ejecución de las actividades. Si nosotros tomamos en cuenta las normas de seguridad y seguimos de manera correcta los pasos de dichas normas, estaremos evitando los accidentes de trabajos, siempre y cuando portemos nuestro equipo de seguridad correctamente.

Los pasos que contiene este manual, el cual esta descrito de forma clara y concisa, están basada en normas oficiales para facilitar las actividades y resguardar la integridad física del personal, todos los equipos y materiales que se ocupan para realizar una prueba hidrostática deben de estar en muy buenas condiciones para no tener accidentes durante la ejecución de la actividad, los pasos que se mencionan en este manual describen de cómo se debe realizar una prueba hidrostática a tubería menores de 8 pulgadas de diámetro.

También se describe algunos formatos de permisos de trabajos que de igual forman son muy indispensables para las actividades que se estén realizando en la planta, estos formatos son llenados de acuerdo a las actividades que se van a ejecutar.

Todos estos pasos que se describen en este manual de pruebas hidrostáticas son con la finalidad de evitar accidentes y mejorar el rendimiento de los trabajadores durante la ejecución de las actividades.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. DESCRIPCIÓN HISTÓRICA.

La industria de los fertilizantes en México, nació de una manera modesta con la constitución de guanos y fertilizantes de México, S.A. en 1943. La iniciativa privada incursionó en este ramo al formar fertilizantes Monclova, S.A. fertilizantes del Istmo, S.A. y fertilizante del Bajío, S.A. en 1956 y 1963 respectivamente. Las más importantes de estas 3 empresas, fertilizantes del istmo, S.A. Se formó con la participación de tres grupos de miembros del sector privado mexicano, de un grupo de inversionistas cubanos y del gobierno mexicano a través de Pemex. Durante el gobierno del Lic. Gustavo Díaz Ordaz, entre los años 1965 y 1967, las empresas pasaron a ser propiedad de guanos y fertilizantes de México, S.A., y a partir de entonces, la producción, importación y exportación de los fertilizantes han sido monopolio del gobierno federal.

A partir de 1978, las plantas productoras han manifestado una baja considerable en el índice de aprovechamiento de su capacidad instalada, decreciendo este del 101.3% en 1977 a 76.7% en 1980. A partir de 1978 se forman las primeras empresas paraestatales dedicadas al manejo de fertilizantes en los estados de Tamaulipas y Aguascalientes. Actualmente hay 17 paraestatales en operación. Lo más escandaloso del caso es que en 1991 el mismo Estado mexicano privatizó, a un precio de ganga, la empresa Fertimex. Originalmente fue adquirido por el entonces senador priista y luego director de Pemex, Rogelio Montemayor junto con sus hermanos, a través de la empresa Servicorp. No duraron mucho al frente de la empresa. Semanas después, los Montemayor se asociaron con ALTOS HORNOS DE MÉXICO (AHMSA), controlada desde entonces por las familias Ancira y Autrey. Convirtieron a Fertimex en Agronitrogenadora, empresa que mantuvo el monopolio de la urea en México.

El resultado original de esta privatización fue el despido masivo de trabajadores, la suspensión de la producción hasta llegar al cierre total de la planta en 1999, generando un déficit de fertilizantes en México. Nuestro país tuvo que

importar fertilizantes a Ucrania, Trinidad y Tobago, y Rusia, entre otras naciones, abandonando este sector y concentrándose en la comercialización de ellos sólo por unas cuantas empresas.

El cierre de Agroindustria fue por adeudos millonarios a Pemex que le suministraba amoniaco.



Imagen 1. Cierre de Agroindustria por adeuda a Pemex.

La planta cerró por adeudo a Pemex y despidió a sus trabajadores por falta de pago a sus empleados, en la imagen se muestra la estructura de la planta y las instalaciones en malas condiciones.

Esta planta Agroindustria estuvo cerrada catorce años cuando petróleos mexicanos (Pemex) adquiere la planta Agroindustria, los cuales invierte recursos públicos que se van a utilizar para que Pemex pueda invertir 275 millones de dólares a ALTOS HORNOS DE MÉXICO (AHMSA). La empresa Agroindustria e invertirá 200 millones de dólares más (2 mil 600 millones de pesos) para operarla. Además de esta inversión, Pemex provee destinar 165 millones de dólares (2 mil 148 millones de pesos) para rehabilitar la planta de amoniaco en el complejo de Cosoleacaque, que durante años fue el principal productor de esta sustancia en el

mundo. A pesar de ser rentable, en el año 2000, el entonces director de Pemex Petroquímica, Rafael Beverido, empezó a cerrar las plantas. Tres años después, la producción disminuyó de 2.9 millones de toneladas a sólo 534 mil toneladas, casi la quinta parte de la producción.

Posteriormente la planta Agroindustria pasó a propiedad de Pemex el cual ya no se llamara Agronitrogenado si no Agroindustria, S.A. de C.V.; está dentro de las empresas de productos químicos para agricultura en Coatzacoalcos. Esta empresa privada se fundó en el año 1992; Agroindustria, S.A. de C.V., ha estado operando 15 años más que lo normal para una empresa en México y 11 años menos que lo típico para empresas de productos químicos para agricultura. Con 46 sucursales/matrices/sedes, esta organización tiene una estructura compleja y complicada.



Imagen 2. Macro localización de la planta de Agroindustria.

La planta de Agroindustria se localiza en la Carretera Federal Coatzacoalcos-Villahermosa Kilómetro-5.3, en el interior del Complejo Industrial Pajaritos, Coatzacoalcos, Ver. En la imagen 2 se muestra una sección de color rojo que muestra la ubicación de la planta. Al Norte colinda con la Laguna de Pajaritos, al Oeste con la planta de Innophos Fosfatados de México, al Sur con el Complejo

Petroquímico Pajaritos y al Este con la calle 9. Esta planta durante el tiempo de vida que estuvo operando era una de las más grandes a nivel nacional ya que típicamente, empresas de productos químicos para agricultura tienen entre 20 y 29 empleados, haciendo que Agroindustria, S.A. de C.V., sea 39 veces más grande que la empresa típica de esta industria y de las empresas que mayor cantidad de empleados tenía.

El desarrollo industrial que ha marcado la evolución del ser humano, a través de la historia, está íntimamente ligado con el control de los procesos de fabricación y el buen desempeño en servicio de los diversos materiales conocidos, como son acero al carbón, acero inoxidable.

Para la reparación y activación de la planta Agroindustria se ocuparon estructuras, tuberías de diferentes medidas, bombas de diferentes capacidades, equipos, instalaciones eléctricas, subestaciones. Unos de los materiales principales para la activación de la planta son las tuberías la cual cumplen un papel fundamental en las industrias petroleras ya que este material es muy importante para poder transportar los productos que se ocupen o que se ocuparon en la planta Agroindustria, las tuberías tienen que satisfacer las necesidades del cliente tanto en las medidas, diámetros de las tuberías y principalmente que resistan a los trabajos al cual se someterán durante su periodo de vida. Es importante la calidad de los materiales por lo cual nos encontramos con diversas técnicas de inspección que nos permiten estudiar el comportamiento de cada uno de ellos para garantizar su buen funcionamiento, en la siguiente imagen se observa una de las técnicas de inspección de tuberías, este procedimiento se ocupa para comprobar si la soldadura no presenta ninguna falla.



Imagen 3. Prueba de líquido penetrante a tubería.

Una de las técnicas más usuales para comprobar si realmente la soldadura que se aplicó en las uniones de dos tuberías no presenta ninguna falla, esta técnica es conocida como la prueba de líquido penetrante y consiste en aplicar un líquido que se llama ANDROX 996P. En la cual se aplica como se muestra en la imagen 3.

Para conocer las condiciones de los materiales, es importante realizar algunas de las técnicas, como son las pruebas no destructivas, las pruebas de dureza, compresión, torsión e impacto, pruebas hidrostáticas. Las pruebas antes mencionadas nos dan a conocer los defectos o el estado en que se encuentran los materiales.

Las pruebas provienen desde la época de Arquímedes, el nombre de pruebas hidrostáticas surge por un problema con respecto al contenido en oro de la corona de Hierón; lo cual se consultó a Arquímedes sobre si la corona era de oro puro o estaba adulterada con plata. Después de muchas cavilaciones, se dio cuenta mientras estaba en los baños públicos que el volumen de la corona se podía medir con presión sumergiéndola en agua y viendo el volumen de líquido desplazado. Comparó entonces el peso de la corona con el peso de un volumen igual de oro.

Este descubrimiento tuvo al menos dos resultados inmediatos. La idea excitó tanto a Arquímedes que corrió hacia su casa desnudo gritando lo que había descubierto y el orfebre fue ejecutado porque la corona no era de oro puro.

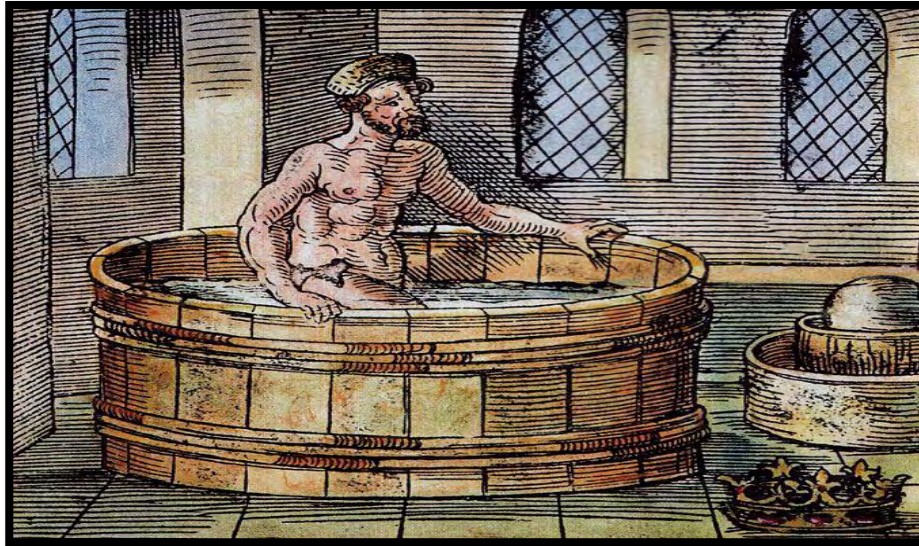


Imagen 4. Arquímedes en la investigación de la corona si era realmente de oro.

Arquímedes se encontraba en los baños cuando le surgió la idea sobre cómo podría saber si la corona era realmente de oro o estaba compuesta con otro material en escaso con plata como se muestra en la imagen 4.

Los ensayos no destructivos se han practicado por muchas décadas. Se tiene registro desde 1868 cuando se comenzó a trabajar con sistemas de pruebas para garantizar que el sistema funcionara al 100% en condiciones de operación, de ahí surgieron distintos métodos para percatarse de anomalías, una de ellas es la Prueba de Hermeticidad conocida como PH (Prueba Hidrostática), con el fin de verificar la integración física, química y mecánica de un sistema para la puesta en operación.

Las pruebas hidrostáticas, son pruebas de presión que se deben realizar a los tanques sujetos a presión, como lo son compresores, calderas, tanques de almacenamiento, tuberías por citar algunos. Todos estos equipos y materiales

tienen una capacidad para trabajar. Previamente se debió elaborar un plano, en el cual se determinó la presión a la que se deberá someter los materiales para garantizar la seguridad del mismo durante la operación por los trabajadores de la empresa. Así, en la mayoría de los casos, cualquier posible falla que contengan los equipos o materiales se identificaran durante las pruebas que se le realizara antes de operar los materiales y equipos.

La prueba hidrostática consiste en someter a una presión determinada la pieza que va estar en contacto con el líquido a presión, la prueba se efectúa introduciendo agua a presión y manteniendo ésta durante un tiempo determinado según como lo marque el manual del fabricante. En el siguiente apartado se explicaran las distintas pruebas que existen para las tuberías en las industrias.

1.2. TIPOS DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS.

La prueba hidrostática es en general un medio para evaluar la integridad de la tubería en servicios. Se utiliza principalmente para validar la calidad de los materiales, en ambos sentidos legales y prácticos. La máxima presión de operación aceptable de una tubería o recipiente nuevo. La efectividad de ensayo hidrostáticos se define en términos de la relación de presión del ensayo versus de la presión de operación. Al ensayar una tubería a un nivel sobre la presión de operación, se demuestra la ausencia de defectos que pueden causar una falla en servicio. Cuanto mayor sea la relación de presión de ensayo a la presión de operación, más eficaz es el ensayo. La relación apropiada entre presión de ensayo y presión de operación para una tubería específica, está basada en la calidad de la tubería. La naturaleza de los defectos en las tuberías y factores como las tensiones variables y la posible degradación por el medio que afectan a la integridad de la tubería en servicio.

Las tres últimas décadas se han realizado extensos estudios para determinar los beneficios y limitación de la prueba hidrostática de tuberías. Estos análisis

partieron del estudio de la relación entre el tamaño de los defectos preexistentes en el material y la tensión de falla, mediante la evaluación de gran cantidad de resultados experimentales y consideración teóricas. Una importante cantidad de investigaciones y experiencia de campo ha establecido firmemente el significado beneficioso de un ensayo a alta presión de una tubería. La investigación en este campo ha sido patrocinada por el Pipeline Reserch por un número de años.

Aplicación de Pruebas Hidrostáticas en la Construcción de Ductos o Líneas de Conducción e Infraestructura de operación de sistemas de transporte de hidrocarburos.

Actividad encaminada a garantizar la limpieza de todo objeto extraño alojado en el interior del ducto así como de la Hermeticidad e integridad Mecánica del mismo, a través de una prueba hidrostática o una prueba neumática con nitrógeno.

La limpieza interior del ducto se efectúa con corridas de diablos de limpieza o aire a presión impulsando todos los objetos dentro de la tuberías, seleccionando el adecuado elemento para lograr un ducto limpio y libre de partículas extrañas que puedan ocasionar daños al recubrimiento y a las paredes internas del ducto, esta se realiza antes y después de cada proceso de hermeticidad.

La hermeticidad del ducto, se realiza mediante el llenado con agua limpia y libre de partículas contaminantes, empleando equipos de alta presión y que a solicitud del cliente en apego normativo y del servicio que prestará el ducto, se mantendrán lecturas de tiempo hasta de 24 horas máximo de manera continua. Para la prueba neumática se suministra nitrógeno puro y que a solicitud del cliente, normatividad vigente y del servicio que prestará el ducto, se mantendrán lecturas de presión que pueden variar desde 8 hasta un máximo de 24 horas. Las pruebas no destructivas se dividen en varios tipos.

a) **Pruebas de Aceptación.** Son aquellas donde las personas aprueban la calidad de los materiales una vez que se realizaron todas las pruebas pertinentes, y en el cual está plasmada en un documento los resultados que avale la calidad del material o equipo.

- **Soldadura y prueba no destructiva:** son las que generalmente se aplican a los acero al carbón aleados con níquel e inoxidable y pueden constituir las bases de la pruebas de aceptación. Son básicamente pruebas funcionales, sobre el sistema completo, y buscan una cobertura de la especificación de requisitos y del manual del usuario. Estas pruebas no se realizan durante el desarrollo, pues sería impresentable al cliente, sino que se realizan sobre el producto terminado e integrado o pudiera ser una versión del producto o una interacción funcional pactada previamente con el cliente.



Imagen 5. Inspección y aceptación de soldadura.

Para aceptar un trabajo de soldadura tiene que pasar por el departamento de calidad el cual es una serie de requisitos que la soldadura tiene que cumplir. En la imagen 4 muestra como las personas observan cuidadosamente los trabajos para

así poder recopilar la información y verificar si el trabajo cumple con los requisitos necesarios.

La experiencia muestra que aún después del más cuidadoso proceso de las pruebas por parte del desarrollador, quedan una serie de errores que sólo aparecen cuando el cliente comienza a usarlo.

b) Prueba preliminar de estanqueidad. También conocido como ensayo de fugas, las pruebas de estanqueidad suponen una garantía para el servicio óptimo de un sistema o proceso y en ocasiones un compromiso con el medioambiente. Detecta y evita las fugas no deseadas.

Las pruebas de estanqueidad tienen por objeto asegurar la ausencia de fugas en cualquier sistema en el que intervengan fluidos a presiones iguales o distintas a la atmosférica. Con independencia de las pruebas de presión, utilizadas además para la comprobación de la resistencia mecánica de los equipos a presión, suelen prescribirse ensayos de estanqueidad que a presiones generalmente inferiores permitan detectar la presencia de fugas en las distintas fases de fabricación e instalación de un equipo, conjunto o sistema así como durante su puesta en servicio. Se efectúa a alta presión para así poder detectar fallos de continuidad de la red. Esta prueba se debe realizar durante el tiempo suficiente para verificar la estanqueidad de toda la unidad. Esta prueba de estanqueidad de las tuberías de distribución puede realizarse utilizando aire comprimido conectado a la válvula de prueba, aire de la tubería de descarga del almacén de jalones. Se deberá bloquear todas las boquillas y durante las pruebas se deberán desconectar las válvulas de salida de los recipientes de jalón del sistema de disparo. La prueba de estanqueidad se realizará a 1,5 veces la presión de servicio. Cuando se lleva a cabo la prueba de estanqueidad, las propiedades del material de las tuberías provocan una dilatación, que influye en el resultado. Debido al coeficiente de dilatación térmica de las tuberías, pueden surgir otros factores que influyen también en el resultado; la diferencia entre la temperatura del tubo y la del fluido

con el que se realiza la prueba llevan a alteraciones en la presión, un cambio de temperatura de 10°C produce una variación de presión de 0,5 a 1 bar.

Básicamente se trata de realizar una prueba de un tramo completo de una tubería, presurizando con aire o agua. Se colocan obturadores o balones especiales en la tubería a ambos extremos del tramo a probar y se inflan con aire. Posteriormente se introduce en la tubería a probar y a través de uno de los obturadores de aire o agua a una presión determinada.



Imagen 6. Llenado y presionado de una tubería con obturadores.

Se introducen los obturadores en la tubería de extremo a extremo como se muestra en la imagen 6 y se presiona con apoyo de una bomba o compresor, esto nos indicara las condiciones en que se encuentran las tuberías.

Al presionar la tubería la presión en el interior aumenta; por tal motivo debe mantenerse la temperatura del fluido lo más constante posible durante la prueba hidráulica de estanqueidad de las instalaciones con tuberías. La prueba de estanqueidad debe realizarse en sus tres variantes: prueba inicial, prueba principal y prueba final.

1. **Prueba inicial.** Para la prueba inicial se ha de conseguir una presión equivalente a 1,5 veces la presión de servicio máxima. Esta presión de prueba se debe mantener dos veces en el espacio de 30 minutos y con un intervalo de 10 minutos. Después de estos 30 minutos de prueba, la presión no debe descender en más de 0,6 bares y no deben aparecer fisuras.

 2. **Prueba principal.** La duración de esta prueba es de 2 horas. Durante este tiempo, la presión obtenida en la prueba inicial no debe descender en más de 0,2 bares.

 3. **Prueba final.** Esta se ha de mantener a una presión de 10 y 1 bares alternativamente en períodos de al menos 5 minutos. En medio de los respectivos ciclos de prueba la red de tubería ha de mantenerse sin presión. En ninguna parte de la instalación analizada debe aparecer ningún tipo de fisura.
- c) **Prueba neumática para tubería.** Este método de prueba implica operaciones peligrosas por el riesgo de explosividad, más no especifica las medidas de seguridad necesarias para su aplicación. Es responsabilidad del ejecutor y del supervisor establecer procedimientos apropiados de seguridad, así como el equipo de protección para su uso.

La prueba se realiza con aire o gas inerte, según se indique en el método. Se toma el tramo de tubería el cual realizara la prueba, posteriormente se presiona y se observa si muestra fallas o está en perfectas condiciones para el uso.

Inspección de uniones y bridas en las tuberías de prueba neumática como se observa en la siguiente imagen.



Imagen 7. Verificación de fugas en las uniones y bridas de las tuberías.

La prueba neumática es un procedimiento que utiliza la presión del aire para verificar las tuberías de fuga. Este método no solo sirve para identificar fugas, sino también para limpiar y secar el sistema de tuberías, permitiendo que la tubería quede lista al final de la inspección. La prueba neumática se utiliza cuando otros métodos no son factibles, por ejemplo en caso de congelamiento el testeado con agua se ve imposibilitado.

La prueba se debe llevar a cabo en tuberías con diámetro nominal de 200mm o mayores, asegurando su posición con material de relleno y dejando descubiertas las juntas (centros) de la tubería, la prueba deberá desarrollarse en tramos comprendidos. El límite superior se establece fundamentalmente por condiciones de seguridad y porque los tubos de diámetros mayores se ensayan más fácilmente mediante inspecciones visuales y por comprobación individual de las juntas.

La prueba de aire puede ser peligrosa si no se prepara adecuadamente. Es extremadamente importante que los tapones neumáticos se instalen y se ajuste de tal manera que se evite la explosión del tubo por exceso de presión, así como que esté asegurado el anclaje de los tubos para evitar así su desensamble. También es necesario que se despresurice la línea ensayada antes de desinflar los

tapones neumáticos. El equipo de presurización ha de incluir una válvula de alivio de presión que reduzca los riesgos y evite daños a la línea probada por sobre presurización.

- d) Prueba de resistencia mecánica.** Esta consiste en que una vez llenado la red con el fluido de prueba, las uniones son sometidas a un esfuerzo por la aplicación de la presión de prueba. En el caso de circuitos cerrados de agua refrigerada o de agua caliente hasta una temperatura máxima de servicio de 100°C, la presión de prueba será equivalente a 1.5 veces la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 6 bar. En el caso de circuitos de agua caliente sanitaria, la presión de prueba será equivalente a 2 veces la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 6 bares.



Imagen 8. Prueba de resistencia mecánica en uniones y bridas de la tubería.

Se realiza este tipo de prueba para asegurarse que las uniones entre dos tuberías no presenten falla alguna, ejemplo en la imagen 8.

Hay que tener presente que los equipos, aparatos y accesorios que no soporten estas presiones deben quedar excluidos de esta prueba. Esta prueba hidráulica de

resistencia mecánica debe tener una duración suficiente para poder verificar visualmente la resistencia de la estructura de los equipos y tuberías.

- e) **Prueba con agua.** Aunque este tipo de prueba entraña mayor dificultad en la detección de las fugas, la prueba con aire se realiza de forma similar a la prueba con agua, salvo que la presión a la que se someterá la red será de 0.5-1.0 bar como máximo.



Imagen 9. Arreglo de una tubería para hacer prueba con agua.

Se suministra agua al interior de la tubería para ser presionada y así poder verificar el comportamiento y la estructura del tubo como se observa en la imagen.

El presionamiento de una tubería para verificar su estado físico y las propiedades antes de ser montado para su uso, la presión debe de mantenerse constante durante un lapso de tiempo; si la presión no se mantiene, entonces se realiza una inspección visual en las parte de la tubería, como son las uniones de la soldadura, coples, nipples, entre otros puntos que en general son las partes más críticas de una tubería.

1.3. TIPOS DE TUBERÍA.

Una tubería es un conducto que transportar agua u otros fluidos. Las tuberías tienen características distintivas y se utilizan para cubrir necesidades específicas. Entre los tipos de tuberías se encuentran divididas en diferentes categorías. Los tubos y tuberías se clasifican en función de su diámetro y del espesor de la pared. En tuberías de acero, los diámetros nominales normalizados, están comprendidos en el intervalo de 1/8 a 30 pulgadas. En tuberías grandes de más de 12 pulgadas de diámetros, el diámetro nominal es igual al diámetro externo real, en tuberías pequeñas el diámetro nominal no corresponde a ninguna dimensión real. En tuberías de 3 a 12 pulgadas.

El diámetro externo de todas las tuberías, correspondientes a un determinado tamaño nominal es el mismo, con el fin de poder intercambiar los accesorios, en la siguiente imagen se muestra las partes de una tubería.

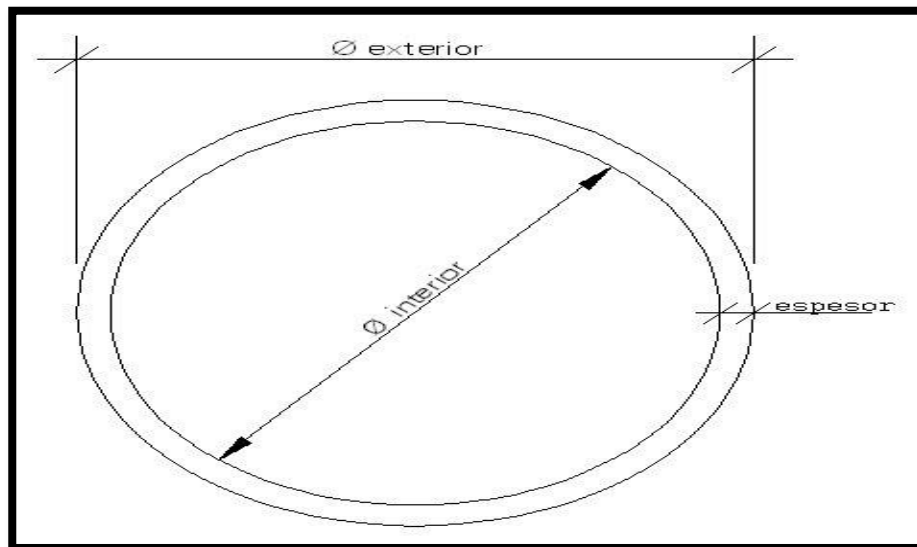


Imagen 10. Diámetro y espesor o cédula de tubería.

Para saber las medidas de las tuberías debemos visualizar cuáles son sus partes fundamentales, en la imagen anterior nos muestra los diámetros tanto interior como exterior y el espesor de la tubería también conocido como cédula.

Las tuberías se clasifican por su composición, entre los materiales que se utilizan con mayor frecuencia en la fabricación de grandes aducciones se destacan el acero, hierro fundido dúctil, concreto, asbesto, cemento y plástico reforzado con fibra de vidrio en menor diámetros, polietileno de alta densidad y policloruro de vinilo, desde el punto de vista de su comportamiento estructural. Los conductores se agrupan en dos categorías: conductos flexibles o aquellos que se deforman apreciablemente antes de alcanzar la condición de rotura. En los párrafos siguientes se indican las características mecánicas y procedimientos de fabricación de la mayor parte de estas tuberías.

1.3.1. Tuberías de acero.

Los tubos de acero para la conducción de agua a presión se fabrican con aceros dulces fácilmente soldables, de acuerdo a los siguientes procedimientos:

- Por laminado axial en caliente, sin soldaduras o costuras.
- Partir de láminas o chapas arrolladas y soldadas longitudinalmente o en espiral.

Es frecuente construir con tuberías de acero las líneas de propósito general. Los tamaños estándares de tuberías se denominan por medio de su tamaño nominal y número de cédula, los números de cédula están relacionados con la presión permisible de operación y el esfuerzo permisible del acero de la tubería.

Se utilizan tubos estándares de acero en sistemas de fluido de potencia, condensadores, intercambiadores de calor, sistemas de combustibles de motores

y sistemas industriales de procesamiento de fluidos. A los tamaños se les denota por medio de diámetro exterior y el espesor de pared.



Imagen 11. Soldadura en tubería de acero inoxidable.

Las tuberías de acero son fáciles de soldar por la composición de sus materiales, en la imagen 11 se observa una tubería después de haber aplicado soldadura con gas argón.

- Tuberías de acero (galvanizado). Estos tubos se hacen de acero dulce, de bajo contenido en carbono, conociéndose como tubería de acero negro. Este material es bastante maleable y soldable. El gran inconveniente del acero es su baja resistencia a la corrosión, pues al contacto con el aire y la humedad se oxida fácilmente y puede llegar a destruirse por completo. Así pues, las tuberías de acero necesitan una protección superficial, que suele ser el galvanizado.
- Fabricación (acero galvanizado). Este tipo de tubería están fabricados en acero soldable longitudinalmente y protegido interior y exteriormente con un recubrimiento galvanizado, conforme a la Norma UNE EN 10240. Es muy utilizada en instalaciones de agua de

consumo humano. Su recubrimiento tiene la misión de proteger la tubería contra oxidaciones y corrosiones, asegurando así las propiedades organolépticas del agua que recorre el circuito.

1.3.2. Tubos de cobre.

El cobre es el material ideal para la tubería de suministro de agua, resiste a la corrosión y tiene superficies lisas que facilitan el flujo del líquido. Los tubos de cobre se consiguen en diversos diámetros, pero la mayoría de sistemas de agua domésticos usando tubería de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ " pulgadas. El tubo de cobre es fabricado en forma rígida y flexible.

El cobre rígido, a veces llamado cobre duro, es aprobado por todo los códigos locales para sistemas de suministro domésticos, y se encuentra entre grados según en grosor de sus paredes.



Imagen 12. Tubería de cobre de la red de agua de servicio.

Las tuberías de cobre de menor medida se ocupan comúnmente en la red de distribución de agua en los hogares o en los edificios como se ilustra en la imagen anterior.

Las tuberías de cobre se dividen en varios tipos y modelos con respecto a sus propiedades, los tipos más comunes son: M, L y K. el tipo “M” es el más delgado, el menos costoso y una buena elección para el trabajo en plomería doméstica. Se fabrica para ser usada en instalaciones hidráulicas de agua fría y caliente para casas habitación y edificios, en general en donde las presiones de servicio sean bajas.

Características	Tubería tipo “M”
Temple	Rígido
Color de identificación	Rojo
Grabado	Si
Longitud del tramo	6.10 m
Diámetro	¼” A 4”

Tabla 1. Especificaciones del tubo de cobre tipo “M”.

Las características de los tubos de cobre son casi similares en lo único que los identifican de los demás es en su color y diámetro, en la tabla anterior se observa las características de cobre tipo “M”.

El tipo rígido “L” usualmente requerido por norma para sistemas de plomería comerciales. Gracias a que es fuerte para altas presiones, es preferido por algunos plomeros profesionales para el uso doméstico. Es un tipo de tubería a usarse en instalaciones hidráulicas en condiciones severas de servicio y seguridad que la tipo “M”; ejemplo: en instalaciones de gases medicinales y combustibles, vapor, aire comprimido, en calefacción, refrigeración, tomas de agua domiciliarías.

Características	Tubería tipo “L”
Temple	Rígido
Color de identificación	Azul
Grabado (bajo relieve)	Si
Longitud del tramo	6.10 m
Diámetro	¼” A 4”

Tabla 2. Especificaciones del tubo de cobre tipo “L”.

Este tipo de tubería por su bajo relieve es más resistente a altas presiones, es por eso que se ocupan por su resistencia.

El tipo “K” tiene una pared más gruesa y es usado con mayor frecuencia para líneas de servicios de agua subterráneas. El tubo de cobre disponible es suave, recocido o estirado en frío. Es la denominación para las tuberías que por sus características se recomienda usar en instalaciones de tipo industrial, conduciendo líquidos y gases en condiciones más severas de presión y temperatura.

Características	Tubería tipo “K”
Temple	Rígido
Color de identificación	Verde
Grabado (bajo relieve)	Si
Longitud del tramo	6.10 m
Diámetro	3/8” A 2”

Tabla 3. Especificaciones del tubo de cobre tipo “K”.

Este tipo de tubería se caracteriza por su diámetro y color, uno de los factores importantes es su resistencia en temperatura y se pueden usar en lugares más severos.

1.3.3. Tubos de hierro dúctil.

El hierro dúctil se produce mediante el tratamiento de hierro fundido de base de bajo contenido en azufre con magnesio bajo control estricto de condiciones. Este sistema de tubería especializada, para rápidas instalaciones bajo y sobre tierra y de alta presión es ideal para sistemas presurizados disponibles desde 100 a 2000mm., de fácil montaje por ser campana espiga, reduciendo errores humanos, alta resistencia a la corrosión.

Los tubos de hierro fundido dúctil deben ser fabricados por centrifugación en molde metálico en conformidad con la norma ISO 2531-09 y están provistos de una junta con campana en cuyo interior se aloja un empaque, asegurando una estanquidad perfecta en la unión entre tubos.



Imagen 13. Lote de tubería de hierro dúctil.

La tubería tiene forma de campana en uno de sus extremos, esta parte nos facilita el ensamble con las demás tuberías como se observa en la imagen anterior.

Es frecuente que las líneas para agua, gas y drenaje estén hechas de tubos de hierro dúctil, debido a la relativa resistencia, ductilidad y facilidad de manejo de este material. En muchas aplicaciones ha remplazado al hierro fundido. Juntos con los tubos se suministra accesorios estándares para hacer una instalación conveniente en la superficie o en el subsuelo. Se dispone de varias clases de tuberías de hierro dúctil para uso de sistemas con un rango de presiones.

1.3.4.Tubería de Acero al carbón.

Se utilizada en gran cantidad de aplicaciones industriales manejando fluidos abrasivos, algunos corrosivos, agua entre muchos otros, pero también es utilizado en la construcción en ductos de agua, y dentro de las viviendas para conducción de agua y gas.

El acero al carbono (acero dulce) es el más propenso a la corrosión y por lo tanto el menos costoso de los metales que habitualmente se perforan. Asimismo, se fabrica en hojas o bobinas laminado con rodillo hasta conseguir el espesor deseado mientras el acero está todavía caliente, o después de que se haya enfriado. Las diferencias en los procesos son el resultado de diferentes productos que se distinguen en términos de costo, calidad y propiedades mecánicas.

Existen dos tipos básicos de tubería de acero al carbón con sus diferentes características cada una:

- 1. La tubería de acero al carbón con costura:** es utilizada en la conducción de agua, vapor, vapor sobrecalentado, calderas, recalentadores, baja temperatura, alta temperatura, flux, gas, petróleo, gasolina, plantas de bombeo, tratamiento o saneamiento, líneas de interconexión en sistemas de bombeo, pozos de agua, agua potable, cruda, tratada, y desecho, aire comprimido, ventilación, sistemas contra incendio, líneas principales de riego entre otras aplicaciones generales e industriales. La costura puede

ser recta o longitudinal, helicoidal o espiral y doble arco sumergido. La helicoidal usualmente se maneja en diámetros arriba de 24”.

La costura se refiere al soldado que recibe la placa al ser rolada para dar forma a la tubería. Es una especie de cicatriz que el tubo tiene debido al proceso de soldado que recibe y que usualmente es eléctrico.



Imagen 14. Tuberías de acero al carbón con costura.

Los tubos de acero al carbón se clasifican por su composición, diámetros y espesores de igual forma se identifican por la costura como se ilustra en la imagen.

Los espesores más comunes son cedula 20, 40, 80, puede hacerse en espesores especiales hasta cedula 160. Las normas ASTM, ANSI, AWWA, API son las que comúnmente se solicitan en este tipo de tubería. Se utilizan en casi cualquier tipo de industria como la construcción, petroquímica, azucarera, energía, cervecera, química, alimenticia, cogeneración, farmacéutica, tequilera, organismos de agua, minería, entre otras. La tubería puede ser negra, galvanizada, lisa, biselada, roscada, ranurada y siempre certificada por planta. La tubería puede tener de manera adicional recubrimientos anticorrosivos.

2. Tuberías de acero al carbón sin costura: en estas tuberías siempre habrá diferencias entre lo que se solicita contra lo que se entrega. La Tubería de acero al carbón sin costura laminada en caliente tiene diversas aplicaciones industriales estructurales como en maquinaria pesada, cilindros hidráulicos, maquinaria agrícola, industria minera, construcción y uso estructural y varias aplicaciones mecánicas. En la tubería de conducción, en general sus usos son para fluidos como agua, aire, gases, vapor y usos mecánicos. La tubería sin costura es una tubería hecha en una sola pieza, sin uniones ni soldaduras, lo que da como resultado una tubería diseñada para usos que requieren una calidad y una especificación especializada, como son los usos de conducción de fluidos y gases en la industria Petrolera, Química y Petroquímica, así como en el área de la construcción. Esta tubería se fabrica en diámetros desde 1/4" pulgadas y hasta 24" pulgadas con longitudes irregulares, en espesores cedula 40, 80, 100, 120, 160 y algunos otros dependiendo del diámetro. Las normas que normalmente maneja son: ASTM-A-53, A-106, API-5L, A333, A335. Existe tubería de acero de aleaciones especiales para baja temperatura, alta temperatura, alta presión, y condiciones especiales. La industria que utiliza este tipo de tubería en sus procesos son: Petroquímica, refinerías, ingenios azucareros, minería, papelera, alimenticia, bebidas, farmacéutica, construcción, energía, gases, química, entre otras.

1.4. ORGANISMOS REGULADORES.

Para realizar las pruebas hidrostáticas se cuentan con normas los cuales cada una de estas normas nos indica reglamentos, procedimientos para ejecutar la prueba hidrostática de redes de tuberías para el transporte de hidrocarburos líquidos.

Norma Oficial Mexicana NOM-020-STPS-2002, recipientes sujetos a presión y calderas-Funcionamiento-Condiciones de seguridad, para quedar como PROY-NOM-020-STPS-2010, recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas-Funcionamiento-Condiciones de seguridad. Estas normas nos indican el procedimiento para llevar a cabo una prueba hidrostática de forma más segura, de igual forma las herramientas y equipo que se ocupan en dicha actividad, si el personal encargado de realizar las pruebas cumpliera con los procedimientos como lo marcan estas normas, las pruebas serían más fáciles y más rápidas.

Norma Oficial Mexicana estipula que para cada equipo habrá de integrarse un expediente con el historial de su operación y los registros sobre las revisiones, mantenimiento y pruebas de presión y/o exámenes no destructivos realizados, entre otra información, con el objeto de disponer de los elementos técnicos que permitan mantener su funcionamiento en condiciones seguras.

Las pruebas e inspecciones respectivas deben realizarse en horas diurnas y con tiempo seco, considera que las condiciones climatológicas no son aceptables, o que la línea no está en condiciones de ser probada o debe ejecutarse. La presión de prueba hidrostática en cualquier punto de la tubería no debe ser inferior al 125% de la presión de operación en cualquier punto, sin exceder el valor. A continuación se muestran las normas más usuales para realizar pruebas hidrostáticas, también hay que considerar las normas el cual están elaboradas las tuberías a utilizar en los centros de trabajos.

Tabla de normas para realizar pruebas hidrostáticas y elaboración de tuberías.

NMX-B-229-CANACERO-2011.	Industria siderúrgica -tubos de acero inoxidable austenítico, sin costura y soldados, para servicios generales- especificaciones y métodos de prueba.
NMX-C-401-ONNCCE-2011.	Industria de la construcción -tubos de concreto simple con junta hermética- especificaciones y métodos de prueba.
NMX-W-018-SCFI-2006.	Productos de cobre y sus aleaciones -tubos de cobre sin costuras para conducción de fluidos a presión especificación y métodos de prueba.
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de seguridad prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
NOM-004-STPS-1999	Sistemas de protección y dispositivos de seguridad de la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido.
NMX-B-482-1991	Capacitación, calificación y certificación de personal de ensayos no destructivos esta norma oficial mexicana se emplea para evaluar y documentar la capacidad técnica del personal que realiza, testifica, supervisa y evalúa los ensayos no destructivos.
NOM-012-STPS-1993	Relativas a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, usen, manejen, almacenen o transporten fuentes generadoras o emisoras de radiaciones ionizantes.

NOM-017-STPS-1993	Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.
NOM-018-STPS-2000	Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
NOM-020-STPS-2002	Establece las condiciones de seguridad y las medidas preventivas para evitar riesgos de trabajo por el uso y el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión y calderas en los centros de trabajo, que cuenten con mayores probabilidades de riesgo - por variables de presión, dimensiones y fluidos- a los que la STPS les otorga números de control.
NOM-024-STPS-1993	Relativas a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se generen vibraciones.
NOM-025-STPS-1993	Relativas a los niveles y condiciones de iluminación que deben tener los centros de trabajo.
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
NOM-028-STPS-1993	Seguridad - código de colores para la identificación de fluidos conducidos en tuberías.
NOM-100-STPS-1994	Seguridad - extintores contra incendio a base de polvo químico seco con presión contenida - especificaciones.
ASTM A312	Especificación para tuberías de acero inoxidable autentico sin costuras, soldadas y acabadas en frío.

ASTMA01	Métodos es la prueba para determinar las propiedades especificadas mecánicas del acero, acero inoxidable, aleaciones y productos relacionados para la evaluación de la conformidad de los productos.
NRF-035-PEMEX-2005	Sistemas de tuberías en plantas industriales- instalación y pruebas.
ISO 13623:2009	Especifica los requisitos y da recomendaciones para el diseño, materiales, construcción, pruebas, operación, mantenimiento y abandono de los sistemas de tuberías utilizados para el transporte en la industria del petróleo y de gas natural.

Tabla 4. Normas oficiales para realizar pruebas hidrostáticas y seguridad industrial.

Las normas más usuales para realizar estos tipos de trabajo en las industrias son las que se mencionan en la tabla 4.

Con base en los resultados de las revisiones que se practiquen a los equipos, las características de los fluidos que manejan y su factibilidad de aplicación, el proyecto o norma establece que el patrón deberá seleccionar y aplicar pruebas de presión o exámenes no destructivos a los equipos en funcionamiento en el centro de trabajo. Para tales efectos, incorpora una Guía de Referencia no obligatoria, con información relacionada con exámenes no destructivos que se pueden practicar a los equipos para demostrar su integridad física, la cual contiene un diagrama de flujo que orienta al sujeto obligado sobre las etapas a seguir para conocer las condiciones de seguridad en su funcionamiento. Igualmente, el patrón tendrá la obligación de capacitar al personal que realiza actividades de operación y, en su caso, de mantenimiento o reparación a este tipo de equipos, con base en los procedimientos de seguridad correspondientes.

CAPÍTULO II

OPERACIONES DE LAS

PRUEBAS

2.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La principal causa por los cuales los trabajos de pruebas hidrostáticas se retrasan en entregar en tiempo y forma, se debe a que el personal comisionado no cuenta con los conocimientos ni con las habilidades necesarias. Hay personas que no saben cómo se realiza una prueba y tampoco saben de herramientas; por lo tanto, es necesario capacitar al trabajador para así efectuar dichas acciones correctamente y evitar que surjan los accidentes.

Los accidentes más comunes son los machucones con objetos cercanos a la actividad, resbalones y golpes con herramientas. Estos parámetros nos indican que el trabajador no está capacitado para desenvolverse en el área a la hora de utilizar las herramientas que tiene que ocupar durante la actividad.

Otro problema que se da más frecuente es la falta de material; ya que solo se cuenta con un solo equipo en el área de trabajo (ej. herramientas, equipos y maquinarias). En ocasiones cuando se desea iniciar una prueba hidrostática lo más común es que el manómetro no está calibrado y al no estar listo se tiene que mandar a calibrar, este proceso se lleva alrededor de 3 a 5 días hábiles. De igual forma sucede con la bomba que se ocupa para presionar la tubería, ya sea que se descompuso u otra persona lo esté ocupando o este en taller de mantenimiento.

Por consiguiente, si capacitamos al personal antes de realizar dichas pruebas, les daremos todas las herramientas necesarias para desempeñar sus labores. Esto tiene como finalidad reducir los accidentes laborales y al mismo tiempo entregar los trabajos en un periodo y forma determinado. Con esto, obtendremos menores gastos económicos, me refiero a que ya no tendremos que gastar en los accidentes generados por incapacidades (o sea, contratar a otro persona que tenga que venir a sustituir al personal incapacitado). Así lograremos mayores ingresos e invertiremos en nuevas herramientas y en capacitaciones para el personal encargado.

2.2. PRUEBAS HIDROSTÁTICAS ACTUALES.

La aplicación de la prueba hidrostática es someter a una presión a un equipo o línea de tuberías fuera de operación, con el fin de verificar el estado de las tuberías de los accesorios como bridas, soldadura y uniones. Utilizando el agua como elemento principal o en su defecto un fluido no corrosivo; un ejemplo podría ser el agua desmineralizada. Todo equipo nuevo debe ser sometido a una prueba de presión (hidrostática), en los talleres del fabricante.

Los códigos de diseño de los equipos y sistemas de tuberías (ASME, API, TEMA, BS, entre otros), establecen claramente las prácticas recomendadas de cómo realizar la prueba hidrostática, con el fin de garantizar la integridad física de las personas y los equipos.

Por lo general, un equipo que haya sido probado en los talleres del fabricante no debería ser probado nuevamente después de su instalación, a menos que sea requerido por algunas de las autoridades locales o si existe alguna sospecha de que el equipo haya sufrido algún daño durante el transporte, por lo que la prueba se llevará efecto de acuerdo al código de diseño o a las especificaciones del caso.

La prueba hidrostática también aplica cuando se reemplaza o se reparan líneas existentes, ya que nos permite determinar la calidad de la ejecución del trabajo de fabricación o reparación de la línea o equipo y comprobar las condiciones de operación para garantizar la seguridad tanto de las personas como de las instalaciones.

Todas las plantas que manejen equipos o tuberías de alta presión cuentan con un personal el cual se encarga de realizar las pruebas no destructivas o pruebas hidrostáticas, la planta Agroindustria también cuenta con su personal, este se encarga de los trabajos de pruebas hidrostáticas a los equipos que manejan altas presiones.

Todo personal o equipo de trabajo tiene distintas maneras de realizar sus actividades. A continuación se mencionan los pasos que el personal utiliza en Agroindustria para realizar las pruebas hidrostáticas.

- Reconocer e inspeccionar el área de trabajo para realizar la prueba hidrostática en tuberías de acero al carbón.
- Elaborar el permiso de trabajo donde especifique los riesgo de la actividad que se realizara, este permiso tiene que estar firmado por los supervisores encargados del área, así como el de seguridad. Posteriormente debe firmar el sobrestante encargado del personal y por último el personal que realizara la actividad, todo el personal que ha firmado el documento debe de saber lo que está escrito en el permiso de trabajo para evitar accidentes cuando se esté realizando la actividad.
- Seleccionar al personal el cual estará en la actividad, siempre por lo regular a los que seleccionan para esta actividad es al personal con más experiencia para evitar accidentes, pero en ocasiones cuando el personal que es seleccionado para estas actividades falta al trabajo tiene que utilizar al personal que se encuentre en ese momento y así poder realizar las actividades de las pruebas hidrostáticas.
- Al estar seleccionado el personal encargado de la actividad se les indica lo que se hará. Posteriormente, se procede a recopilar las herramientas manuales, equipos, mangueras, arreglos de tuberías, válvulas, todo lo necesario para realizar la prueba hidrostática.
- Una vez asignada la actividad se proceden por los supervisores encargados de la actividad a determinar las presiones a la que se someterá la tubería y el tiempo que estará presionado para ver su comportamiento y fallas de la pieza.

- Iniciar el preparativo, se instalan los arreglos de tubería, se conectan manómetros, las válvulas, las bridas, mangueras, bombas y todos los accesorios, previos a la actividad.
- Ya instalado todos los accesorios, se enciende la bomba la cual suministrara el agua a la tubería.
- Se llena y se presiona hasta alcanzar la presión deseada, cuando el manómetro indique la presión alcanzada, se apaga la bomba y se cierran todas las válvulas para evitar fugas en la tubería.
- Se inspecciona el manómetro si la presión se mantiene, se deja el tiempo que el supervisor índico, el tiempo puede variar dependiendo el tipo de tubería.
- Si el manómetro disminuye de la presión deseada, se realiza una inspección visual a la tubería de donde se está fugando, ya sea en las conexiones de las válvulas, niples o fisura que pueda tener la tubería.
- Si la tubería presenta fuga se para la actividad y se marcan las partes afectadas de la tubería, posteriormente se manda a reparar.
- Terminada la actividad, se procede la entrega del trabajo al departamento de calidad.

2.3. ACCIDENTES DE TRABAJO.

Cada día se producen más de 2,000 accidentes de trabajo y mueren al menos cuatro trabajadores por esta causa. La precarización del mercado de trabajo incrementa el riesgo de accidentes, por cada accidente de un trabajador/a fijo se accidentan hasta cuatro trabajadores temporales. La falta de formación y la asignación de nuevas tareas sin un periodo previo de aprendizaje favorecen los accidentes de trabajo. El riesgo de accidente se prolonga, además, durante los trayectos de domicilio al trabajo, cada vez más frecuentes y largos.

Los accidentes en el trabajo han sido objeto de teorías explicativas que resaltan el fallo humano, la distracción del trabajador. El meollo de la cuestión es que el accidente se produce porque existe el riesgo, que un control adecuado del riesgo evitaría el accidente a pesar de factores individuales y que el comportamiento del trabajador/a está condicionado por el conjunto de condiciones de trabajo y que el más perjudicado por el accidente no es otro que el propio trabajador/a.

La falta de conocimiento para realizar las pruebas hidrostáticas, se han provocado accidentes laborales al personal durante el mes de Enero a Julio del 2015 en el complejo Agroindustria, durante ese lapso de tiempo han ocurrido, accidentes e incidentes por la falta de conocimiento del personal de nuevo ingreso que aún no cuentan con experiencia laboral, la mayoría de ellos son ayudantes entre algunos oficiales.



Imagen 15. Taller de pruebas hidrostáticas.

Las costumbres de las personas de no mantener su área limpia son la principal causa, por lo cual se suscitan los accidentes en los centros de trabajo, en la imagen anterior se observa las condiciones de trabajo del taller de pruebas hidrostáticas.

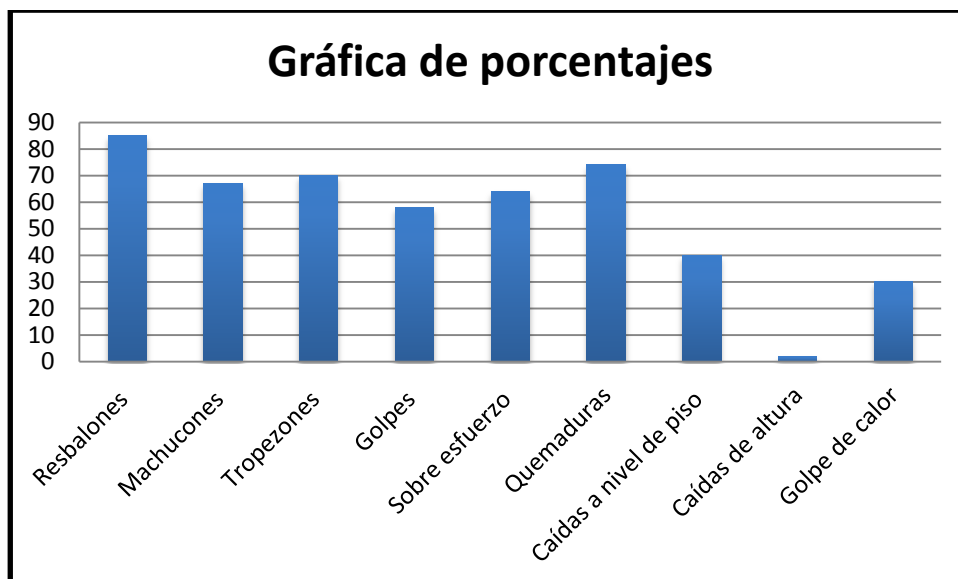
Los accidentes de trabajo se deben principalmente a los descuidos y a la forma de cómo se utiliza la herramienta y equipo, todo el personal que labora con herramienta y equipo está expuesto a cualquier accidente o incidente de trabajo, para evitar o disminuir los accidentes laborales, se debe de concientizar al personal de cómo debe utilizar las herramientas y equipos. Otro aspecto que también debe de tener en mente es el equipo de protección personal.

El equipo de protección personal está diseñado para proteger a los trabajadores de los agresores externos, teniendo presente que los mismos no eliminan los riesgos, sólo sirven para minimizar sus consecuencias, debido a que los trabajadores se confían en sus actividades u otros olvidan utilizar el equipo de protección adecuado para la actividad, para ello se muestra una tabla de los accidentes ocurrido en la planta de Agroindustria, Complejo Pajaritos durante el periodo de Enero- Julio de 2015.

Accidentes e incidentes ocurridos durante los meses de Enero-Julio de 2015 en la planta de Agroindustria.	
Incidentes y accidentes	Número de accidente e incidente
Resbalones	85
Machucos	67
Tropezones	70
Golpes	58
Sobre esfuerzo	64
Quemaduras	74
Caídas a nivel de piso	40
Caídas de altura	2
Golpe de calor	30
Total de accidente e incidente	490

Tabla 5. Accidente e incidente ocurrido en la planta Agroindustria.

En la tabla 5 se muestran los resbalones como el más alto de los accidentes y esto se debe a no mantener las herramientas ordenadas o el área limpia. Durante el periodo Enero a Julio de 2015, los accidentes más frecuentes son los resbalones y quemaduras por aplicación de soldaduras. Posteriormente se presenta una gráfica donde se puede observar con más facilidad los porcentajes de los accidentes ocurridos en la planta de Agroindustria.



Gráfica 1. Porcentaje de accidente e incidente de la planta Agroindustria.

Para apreciar con más facilidad los accidentes ocurridos, se tuvo que realizar la gráfica anterior, lo cual se observa el porcentaje más alto que es el de los resbalones y la barra más pequeña es la de caída de altura.

Los accidentes antes mencionados se deben a descuidos y a fiarse por parte del trabajador a la hora de efectuar las actividades; si sabemos que tenemos un total de 490 daños, el cual nos indica un alto índice de riesgo en un determinado tiempo. Esto nos muestra que son demasiados perjuicios en la planta y al tener estos tipos de eventos también obtenemos pérdidas económicas como: retrasos en las actividades diarias.

De los accidentes que se mencionaron en la tabla 5, una parte de los accidentes e incidentes fueron durante las actividades de las pruebas hidrostáticas. Por lo tanto, de la tabla anterior, sacaremos los accidentes que ocurrieron en el departamento.

A continuación se describe la siguiente tabla:

Accidentes e incidentes ocurridos durante los meses de Enero- Julio de 2015 en la planta de Agroindustria.	
Accidentes e incidentes	Número de accidentes e incidentes
Resbalones	9
Machucones	11
Tropezones	15
Sobre esfuerzo	13
Caídas a nivel de piso	15
Golpe de calor	12
Total de accidente e incidente	75

Tabla 6. Accidentes e incidentes en el área de pruebas hidrostáticas.

En todas las actividades diarias del hogar y del trabajo, los riesgos están latentes, por lo cual es importante estar atentos y tomar las medidas necesarias para prevenirlos. En la tabla 6 refleja los accidentes ocurridos en un periodo de tiempo sumando un total de 75 accidentes del mes de Enero a Julio.

CAPÍTULO III
DESARROLLO DEL MANUAL
DE PRUEBAS
HIDROSTÁTICAS

3.1. ELABORACIÓN DEL MANUAL PARA REALIZAR PRUEBAS HIDROSTÁTICAS.

En general, las plantas trabajan con distintos productos y otros materiales peligrosos. Cuando no se realizan pruebas hidrostáticas en las tuberías que manejan productos peligrosos en una planta, estos materiales se filtrarán y pueden crear graves daños, tanto al personal que labora dentro de la planta como al medio ambiente y trae como consecuencia gastos económicos inesperados. En algunos casos, la producción no puede continuar y la planta debe parar por razones de seguridad la cual esta se conoce como paro de planta.

OBJETIVO:

- Elaborar un manual donde se plasmen las metodologías generales para llevar a cabo pruebas hidrostáticas en tuberías menores de 8 pulgadas de diámetros en acero al carbón.
- Prevenir accidentes e incidentes durante los trabajos de pruebas hidrostáticas, es esencial confirmar que cada elemento implicado de la planta cumple con la prueba hidrostática requerida antes de la introducción de hidrocarburos u otros materiales peligrosos.

ALCANCE:

- Definir la metodología para realizar pruebas hidrostáticas antes de pre-arranque a ser aplicados en las actividades de limpieza con presión hidráulica relacionados con el pre-arranque.

Estas metodologías serán aplicadas a tuberías de acero al carbón menores de 8 pulgadas de diámetro.

Quedan fuera del alcance de este procedimiento y no se realizarán prueba hidrostática a los siguientes elementos:

- Tuberías o equipos abiertos a la atmósfera.
 - Tuberías de venteos.
 - Descargas de válvulas de seguridad a la atmósfera.
 - Tuberías de drenajes a fosas abiertas.

- Cuerpos de máquinas rotativas.
 - Bombas.
 - Compresores.
 - Sopladores.

Durante la puesta en marcha de estas tuberías se observará con detalle si las tuberías que se probaron no presenten fugas en las uniones de las soldaduras, válvulas, bridas o espárragos para evitar accidentes en la planta de Agroindustria del Complejo Pajaritos Coatzacoalcos, Ver.

RESPONSABILIDADES:

Es responsabilidad del Superintendente de Construcción la implementación del presente manual a todos los mandos medios que tienen personal a cargo para realizar las pruebas hidrostáticas.

La responsabilidad del Jefe de Puesta en Marcha, que el personal a su cargo realice las actividades de acuerdo con el presente manual, los supervisores, cabos o sobrestantes, tienen la obligación de supervisar al personal a cargo si realmente se está llevando a cabo las actividades señaladas en el presente manual.

Es responsabilidad del Gerente de Calidad en sitio o su designado, verificar que las actividades se lleven a cabo de acuerdo con los estándares de calidad requeridos.

PROCESO:

Antes de las operaciones de pruebas hidrostáticas es importante realizar limpieza general a los equipos por los materiales que se pudieron haber quedado dentro de las tuberías durante el periodo de construcción, o los materiales que se pudieron haber formado dentro de las mismas, deben ser retirados, para ello se realiza una inspección visual del personal encargado por si quedo alguna llave, espárragos, bolsa de basura, botellas u otros objetos que puedan obstruir el paso de los líquidos.

Se inspecciona el interior de las tuberías esto se realiza una vez terminada la construcción, si se encuentra dentro de la tubería objetos, el personal encargado tendrá que retirar para poder realizar la prueba, si el personal no tiene acceso para retirar, para ello se realiza un barrido en las tuberías antes de iniciar las pruebas hidrostáticas el cual se mencionará más adelante.

Para realizar estas pruebas hidrostáticas a las tuberías de la planta Agroindustria del Complejo Pajaritos, empezaremos por reclutar y seleccionar al personal para estas actividades, se sabe que las personas de nuevo ingreso no cuentan con los conocimientos necesarios o no saben del riesgo a lo que estarán expuestos en la planta, para ellos tendremos platicas de inducción a la planta, donde se les informara a los trabajadores de los riesgos el cual estarán expuestos durante su estancia en la planta, estas pláticas serán impartidas por el personal de seguridad del complejo.

Una vez que el personal tomo la plática de inducción se la aplicará un examen para saber sus conocimientos y sus capacidades sobre pruebas hidrostáticas, este

examen cuenta con preguntas básicas de seguridad y herramientas que se ocupan en las pruebas. Esto nos indicará si el personal reclutado tiene conocimiento sobre pruebas.

Pasos para realizar una prueba hidrostática a tuberías:

1. La prueba hidrostática debe ser solicitada por el departamento de calidad a través del formato Orden de Prueba Hidrostática y Desinfección de Tuberías de Acueducto, donde se debe consignar la información del tramo de tubería a probar como diámetro, material, clase, longitud, cantidad de extremos finales, dirección y describir los accesorios instalados como válvulas, hidrantes, manómetros, bombas, compresores, entre otros, describiendo el correspondiente número de serie y adjuntando los respectivos protocolos de fabricación.

En las distintas plantas cuentan con diferentes formatos, la finalidad de cada formato es describir las características de cada tubería o tener una información completa de dicho material, la planta Agroindustria cuenta con un formato que a continuación se describe.

PROYECTO:							
Área de trabajo:							
Orden de Trabajo para Pruebas a Tuberías							
Descripción Líneas:							
Contratista o empresa:				Disciplina:			
				Sistema:			
Responsable de trabajo:							
Fecha de la prueba:				Duración estimada:			
Plano(s) de referencia:							
Presión de Trabajo:		Soportes Completos:		Manómetros			
Presión de Prueba:		Zanjas Tapadas		Serie: Rango:			
Medio de Prueba:		Inicio de Prueba:		0 - 300 Psi			
DATOS DE LA PRUEBA							
Línea(s)	Diámetro	Presión	1H	2H	3H	4H	5H
Observaciones:							
Supervisor de área:				Nombre:		Firma:	
Supervisor de construcción:				Nombre:		Firma:	
Supervisor de calidad:				Nombre:		Firma:	

Formato 1. Orden de trabajo para realizar las pruebas hidrostáticas a tuberías.

(Anexo 1).

El departamento de calidad de la planta, hace llegar esta orden de trabajo que se describe en el formato 1 al personal o al departamento de construcción, el cual especifica la tubería a la que se le realizara la prueba hidrostática.

2. Una vez que el personal de construcción recibió la orden de trabajo se le es mandado al jefe o residente de las pruebas hidrostáticas al mando, de igual forma se le comunica al personal encargado de las actividades.
3. Selección de los equipos que se ocupan para realizar las pruebas, para la realización de la actividad, se debe contar con los siguientes equipos, instrumentos y materiales.
 - Bomba.

Los principales equipos en las pruebas hidrostáticas son las bombas para presionar las tuberías, estas bombas deben de contar con la capacidad suficiente para el llenado total y presurización de las tuberías. Esta bomba cuenta con un pistón de acero inoxidable y un cilindro de latón que aseguran una larga vida útil, cuenta con sellos de repuesto disponibles para mantener la eficiencia de la bomba.



Imagen 16. Bomba para realizar pruebas hidrostáticas.

Las bombas se distinguen por su capacidad y tamaño, estos equipos nos ayudan a desplazar el agua que necesites mediante la tecnología, la bomba que se

observa en la imagen 16, son las más comunes para realizar las pruebas hidrostáticas, cuenta con un motor de 4 tiempos, así como un buen funcionamiento en cualquier posición proporcionando un poderoso, práctico, eficiente y limpio desempeño.

Las medidas y la capacidad de la bomba se describen en la tabla siguiente.

Características	Valor
Tipo	Centrífuga
Capacidad máxima	140 l/min
Presión máxima	51.6 PSI
Carga máxima	36 m
Altura de succión	8 m
Motor	Honda GX25
Diámetro de succión y descarga	1X1"

Tabla 7. Especificaciones de la bomba.

- Manómetros.

El manómetro es otro material fundamental en las pruebas, el cual se ocupa para medir la presión en las tuberías. El principio de medida en el que se basa este instrumento es el sensor conocido como tubo bourdon.

La exactitud de este tipo de manómetros depende de gran parte del tubo, por esa razón solo deben emplearse tubos fabricados con las normas más estrictas y envejecidas cuidadosamente por los fabricantes. Los más comunes que se ocupan son los de carátulas, los cuales estos manómetros son en PSI y Kg/Cm² para facilitar la lectura del personal.



Imagen 17. Manómetro de carátula.

A continuación se describe una tabla de las herramientas y maquinarias. Las herramientas más comunes para una prueba hidrostáticas son las que se mencionan en la tabla 8.

Cantidad	Descripción del equipo o herramienta
1	Bomba hidráulica
2	Manguera de alta presión de 10 metros
1	Manómetro
2	Bridas con toma de inyector para el fluido
4	Válvulas
6	Herramientas manuales
1	Compresor
2	Empaque garlock

Tabla 8. Maquinaria y herramienta.

Dentro de los accesorios para la instalación de una tubería que se va a probar, nos encontramos con las conexiones que más se ocupan para estas actividades

como son niples, válvulas, bridas, empaques, para que los trabajos sean mucho más rápido.

Se pueden ocupar conexiones de entrada fácil, como se ilustra en la siguiente imagen.

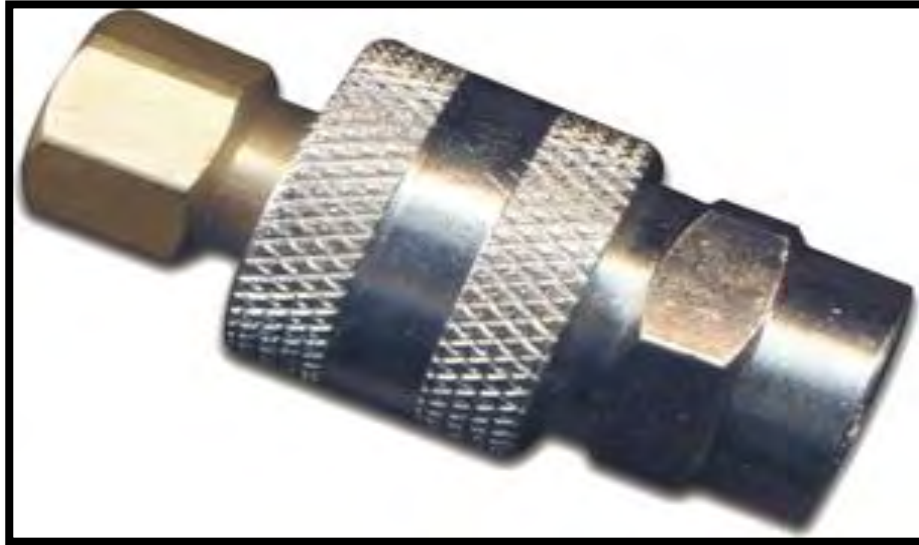


Imagen 18. Conexiones de porción rápida.

Las conexiones de entradas rápidas nos facilitan el trabajo para conectar las mangueras. En la imagen anterior se observa una conexión conocido como macho y hembra las cuales son muy fáciles de ocupar.

4. Seleccionar el personal que se encargara para realizar la prueba a las tuberías, por lo general siempre se toma al personal con más experiencia para estas actividades para evitar que ocurran accidentes. De igual forma se les informa a cada uno de los trabajadores de la actividad a cumplir tanto los operarios, ayudantes y al personal involucrado en la actividad, una vez enterados los trabajadores se dirigen al lugar de trabajo donde se llevara a cabo la actividad.

5. Reconocer el área es un paso fundamental que el personal tiene que tomar en cuenta, donde se va a realizar la prueba hidrostática, es importante identificar para verificar las condiciones del área, si en el área donde se va a trabajar se observa con objetos, obstáculos, aceites tirados en el piso, donde el personal que efectuará la prueba pueda tener o sufrir un accidente durante la actividad, se procede a retirar la basura, para mantener limpio el área de trabajo y así evitar accidentes durante la acción.

6. Una vez reconociendo el área se inicia el permiso de trabajo, este se llama (AST) Análisis de Seguridad en los Trabajos, tiene que ser llenado por el cabo o sobrestante, en caso que no se tuviera ninguna de estas dos personas en el área, lo elaborará el supervisor encargado de la actividad junto con el de seguridad de esa área donde se realizará la prueba.

7. Llenado el permiso de trabajo se inicia a recolectar las firmas, este permiso tiene que estar firmado por el coordinador de seguridad, el supervisor de obra, el sobrestante o cabo, el personal encargado de realizar la actividad y los ayudantes. En este permiso se describe la actividad a efectuar, posteriormente todos los riesgos que con lleva esta acción.

ANÁLISIS DE SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS				
Proyecto:				
AST (Identificación de peligros e implementación de controles operacionales)				
Actividad:				
Tipo de permiso de trabajo:			Fecha:	
Especialidad:			Especialidades que intervienen:	
PASOS	SECUENCIA DE	PELIGROS	MEDIDAS PREVENTIVAS	RESPONSABLE
	ACTIVIDADES	POTENCIALES	CONTROL OPERACIONAL	DEL TRABAJO

Formato 2. Se describen los riesgos en el centro de trabajo. (Anexo 2).

En el encabezado del formato se describe la ubicación en donde se realizará la actividad, esta ubicación tiene que ser bien especificada en que área de la planta se efectuará la tarea, de igual forma se tendrá que describir el tipo de actividad a cumplir, posteriormente se describirá el tipo de permiso al cual se ocupa, ya sea en altura o a nivel de piso. Una vez sabiendo el tipo de permiso y la actividad, se inicia el llenado del formato y este cuenta con cinco columnas.

- El primer apartado que habla de los pasos a realizar se enumeran a partir del 1 en adelante, estos números pueden variar dependiendo de la actividad.
- En el segundo apartado se describe los tipos de actividades que se realizaran durante la acción.

- En el tercer apartado se describirán los peligros que con lleva al ejecutar la actividad, los peligros que se encuentran en el área o en el ambiente tienen que ser descritos en este apartado muy específico para que el personal encargado de la actividad tenga conocimiento y esté enterado de los peligros al que está expuesto durante la actividad.
- En el cuarto apartado se describen las medidas de prevención de los peligros antes mencionados, dependiendo de los riesgos conoceremos las medidas de prevención. Dentro de dichas medidas de protección tendremos el equipo necesario para el personal o equipos adicionales.
- En el último apartado tiene que estar firmado por el responsable de la actividad ya sea por el cabo, sobrestante o supervisor.

NOTA: Este formato tiene que ser llenado en el área de trabajo donde se realizará la actividad por el supervisor de seguridad y por el jefe de cuadrilla.

El siguiente formato tiene que tener fecha vigente, estar firmado por el supervisor de la obra o del área y por el de seguridad hasta que termine la actividad.

Revalidación del AST			
	FIRMAS DEL PERSONAL DE CPIM		FIRMAS DEL CLIENTE
Fecha	Supervisión de Disciplina	Supervisión de Seguridad y Salud	Supervisión de Seguridad y Salud

Formato 3. Firmas del personal encargado del área. (Anexo 2).

Por último, el siguiente formato contiene cuatro apartados y es donde el personal debe anotarse antes de iniciar la actividad, en el primer apartado se deberá anotar la matrícula de la credencia, posteriormente el nombre completo del trabajador, luego la categoría y para finalizar poner su firma.

LISTA DEL PERSONAL INVOLUCRADO			
NÚMERO	TRABAJADORES	CATEGORÍA	FIRMA

Formato 4. Nombre y firma del trabajador. (Anexo 2).

8. Elaborado el permiso de trabajo, el cual se ocupara para la actividad, y firmado por todo el personal involucrado, se procede a la preparación para la prueba hidrostática de la tubería.
9. Realizar una reunión previa antes de dar inicio a las actividades, donde cada personal se entere de sus labores a desempeñar y se dé a conocer todos los riesgos que tienen al efectuar dicha prueba hidrostática. De igual forma se revisara si portan el equipo de protección personal adecuado. Este se ocupa para realizar las pruebas hidrostáticas, como se muestra en la siguiente imagen.



Imagen 19. Equipo de protección personal y adicional.

Durante la ejecución de la actividad, los equipos de protección personal son elementos de uso individual destinados a dar protección al trabajador frente a eventuales riesgos que puedan afectar su integridad durante el desarrollo de sus labores.

10. Acordonar el área de trabajo con cinta todo el perímetro que se ocupará para la actividad de prueba de la tubería; de igual forma se colocará señalización del área para que el personal que esté trabajando cerca de la actividad o personal que no esté enterado sepa de los riesgos que exista en el área y tome sus precauciones necesarias. Dentro de la señalización tendremos que tener una ruta de acceso y es por donde el personal de la actividad tendrá paso y salida, ésta tendrá que ser señalada con cinta o con cadena de plástico que nos indique la salida más rápida en caso de un accidente.

11. Recopilar, seleccionar las herramientas y equipo que se ocupará para iniciar la prueba hidrostática. Las herramientas se deben inspeccionar correctamente si no presentan ningún defecto antes de dar inicio a la actividad. Los equipos deben de funcionar correctamente y hay que

probarlos antes de usarlos, para así poder evitar retrasos o accidentes durante la actividad.

12. Se prepara el tubo el cual será probado colocando una brida en uno de sus extremos con su respectivo empaque de garlock para realizar la prueba hidrostática.

El empaque debe de colocarse de manera que esté centrado en la tubería para evitar fugas de fluidos y accidentes. Posteriormente, se colocará la brida con toma de inyección en el mismo lado donde se colocó la brida y se sujetarán con espárragos, estos se colocan y se aprietan de forma cruzada para sujetar la brida de forma correcta hasta dejarlo bien fijo. En la imagen se muestra como se está colocando una brida para realizar una prueba hidrostática a una tubería de acero al carbón.



Imagen 20. Colocación de brida con entrada o salida de fluido.

Una vez colocada la brida y apretado se procede a instalar el arreglo de tubería para el manómetro que tendrá de distancia de la brida unos 10 centímetros para facilitar la lectura del personal encargado de la tarea.

NOTA: El manómetro que se utilizará debe de estar debidamente calibrado antes de ser colocado.

13. Se coloca en el otro extremo de la tubería una válvula de bola para obtener muy buena capacidad de cierre ya que son prácticas para abrir y cerrar. Es tan sencillo como girar la manivela 90°. Se pueden hacer rápidamente, lo que significa que la apertura de la válvula es del mismo tamaño que el interior de las tuberías y esto resulta en una muy pequeña caída de presión. Otra característica principal, es la disminución del riesgo de fuga de la glándula sello, que resulta debido a que el eje de la válvula solo se tiene que girar 90°. Esta válvula se fija a la tubería con espárragos y de igual forma debe de estar alineado perfectamente a la tubería para evitar fugas durante la actividad, esta se ocupara para la limpieza interior de la tubería.
14. Colocación de la manguera de alta presión de la brida de inyección al compresor, el cual el compresor estará en una distancia de por lo menos unos 5 metros de distancia de la actividad para facilitar su operación.



Imagen 21. Compresor para realizar el barrido de la tubería.

El compresor cuenta con una capacidad de 100 (psi) libras / pies, suficiente para realizar la presión a una tubería, este compresor que se muestra en la imagen cuenta con conexión rápida en la salida a la manguera de alta presión, cuenta con un tablero digital el cual el personal puede regular la presión deseada de salida.

Una vez instalada la manguera de alta presión se inicia con el barrido de la tubería, se enciende el compresor de la parte interior levantando la cubierta, posteriormente se abre la válvula de salida de flujo que se encuentra antes de la conexión a la manguera y se regula el flujo deseado para realizar el barrido de la tubería.

NOTA: Para encender el compresor se requiere de dos llavazos:

- 1) Se realiza el primer llavazo y en este se esperan 5 segundos.
- 2) Después de haber esperado los 5 segundos del primer llavazo, se realizará el encendido total del compresor.

15. Se presiona la tubería a la presión deseada y una vez presionada se abre la válvula de jalón que se encuentra en el otro extremo de la tubería, esto nos permite sacar del interior de la tubería todo tipo de objeto que pueda contener como son trapos, madera, botellas e incluso animales, todos estos objetos son retirados con el fin de dejar la tubería lista para la prueba.



Imagen 22. Salida de aire a presión de la tubería.

Cuando se abre la válvula de jalón se observa cómo se libera el aire del interior de la tubería sacando todo tipo de objeto como se ilustra en la imagen, esta operación se puede realizar las veces que sea necesario.

Realizado el barrido de la tubería con aire a presión y con ayuda del compresor se desconecta la válvula de globo y el compresor para liberar la tubería.

16. Una vez terminada la limpieza de la tubería, se retira la válvula de globo y se coloca el segundo sello de garlock que fue donde se quitó la válvula. De igual forma, se coloca la segunda brida para luego ser fijada con espárragos.

17. Conexión de la bomba con una manguera de alta presión al extremo de la brida con entrada de inyección de fluido. Del otro extremo de la bomba se coloca la segunda manguera para la toma de agua, esta agua por lo regular debe de ser agua desmineralizada o agua tratada para evitar corrosión en el interior de la tubería.

NOTA: Antes de empezar la prueba deben estar colocados en su posición definitiva todos los accesorios de la conducción.

18. Se empezará por llenar lentamente de agua el tramo de tubería de prueba, dejando abierto todos los elementos que puedan dar salida al aire, los cuales se irán cerrando después y sucesivamente de abajo hacia arriba una vez se haya comprobado que no existe aire en la conducción. A ser posible se dará entrada al agua por la parte baja, con lo cual se facilita la expulsión del aire por la parte alta. Si esto no fuera posible, el llenado se hará aún más lentamente para evitar que quede aire en el interior de la tubería. En el punto más alto se colocará un grifo de purga para expulsión del aire.

Una vez obtenida la presión, se parará durante treinta minutos o el tiempo que indique el supervisor del área, se considerará satisfactoria cuando durante este tiempo el manómetro no presente descenso de presión, si de lo contrario el manómetro comienza a descender y la presión disminuye esto nos indica que hay fuga en una de las partes de la tubería.



Imagen 23. Arreglo de tubería y manómetro.

Al disminuir la presión el personal encargado tendrá la tarea de encontrar la fuga en la tubería, asimismo revisará todas las conexiones, bridas, espárragos como se muestra en la imagen anterior hasta encontrar la fuga de la tubería. Una vez terminado la inspección de la tubería se procede a rellenar el formado número 1 para finalizar y entregar la tubería en tiempo y forma.

A continuación se describe de una forma más simplificada la manera de realizar una prueba hidrostática en un diagrama de flujo.

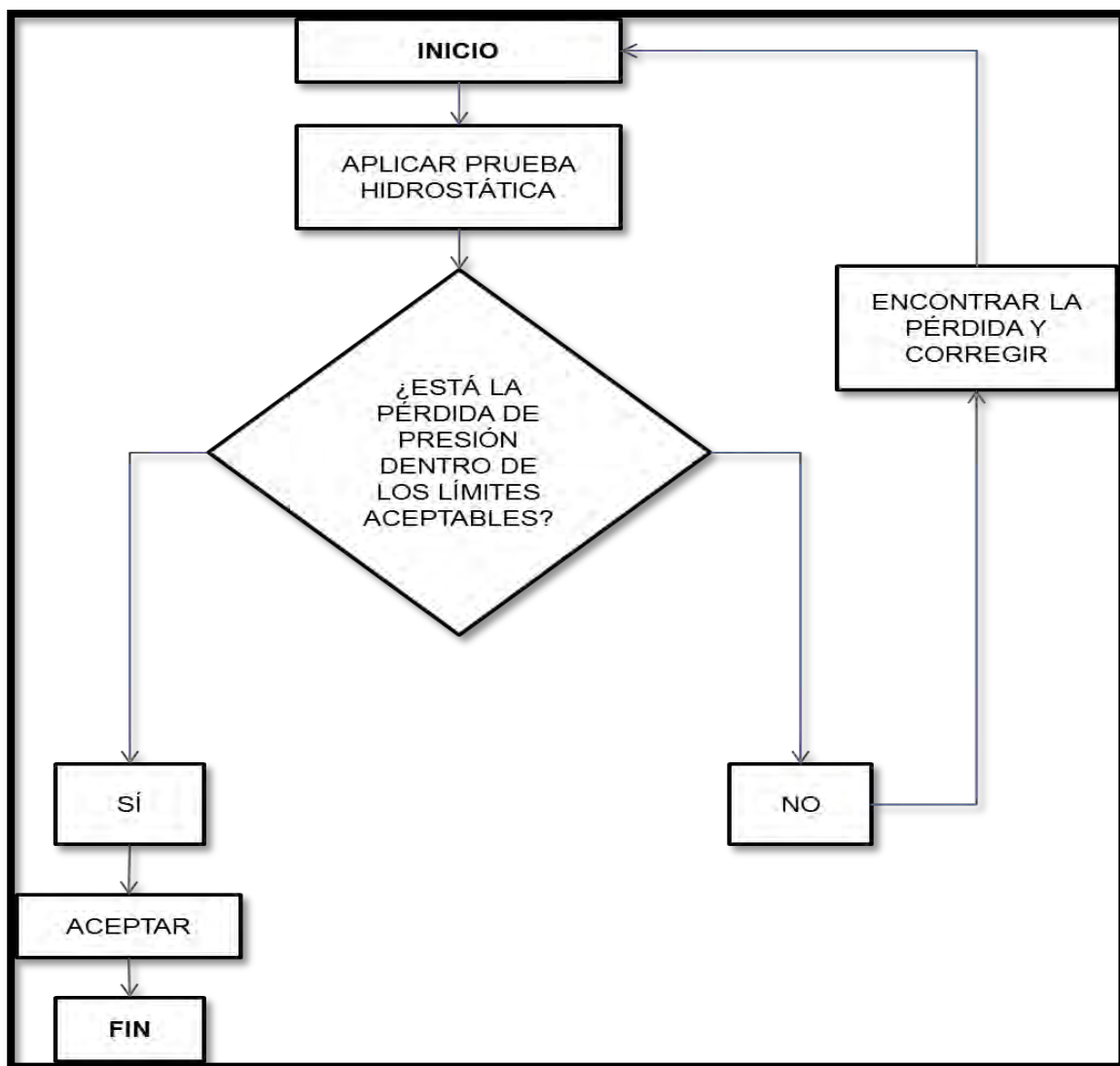


Diagrama 1. Diagrama de flujo de pruebas hidrostáticas.

Para poder realizar la prueba hidrostática es necesario pasar por una orden, en donde ésta al ser rechazada se regresará a encontrar o corregir el error; en caso de que sea aceptable se dará por finalizada para luego dar seguimiento del proceso de la prueba.

3.2. PROGRAMA Y CAPACITACIÓN.

3.2.1. Programación del personal.

Para llevar a cabo nuestras metas planeadas se tiene que programar antes de iniciar cualquier trabajo o proyecto que se requiera realizar, en este caso para capacitar a nuestro personal tenemos que programar a los trabajadores ya que no todos pueden asistir al mismo tiempo a las capacitaciones debido a que si habilitamos a todo el personal al mismo tiempo los trabajos se retrasaran, es por esto que debemos de tener una buena programación de personal para evitar retrasos en los trabajos.

Para tener la programación adecuada tenemos que considerar a todo el personal involucrado sobre las pruebas hidrostáticas tanto como el personal de recursos humanos, el jefe de las pruebas hidrostáticas, los sobrestantes o cabos de las cuadrillas, esto con la finalidad de impedir problemas con el personal que asistirá a los cursos de pruebas hidrostáticas.

Se solicita una lista de asistencia de los trabajadores al personal directivo de las pruebas hidrostáticas para saber con exactitud quienes asistirán al curso de capacitación para así poder llevar un control detallado de los trabajadores que ya hayan tomado el curso de pruebas hidrostáticas de tuberías menores de 8 pulgadas de diámetro.

LISTADO DE PERSONAL QUE ASISTIRÁ A LAS CAPACITACIONES		
Proyecto:		FECHA DE EMISIÓN:
Contratista:		

No.	PUESTO	NOMBRE DEL TRABAJADOR	FIRMA

Formato 5. Lista de personal para el curso de pruebas hidrostáticas.

En este formato se anotara el personal que asistirá al curso de pruebas hidrostáticas en donde deberá llevar firma, nombre y puesto del trabajador. Asimismo, deberá ir firmado en la parte inferior de la lista por el supervisor del área y por el personal encargado de impartir el curso de prueba hidrostática.

3.2.2. Capacitación del personal.

Las empresas son equipos de personas trabajando con un fin común, y el éxito o fracaso de la compañía depende en gran medida del talento del equipo. Es por esto, que para cada nueva contratación de personal que labora dentro de la planta, resulta indispensable asegurarnos que cuenten con las herramientas y con los conocimientos necesarios para desempeñar correctamente su labor.

La capacitación es una actividad sistemática, planificada y permanente cuyo propósito general es preparar, desarrollar e integrar al personal encargado de las pruebas hidrostáticas en tuberías, para la mejora de sus actividades diarias mediante la entrega de conocimientos, desarrollo de habilidades y actitudes necesarias para el mejor desempeño de todos los trabajadores en sus actuales y

futuros cargos. Así como también, adaptarlos a las exigencias cambiantes del entorno.

Una vez que se ha reclutado y seleccionado el personal es necesario orientarlo y capacitarlo, proporcionándole la información y los conocimientos necesarios para que tengan éxito en sus labores diarias de las pruebas hidrostáticas aun contando con la experiencia en el puesto.

La inducción es el proceso inicial por medio del cual se proporcionará al individuo la información básica que le permita integrarse rápidamente al lugar de trabajo. Para ello tendremos una persona encargada de impartir el curso sobre pruebas hidrostáticas. Esta persona contará con los conocimientos principales y con el manual de dicha prueba. De igual forma debe de estar enterado el personal de construcción y el jefe de pruebas para que el personal no tenga ningún inconveniente en asistir al curso de pruebas hidrostáticas.

Este curso de pruebas hidrostáticas a tubería tendrá una duración de 16 horas, el cual se impartirá dos veces por semana los días martes y jueves con un horario de 9 a 11 de la mañana dentro de las instalaciones de la planta Agroindustria y el cupo solo será para 15 trabajadores e irán asistiendo de acuerdo como este programado para el taller.

Semanas	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
Horas	4	4	4	4
Personas	15	15	15	15
Días	Martes – jueves	Martes – jueves	Martes – jueves	Martes – jueves
Horarios	9 am a 11 am	9 am a 11 am	9 am a 11 am	9 am a 11 am

Tabla 9. Programa de capacitación.

Durante el curso que impartirá el personal especialista de prueba hidrostática se hablarán de los puntos más importantes desde que el personal entra a la planta mayormente conocido como inducción, en este tema de inducción se hablará brevemente de los valores de la organización, misión, visión y objetivos, políticas, horarios laborales, días de descanso, días de pago, prestaciones, historia de la empresa, servicios al personal, etcétera. Además de estos temas, no está de más ejercer una sensibilización hacia la calidad, el servicio al cliente y el trabajo en equipo, entre otros puntos.

Una vez terminado el proceso de inducción, el empleado de nuevo ingreso y los que se encuentren en la planta requieren de conocimientos y habilidades específicos sobre el puesto que van a desempeñar, en este caso de pruebas hidrostáticas en tuberías. Para preparar esta información es necesario saber cuáles van a ser sus responsabilidades, quien va a ser su jefe directo y el organigrama de la compañía. Con este proceso, se le dará a conocer de una manera muy clara que es exactamente lo que se espera de ellos.

Temas que se hablarán durante el curso de pruebas hidrostáticas a tuberías menores de 8 pulgadas de diámetro:

- ✓ Inducción del personal a la planta de Agroindustria.

En este tema se hablará de cómo debe portar el uniforme el trabajador dentro de la planta. Deberá ser con ropa de algodón u overol de trabajo con el logo de la empresa o con la credencial que lo identifique al entrar, también usará casco de seguridad con barbiquejo, lente de seguridad, tapones auditivos, guantes de seguridad, calzado antiderrapante y mascarilla contra gases. Todo esto, es necesario ya que en la planta vecina que es Innophos Fosfatados de México produce ácido y en ocasiones hay fugas o derrames de ácidos y es por esto que se le obliga al personal usar la mascarilla contra gases, ya que suele pasar que en la planta de Agroindustria quedan residuos en la tubería, por tal motivo es

necesario prevenir cualquier accidente o incidente durante su estancia del personal en la planta.

✓ Antecedentes históricos de la planta.

En este tema se les dará una breve reseña histórica de la planta de Agroindustria, como también darles a conocer quiénes fueron los fundadores, su origen y a lo que realmente produce y se dedica.

✓ Descripción e importancia de las pruebas hidrostáticas.

En este tema se hablará sobre la historia de las pruebas hidrostáticas en general, tanto para tuberías como para equipos y tanques de almacenamiento, también se hablará del valor que tienen las pruebas hidrostáticas a las tuberías y de el por qué es importante realizarlas antes de que inicie la planta a trabajar.

✓ Ejecución de la prueba hidrostática.

Aquí se les explicará cómo se debe de realizar la prueba hidrostática de una manera más rápida y segura, para poder evitar accidentes durante su ejecución y también evitar retrasos de entrega en los trabajos.

✓ Aplicación de examen sobre pruebas hidrostáticas.

Una vez finalizado el curso de pruebas hidrostáticas se les aplicará un examen el cual nos indicara si realmente el personal está totalmente capacitado para realizar dicha prueba. Las preguntas serán a contestación abierta, por ejemplo:

1. ¿Qué entiende por prueba hidrostática?

2. ¿Qué es un manómetro?

3. ¿Durante cuánto tiempo debe mantenerse la presión al 100% sin que se presenten variaciones sensibles antes de abatirla al 50%?

4. ¿Qué características debe tener el agua utilizada para realizar la prueba hidrostática?

5. ¿Qué debe hacerse en caso de presentarse pérdidas de presión por fuga en la tubería, accesorios o conexiones durante la prueba hidrostática?

6. ¿Qué precauciones de seguridad se deben tomar durante el tiempo de duración de la prueba hidrostática?

3.3. EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD.

Una vez terminado el curso de pruebas hidrostáticas a tuberías el personal quedará capacitado para realizar sus labores debidamente y con esto podremos evaluar a los trabajadores con el fin de saber si realmente están cumpliendo correctamente con lo que se les enseñó en el curso. También es fundamental que la persona que lleve a cabo la evaluación, disponga de un nivel de conocimientos y experiencias suficientes que le permitan obtener conclusiones veraces y objetivas del proceso de evaluación realizado al trabajador.

Para llevar a cabo una buena evaluación, tendremos que tener una persona encargada que domine y conozca las pruebas hidrostáticas. Para ello, deberá contar con el perfil adecuado. Se exponen a continuación cuáles deben ser los conocimientos y aptitudes generales a disponer por un inspector. No obstante, en cada caso particular, se han de analizar las características del establecimiento a inspeccionar y el alcance de la inspección para determinar, si fuese necesario, la adquisición de formación específica relativa a la misma.

Los inspectores deben reunir las siguientes características:

- Capacidad para emitir juicios independientes y objetivos de conformidad con los requisitos aplicables, utilizando los resultados de la inspección.

- Responsabilidad, rigor e imparcialidad para la evaluación de la conformidad.
- Discreción, respeto y diplomacia durante la realización de la inspección, con disposición constructiva, manteniendo una actitud dialogante y adecuada con el personal del establecimiento.
- Capacidad de comunicación, sabiéndose adaptar a cada persona y situación concreta.

Estos puntos antes mencionados nos ayudaran a evaluar de una forma correcta al personal en sus actividades; el inspector del trabajo tomará todas las notas necesarias para poder evaluar al personal, estas evaluaciones nos arrojaran los resultados si realmente las pruebas hidrostáticas son más rápidas y eficaces. Esto nos ayudará a tener un control más claro sobres las pruebas hidrostáticas a las tuberías.

Una vez concluida la inspección, y antes de comenzar la preparación del informe de resultados de la misma, conviene que el equipo inspector mantenga una reunión final con los responsables de las instalaciones que han sido objeto de inspección, en este caso con el personal encargado de las pruebas hidrostáticas. El objeto principal de esta reunión es presentar a los responsables de las pruebas hidrostáticas los resultados de la inspección, de forma que se asegure su comprensión clara y les permita la definición de las acciones correctoras adecuadas.

3.4. GASTOS POR ACCIDENTES.

Para obtener realmente el costo necesario hay que tener en cuenta los gastos que se generan en la planta, ya sea por retraso de trabajos o accidentes durante las actividades diarias. Se sabe que si el trabajador se accidenta dentro de la planta tiene que ser atendido rápidamente y si el accidente llegase a ser grave se tiene que incapacitar al trabajador, por lo que otra persona ajena ocupará el puesto para cubrir la labor que éste desempeñaba.

En la planta Agroindustria laboran 750 personas y ésta cuenta con ayudantes, oficiales, maniobristas, operarios de maquinarias, sobrestantes, entre otros. De las 750 personas 50 trabajan en las pruebas hidrostáticas y este que consta de 12 oficiales, 18 ayudantes, 10 administrativo, 4 maniobristas, 3 sobrestantes, 2 supervisores de seguridad y 1 supervisor de obra. Todo este personal cuenta con diferentes salarios, como por ejemplo: si a un oficial de pruebas hidrostáticas le pagan a \$31.87 pesos la hora, multiplicaremos éste por las horas trabajadas durante el día (8 horas) o por la semana (5 días), para así obtener el salario de un trabajador oficial.

Calculo Nº. 1.

- ✓ Costo de 1 hora: \$31.87 pesos
- ✓ Horas trabajadas: 8
- ✓ Trabajador: 1

Multiplicar costo de una hora por las 8 horas trabajadas.

$R = \$31.87 * 8 = \254.96 (Doscientos cincuenta y cuatro pesos 96/100 M.N.)

Salario que gana un oficial al día.

Un trabajador oficial de pruebas hidrostáticas está ganando un salario de \$254.96 pesos al día, si multiplicamos esta cantidad diariamente, obtendremos el salario de una semana. A continuación se realizará la siguiente ecuación:

Calculo N°. 2.

- ✓ Salario por día: \$254.96 pesos
- ✓ Días trabajados: 5
- ✓ Trabajador: 1

Multiplicar el salario de un día por los 5 días trabajados.

$$R = \$254.96 * 5 = \$1,274.80 \text{ (Un mil doscientos setenta y cuatro pesos } 80/100 \text{ M.N.) Salario que gana un oficial a la semana.}$$

El trabajador oficial está ganando la cantidad de \$1,274.80 (Un mil doscientos setenta y cuatro pesos 80/100 M.N.) semanales.

Los ayudantes a comparación de los oficiales de pruebas hidrostáticas, les pagan a \$25.90 pesos la hora. Si multiplicamos el costo de una hora por las horas laboradas en el día (8 horas), obtendremos el salario de un ayudante.

Calculo N°. 3.

- ✓ Costo de 1 hora: \$25.90 pesos
- ✓ Horas trabajadas: 8
- ✓ Trabajador: 1

Multiplicar costo de una hora por las 8 horas trabajadas.

$$R = \$25.90 * 8 = \$207.20 \text{ (Doscientos siete pesos } 20/100 \text{ M.N.) Salario que gana un ayudante al día.}$$

La cantidad de \$207.20 pesos es lo que un ayudante gana durante el día, ahora bien si este lo multiplicamos por los 5 días trabajados, obtendremos el salario semanal de un ayudante.

Calculo N°. 4.

- ✓ Salario por día: \$207.20 pesos
- ✓ Días trabajados: 5
- ✓ Trabajador: 1

Multiplicar el salario de un día por los 5 días laborados.

$R = \$207.20 * 5 = \$1,036.00$ (Un mil treinta y seis pesos 00/100 M.N.) Salario que gana semanalmente un ayudante.

Salario de oficiales y ayudantes por semana.	
Salario de un oficial	\$1,274.80 pesos semanal.
Salario de un ayudante	\$1,036.00 pesos semanal.

Tabla 10. Salarios de personal.

Los salarios antes mencionados se utilizaran para obtener un control de pago para cada trabajador.

Una vez obtenido los resultados de cuánto gana a la semana un ayudante y un oficial, conoceremos el presupuesto que se gastará por los accidentes ocurridos en el área de trabajo.

Si durante el periodo de Enero a Julio del año 2015, hubieron 490 accidentes e incidentes en la planta, de los cuales 75 ocurrieron en el área de pruebas y 20 terminaron en incapacidad tal y como se describió anteriormente en la tabla 6 (pág. 44).

En la tabla que a continuación se muestra, detalla al personal incapacitado temporalmente por pruebas hidrostáticas:

Tabla de incapacidad temporal			
Accidentes de incapacidad	Total de incapacitados	N° de accidentes	Semanas de incapacidad
Resbalones	2 Ayudantes	2	1 semana
	1 Oficial	1	1 semana
Tropezones	5 Ayudantes	5	2 semanas
Sobre esfuerzo	1 Oficial	1	4 semanas
	4 Ayudantes	4	4 semanas
Caída del mismo nivel	3 Ayudantes	3	6 semanas
	4 Oficiales	4	4 semanas
Total	20	20	22 semanas

Tabla 11. Incapacidades temporales por accidentes.

Una vez detallado los accidentes de incapacidad que requieren de suspensión temporal, durante el periodo del mes de Enero a Julio de 2015, sabremos el total de semanas que se les dio a cada oficial y ayudante de acuerdo al tipo de accidente que hayan tenido en el área de trabajo.

A continuación se redacta en la siguiente tabla el resultado general de los oficiales y ayudantes incapacitados, como también el total general de las semanas que obtuvo cada uno.

Tabla de personal incapacitado		
Categorías	Personal	Semanas
Oficiales	6	9
Ayudantes	14	13
Total	20	22

Tabla 12. Personal incapacitado.

Los 6 oficiales generaron un total de 9 semanas de incapacidad y los 14 ayudantes generaron un total de 13 semanas de incapacidad. Teniendo como consecuencia entre ayudantes y oficiales un resultado global de 20 personas afectadas y de 22 semanas sin laborar.

Ahora bien, ya que conocemos cuánto gana cada oficial y ayudante por semana como se mostró en la tabla 10. Obtendremos de manera más rápida el gasto total del número de trabajadores incapacitados.

Calculo N°. 5.

- ✓ Oficiales incapacitados: 6
- ✓ Salario semanal de un oficial: \$1,274.80 pesos

Multiplicar el salario semanal de un oficial por el número de oficiales incapacitados.

$$R = \$1,274.80 * 6 = \$7,648.80 \text{ (Siete mil seiscientos cuarenta y ocho pesos 80/100 M.N.) Gasto total de 6 oficiales incapacitados de una semana.}$$

La cantidad de \$7,648.80 (Siete mil seiscientos cuarenta y ocho pesos 80/100 M.N.) es lo que la planta Agroindustria gasta en una semana para pagarle a los 6 oficiales incapacitados por accidentes laborales dentro del complejo.

Una vez que hayamos obtenido el gasto total del número de oficiales incapacitados, sacaremos el resultado por las 9 semanas de incapacidad.

Calculo Nº. 6.

- ✓ Gasto total de los 6 oficiales incapacitados en una semana: \$7,648.80 pesos.
- ✓ Semanas incapacitadas: 9

Multiplicar el gasto total de los 6 oficiales incapacitados por las semanas de incapacidad.

$R = \$7,648.80 * 9 = \$68,839.20$ (Sesenta y ocho mil ochocientos treinta y nueve pesos 20/100 M.N.) Gasto total por las 9 semanas de incapacidad de los 6 oficiales.

La planta de Agroindustria desembolsó la cantidad de: \$68,839.20 (Sesenta y ocho mil ochocientos treinta y nueve pesos 20/100 M.N.) por 6 oficiales que estuvieron por casi dos meses incapacitados. Por lo que la empresa se vio en la necesidad de recontractar personal que sustituyera a los trabajadores incapacitados, ya sean internos o externos del complejo, para así poder evitar retrasos o perjuicios en las actividades. Así que la empresa tuvo que hacer doble egreso, o sea, gastar la misma cantidad de \$68,839.20 pesos que fue lo que se les pagó a los oficiales incapacitados con el fin de no retrasar los trabajos.

Por consiguiente, para obtener el gasto general que tuvo que desembolsar la empresa por esas 9 semanas de los 6 oficiales incapacitados, hay que realizar la siguiente ecuación:

Calculo Nº. 7.

- ✓ Gasto total por las 9 semanas de incapacidad de los 6 oficiales: \$68,839.20 pesos.
- ✓ 6 oficiales suplentes por 9 semanas: \$68,839.20 pesos.

Sumar el gasto total por las 9 semanas de incapacidad de los 6 oficiales más el pago del personal suplente de éstos.

$R = \$68,839.20 + \$68,839.20 = \$137,678.40$ (Ciento treinta y siete mil seiscientos setenta y ocho pesos 40/100 M.N.) Gasto general que desembolso la planta por los 6 oficiales incapacitados y por las 9 semanas de incapacidad.

Al igual que los oficiales, ahora desglosaremos a los ayudantes incapacitados por accidentes para saber la pérdida económica que le generaron a la empresa. Para esto, es necesario realizar lo siguiente:

Calculo Nº. 8.

- ✓ Ayudantes incapacitados: 14
- ✓ Salario semanal de un ayudante: \$1,036.00 pesos.

Multiplicar el salario semanal de un ayudante por el número de ayudantes incapacitados.

$R = \$1,036.00 * 14 = \$14,504.00$ (Catorce mil quinientos cuatro pesos 00/100 M.N.)
Gasto total de 14 ayudantes incapacitados de una semana.

Ahora bien, para obtener el gasto de los 14 ayudantes en las 13 semanas que estuvieron incapacitados, tendremos que realizar la siguiente ecuación:

Calculo Nº. 9.

- ✓ Gasto total de los 14 ayudantes incapacitados en una semana: \$14,504.00 pesos.
- ✓ Semanas incapacitadas: 13

Multiplicar el gasto total de los 14 ayudantes incapacitados por las semanas de incapacidad.

$R = \$14,504.00 * 13 = \$188,552.00$ (Ciento ochenta y ocho mil quinientos cincuenta y dos pesos 00/100 M.N.) Gasto total por las 13 semanas de incapacidad de los 14 ayudantes.

Por estos ayudantes incapacitados, la empresa tuvo que buscar al personal necesario para sustituir a los 14 ayudantes inhabilitados durante 13 semanas para que los avances del complejo continuaran correctamente. De tal manera, la planta gastó la misma cantidad que les pagó a los ayudantes incapacitados \$188,552.00 pesos, o sea, tuvo doble egreso económico.

Para obtener el gasto general de los trabajadores incapacitados y de los suplentes, realizaremos la siguiente ecuación:

Calculo Nº. 10.

- ✓ Gasto total por las 13 semanas de incapacidad de los 14 ayudantes: \$188,552.00 pesos.
- ✓ 14 ayudantes suplentes por 13 semanas: \$188,552.00 pesos.

Sumar el gasto total por las 13 semanas de incapacidad de los 14 ayudantes más el pago del personal suplente de éstos.

$R = \$188,552.00 + \$188,552.00 = \$377,104.00$ (Trescientos setenta y siete mil ciento cuatro pesos 00/100 M.N.) Gasto general que desembolso la planta por los 14 ayudantes incapacitados y por las 13 semanas de incapacidad.

A continuación, en la siguiente tabla se muestra el resultado final del gasto total que desembolsó la planta Agroindustria en el periodo del mes de Enero a Julio del año 2015, por los accidentes ocurridos en el área de pruebas hidrostáticas.

Gasto Total generado por accidentes			
Personal incapacitado		Semanas de incapacidad	Gasto total por incapacidad
6	Oficiales	9	\$137,678.40
14	Ayudantes	13	\$377,104.00
Total de gastos en general			\$514,782.40

Tabla 13. Total de gastos generados por accidentes de los trabajadores.

Por tal motivo, a la empresa no le conviene que los trabajadores sufran de accidentes que sean de índole de incapacidad, ya que genera un gran desembolso económico. Pudiendo invertir este gasto para el crecimiento de la empresa.

Por otra parte, cuando la empresa se retrasa en los trabajos y no los entrega en la fecha pactada, pasa a ser multada en este caso, por parte de PEMEX por \$20,000.00 (Veinte mil pesos 00/100 M.N.), tan solo por un día de retraso. Esta consecuencia es a causa del personal suplente porque en ocasiones no cuentan con la experiencia necesaria, para desempeñar la labor del trabajador incapacitado por accidente.

Ahora bien, si sabemos que el área de pruebas hidrostáticas tiene una semana de retraso en las entregas de las tuberías; para saber cuánto es lo que la planta está pagando por esa semana de retraso, multiplicaremos el costo de un día de retraso

por una semana y así obtendremos el pago de una semana por no entregar los trabajos en tiempo y forma.

Calculo Nº. 11.

- ✓ Multa de un día de retraso: \$20,000.00 pesos.
- ✓ Días retrasados en entregar el trabajo: 5

Multiplicamos la multa de un día por los días de la semana (5 días).

$R = \$20,000.00 * 5 = \$100,000.00$ (Cien mil pesos 00/100 M.N.) Pago por retraso en los trabajos.

Luego de haber obtenido el gasto de la multa generada a causa de los accidentes que tuvieron los trabajadores en el área de pruebas hidrostáticas, por no contar con la experiencia necesaria. Sumaremos el gasto general de los trabajadores incapacitados más la multa que se generó en la semana de retraso de las actividades, para así poder obtener el resultado global de la pérdida económica que tuvo el complejo.

Calculo Nº. 12.

- ✓ Gasto general por incapacidad: \$514,782.40
- ✓ Multa por la semana de retraso: \$100,000.00

Sumaremos el gasto general por incapacidad (como se describe en la tabla 13), más la multa por la semana de retraso.

$R = \$514,782.40 + \$100,000.00 = \$614,782.40$ (Seiscientos catorce mil setecientos ochenta y dos pesos 40/100 M.N.) Pérdida económica que tuvo la empresa en el mes de Enero a Julio del año 2015.

3.5. COSTOS POR INVERSIÓN AL ÁREA DE PRUEBAS HIDROSTÁTICAS.

Los trabajadores son el recurso más valioso en la planta de Agroindustria, por esto la necesidad de invertir en ellos al proporcionarles continuamente oportunidades para mejorar sus habilidades.

Esto constituye el desarrollo del personal, que incluye aquellas actividades designadas a capacitar, adiestrar y motivar al empleado, con el propósito de ampliar sus responsabilidades dentro de la organización.

Desarrollar las capacidades del trabajador proporciona beneficios para los empleados y para la organización. Ayuda a los trabajadores a aumentar sus habilidades, cualidades y beneficia a la organización al incrementar las habilidades del personal de manera costo-efectivo.

La capacitación hará que el trabajador sea más competente y hábil. Además, al utilizar y desarrollar las habilidades del trabajador, la organización entera se vuelve más fuerte, productiva y rentable.

Para capacitar a nuestros trabajadores en las pruebas hidrostáticas, se buscó al personal altamente capacitado que cuenta con el certificado para impartir dichos cursos de pruebas hidrostáticas a tuberías. Este curso tendrá un total de 16 horas con un horario de 9:00 a.m. a 11:00 a.m. como se mencionó anteriormente. La persona encargada de impartir el curso cobrará la cantidad de \$80,000.00 (Ochenta mil pesos 00/100 M.N.) por el curso. Este se impartirá en las instalaciones de la planta Agroindustria.

En la siguiente tabla se describen los costos que se generarán durante la impartición del curso como apoyo al personal para facilitar el curso al trabajador.

Costo de Material que se ocupará para el curso de Pruebas Hidrostáticas		
Descripción del material	Cantidad	Precio
Hojas blancas	1 paq. de 500 hojas	\$ 42.80
Engrapadora metálica	1 pieza	\$ 64.90
Perforadora metálica	1 pieza	\$ 68.80
Marcadores para pizarrón	1 paq. con 12 pzas.	\$ 145.50
Boligrafo punto fino	1 paq. de 12 pzas.	\$ 28.60
Lápiz	2 paquetes	\$ 24.90
Archivador carta	1 pieza	\$ 70.00
Computadora	1 equipo	\$ 12,499.00
Impresora	1 equipo	\$ 4,999.00
Proyector	1 equipo	\$ 8,089.00
Personal que impartirá el curso	1 persona	\$ 80,000.00
Total de gastos		\$ 106,032.50

Tabla 14. Lista de material y equipo que utilizarán para impartir los cursos.

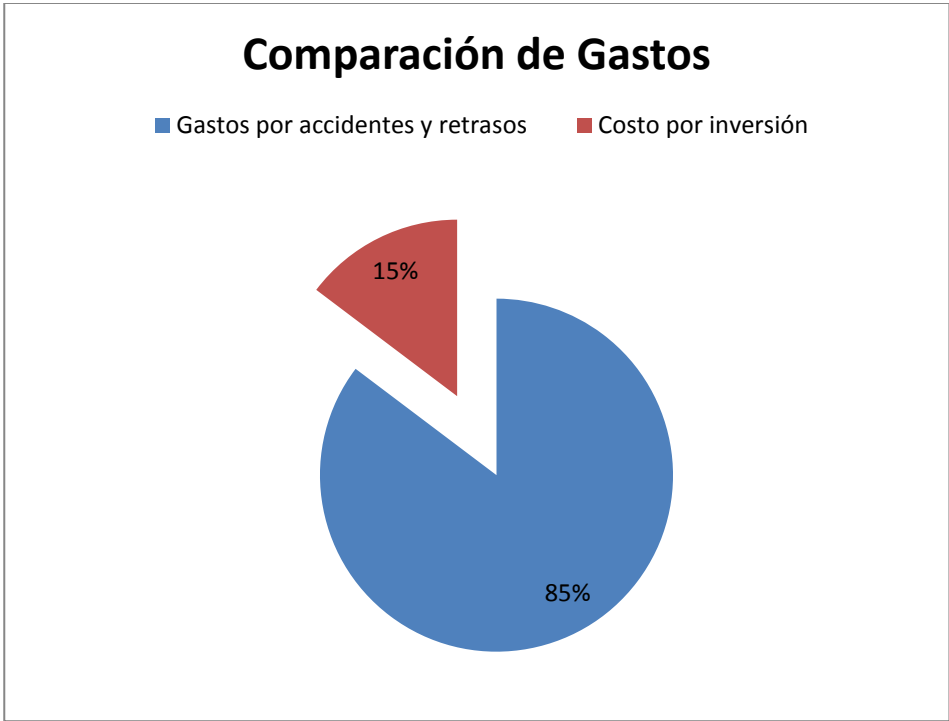
El material y equipo que se ocuparán como apoyo para impartir los cursos de pruebas hidrostáticas se describen en la tabla anterior número 14. De igual forma, en una de las columnas se detallan los precios de cada uno de estos materiales y equipos para apoyo del personal, lo cual al sumar todos los precios de estos equipos más el costo de la persona encargada de impartir el curso, tendremos un gasto de \$106,032.50 (Ciento seis mil treinta y dos pesos 50/100 M.N.), ésta será la cantidad que pagará la empresa de Agroindustria para invertir en los cursos de pruebas hidrostáticas y así poder prevenir y minimizar los accidentes de trabajos.

Si comparamos las cantidades de gastos de accidentes y retrasos en el trabajo con los costos de inversión, nos daremos cuenta cuál de estos gastos es más factible para la planta Agroindustria.

Tabla de comparación de gastos.	
Gastos por accidentes y retrasos	\$614,782.40
Costo por inversión	\$106,032.50

Tabla 15. Comparación de gastos por accidentes y retrasos e inversión.

En la siguiente gráfica se muestran los gastos en porcentaje.



Gráfica 2. Comparación de gastos en porcentaje.

Como podemos darnos cuenta el gasto con menor porcentaje del 15% es el de inversión al personal y el 85% son de accidentes y retrasos en el trabajo. Lo cual, esto nos indica que la empresa está generando más pérdida económica que para beneficio de ella. Por lo tanto, lo que debería hacer mejor es invertir para el buen

funcionamiento de la empresa y mandar a los trabajadores a cursos de capacitación en general con respecto al área que vayan a desempeñar y así disminuir las incapacidades por accidentes de trabajo.

Una vez obtenido esto, la empresa podrá ver mayor productividad, mejor ingreso económico, calidad en sus trabajos y contar con mano de obra calificada.

CONCLUSIÓN

Este manual de pruebas hidrostáticas ha contribuido de manera importante para la entrega de los trabajos, ya que facilita las actividades de los trabajadores para entregar las labores en tiempo y forma. Teniendo como beneficio ingresos que antes de ser implantados en este manual eran gastos para el personal incapacitado con un costo de \$614,782.40 (Seiscientos catorce mil setecientos ochenta y dos pesos 40/100 M.N.) en un periodo de Enero a Julio del 2015.

Uno de los puntos que de igual forma se ha visto beneficiado por la aplicación del manual, son los accidentes que han disminuido de forma considerada dando como resultado un incremento económico positivo a la planta Agroindustria. Las capacitaciones que se le ha impartido al personal trajeron un buen rendimiento para realizar los trabajos.

Si comparamos los costos de inversión con los gastos por las personas incapacitadas nos daremos cuenta realmente que es más factible capacitar al personal y así evitar accidentes, retrasos en los trabajos y sobre todo pérdidas económicas. Este ingreso económico se puede ocupar el equipo con mayor tecnología y en el personal.

BIBLIOGRAFÍA

- Escritor: Manuel Viejo Zubicaray
Editorial Limusa, 30/06/2005,
Mecánica de fluidos, Dinámica de fluidos,
- Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel: código CIG Organización Marítima Internacional IMO Publishing, 1993, pruebas de aceptación en tuberías de los buques y terminales marítimas.
- Escritor Miguel Ángel Martínez Cañadas
Hidráulica aplicada a proyectos de riego.
- Escritor: Alfonso Rico Rodríguez, Hermilo del Castillo
Editorial Ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas, Volumen 1
Limusa, tipos de pruebas en los equipos y materiales.
- Escritor Jesús Nieto Palomo
Instalaciones de fontanería: teoría y orientación práctica
- Escritor: Luis Puchol Moreno
3a edición. Ediciones Díaz de Santos. Libro el cual menciona el descubrimiento de las pruebas durante una corona del rey.
- Escritor JESUS NIETO PALOMO
Ediciones Paraninfo, S.A., 2015 - 292 páginas, perteneciente al Certificado de profesionalidad Operaciones de fontanería y calefacción-climatización doméstica. Manipulación y ensamblaje de tuberías se corresponde con la UF0409 incluida en el MF1154_1 "Instalación de tuberías"

- Escritor: Manuel Vicente Méndez Profesor de Hidráulica de la Universidad Católica Andrés Bello.
Edición: Tuberías A PRESION EN LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA Universidad Católica Andrés Bello Fondo Polar-UCAB Facultad de ingeniería Caracas, 1995.
- Escritor. Robert L. Mott Pearson Educación, 2006, Medición de la presión - Fuerzas debidas a fluidos estáticos - Flotabilidad y estabilidad, Arrastre y sustentación - Ventiladores, sopladores, compresores y el flujo de los gases Flujo de aire en ductos.
- Normas oficiales mexicanas la Ley Federal del Trabajo, la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Reglamento Federal de Seguridad y Salud en el Trabajo, así como por las normas oficiales mexicanas de la materia, entre otros ordenamientos.
NOM-011-STPS-2001
- Escritor: Julian C. Smith
Edición: Operaciones básicas de ingeniera química. Tipos de tuberías.
- Ediciones Rodio, 17/09/2015 Montaje y mantenimiento de Instalaciones Solares térmicas" (Real Decreto 1967/2008, actualizado por el Real Decreto 617/2013) con Nivel de cualificación profesional: 2, de la Familia Profesional de "Energía y agua.
- Escritor: Antoni Luszczewski Reverte, 2004,
Edición: Redes industriales de tubería, bombas para agua, ventiladores y compresores.
- Escritor: José Luis otegui-esteban rubertis universidad nacional de mar del plata. Tubería.

Edición: Pruebas hidrostáticas, efecto de la prueba hidrostática en la integridad futura de la cañería con fisura.

- Escritor: Manuel Vicente Méndez profesor de hidráulica de la Universidad Católica Caracas, 2007.

Edición: Tuberías a presión en los sistemas de abastecimiento de agua

GLOSARIO

Bares: es una unidad de presión equivalente a un millón de barias, aproximadamente igual a una atmósfera.

Caldera: es una máquina o dispositivo de ingeniería diseñado para generar vapor. Este vapor se genera a través de una transferencia de calor a presión constante, en la cual el fluido, originalmente en estado líquido, se calienta y cambia su fase a vapor saturado.

Cédula de la tubería: es el espesor de las paredes de las tuberías.

Compresor: es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como gases y los vapores.

Diámetro: es el segmento de recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia.

Gas inerte: es un gas no reactivo bajo determinadas condiciones de presión y temperatura el cual se ocupa para revisar las fisuras de la tubería y uniones.

Hermeticidad: significa cerrar todas las salidas de la tubería para presionar dichos equipos o materiales, recipiente en el cual se está realizando la prueba no destructiva.

Obturadores: objeto que se infla ya sea con aire o con agua para impedir la salida de los gases en las tuberías.

Presión: fuerza que ejerza el líquido dentro de las tuberías para verificar su resistencia del material.

Presurizado: mantener presionado un equipo o tubería por un delimitado tiempo.

Prueba hidrostática: conocida también como Prueba Hidráulica, es un control realizado para la tubería para verificar su resistencia del material.

Pulgada: unidad de medida de longitud que equivale 25,40 mm, tomado de su nombre en inglés inch.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo 1.

PROYECTO: Agroindustria							
Área de trabajo: Pateo de maniobras							
Orden de Trabajo para Pruebas a Tuberías							
Descripción Líneas:	Material: acero al carbón de 2 pulgada de diámetro.						
Contratista o empresa:	Disciplina: mecánico						
	Sistema: con agua						
Responsable de trabajo: Ing. Carlos Alberto Santiago Martínez							
Fecha de la prueba: 21/02/2016	Duración estimada: 2 horas						
Plano(s) de referencia:							
Presión de Trabajo:	Soportes Completos:						
Presión de Prueba:	Zanjas Tapadas						
Medio de Prueba: Manual	Inicio de Prueba: 10:20 am						
Manómetros Serie: Rango 0 - 300 Psi							
DATOS DE LA PRUEBA							
Línea(s)	Diámetro	presión	1 HR	2HRS	3HRS	4HRS	5HRS
Observaciones:							
Supervisor de área:			Nombre:			Firma:	
Supervisor de construcción:			Nombre:			Firma:	
Supervisor de calidad:			Nombre:			Firma:	

Anexo 2.

ANÁLISIS DE SEGURIDAD EN LOS TRABAJOS				
Proyecto: Agroindustria				
AST (Identificación de peligros e implementación de controles operacionales)				
Actividad:		Prueba hidrostática a tubería de 2 pulgadas de diámetro		
Tipo de permiso de trabajo:		A nivel de piso	Fecha: 21/02/2016	
Especialidad:		Mecánico	Especialidades que intervienen: seguridad y médicos	
PASOS	SECUENCIA DE ACTIVIDADES	PELIGROS POTENCIALES	MEDIDAS PREVENTIVAS (CONTROL OPERACIONAL)	RESPONSABLE DEL TRABAJO
1	Inspeccionar el área de trabajo	<ol style="list-style-type: none"> Superficie a desnivel Caída de objeto Puntos filosos 	<ol style="list-style-type: none"> Inspeccionar el área Habilitar el área Acordonar el área 	
2	Acarreo de las herramientas	<ol style="list-style-type: none"> Ergonómico Sobre esfuerzo Superficie resbaladiza 	<ol style="list-style-type: none"> Ergonómico Sobre esfuerzo Superficie resbaladiza 	
3	Prueba hidrostática a tubería de 2 pulgadas de diámetro	<ol style="list-style-type: none"> Golpes Caída de objeto Descarga eléctrica Machucones Fuga de agua Resbalones Ruido Proyección de partícula 	<ol style="list-style-type: none"> Acordonar el área Equipo de protección adicional Inspeccionar las herramienta Equipo eléctrico aterrizado Conectar correctamente las mangueras Tapones auditivo Presiona miento del tubo Inspección del tubo por fugas Extintor en sitio 	
4	Orden y limpieza antes, durante y después de la actividad	<ol style="list-style-type: none"> Área sucia Herramientas desordenada Área desordenada Contaminación Obstrucción 	<ol style="list-style-type: none"> Mantener las herramientas ordenadas Área limpia Depositar la basura en su lugar 	

Revalidación del AST				
	FIRMAS DEL PERSONAL DE CPIM		FIRMAS DEL CLIENTE	
Fecha	Supervisión de Disciplina	Supervisión de Seguridad y Salud	Supervisión de Disciplina	Supervisión de Seguridad y Salud
21/02/2016	Ing. Carlos Alberto Santiago Martínez	Ing. Emiliano Arroyo García		
22/02/2016	Ing. Carlos Alberto Santiago Martínez	Ing. Emiliano Arroyo García		
23/02/2016	Ing. Carlos Alberto Santiago Martínez	Ing. Emiliano Arroyo García		

LISTA DEL PERSONAL INVOLUCRADO			
NÚMERO	TRABAJADORES	CATEGORÍA	FIRMA

Empresa que realiza la actividad:

GRUPO AVANZIA

Equipo de protección personal requerido:

EPP básico, tapones auditivo, guantes.

Herramienta, maquinaria o equipos especiales:

Herramienta manual, mangueras, compresor, bomba.

Autorizado por: Ing. Carlos Alberto Santiago Martínez

Este documento contiene información privada y no puede ser duplicado, modificado o divulgado a terceros.

Anexo 3.

LISTADO DE PERSONAL QUE ASISTIRÁ A LAS CAPACITACIONES.		
Proyecto	Agroindustria	FECHA DE EMISIÓN: 27/05/2015
Contratista	GRUPO AVANZIA	

No.	PUESTO	NOMBRE DEL TRABAJADOR	FIRMA
1	Tubero	René Cruz Gonzales	
2	Pailero	Ezequiel Carrillo Méndez	
3	Mecánico	Uriel Sánchez Gómez	
4	Ayudante	Rodolfo Ramírez Hernández	
5			