

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

**ELABORACIÓN DE MANUAL DE MANTENIMIENTO PARA
TANQUES A PRESIÓN DE ALMACENAMIENTO DE GLP**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL**

JORGE LUIS GUATO SANTAMARIA
xvladlui@hotmail.com

JOSE DANIEL GUAYASAMIN VOZMEDIANO
dannycob@hotmail.com

DIRECTOR: ING. VICENTE SALOMON TOAPANTA MUÑOZ
vicente.toapanta@epn.edu.ec

Quito, Octubre de 2014

DECLARACIÓN

Nosotros, José Daniel Guayasamín y Jorge Luis Guato Santamaría, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

José Daniel Guayasamín Vozmediano

Jorge Luis Guato Santamaría

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por José Daniel Guayasamín Vozmediano y Jorge Luis Guato Santamaría, bajo mi supervisión.

Ing. Vicente Toapanta
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A mi hermano Juan Diego, a mis familiares y amigos quienes me apoyaron en mi formación de esta carrera de igual manera con el Ingeniero Vicente Toapanta por su guía en el desarrollo de este proyecto.

Jorge

A mi familia por su apoyo incondicional, a todas las personas que de una u otra manera colaboraron en la realización del presente proyecto. Al Ingeniero Vicente Toapanta por su acertada dirección e invaluable colaboración.

José Daniel

DEDICATORIA

A mi madre Rosario su amor y apoyo incondicional son la fuerza que hace que siga adelante y siga en mi crecimiento como ser y como profesional, de igual manera a mi padre Jorge , mis tíos Gloria y Patricio que en todo momento me han ayudado para que logre mis metas.

Jorge

A mis padres Alicia y José quienes han sabido comprenderme y apoyarme en todo momento, a mis hermanas y sobrinas por su cariño y por ser mi inspiración para crecer y seguir adelante.

José Daniel

CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	II
CERTIFICACIÓN.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN	XVI
PRESENTACION	XVII
CAPÍTULO 1. GAS LICUADO DE PETROLEO	2
1.1 INTRODUCCIÓN	2
1.1.1 CONSUMO DE G.L.P.	3
1.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL G.L.P.	4
1.1.3. LICUEFACCIÓN DEL GAS	6
1.2 EL TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE GLP	7
1.2.1 TIPOS DE RECIPIENTES A PRESIÓN PARA ALMACENAMIENTO DE GLP	9
1.2.1.1 Por su forma	9
1.2.2 TIPOS DE TAPAS DE RECIPIENTES BAJO PRESIÓN INTERNA ..	11
1.2.2.1. Tapas planas	11
1.2.2.2. Tapas toriesféricas.....	12
1.2.2.3. Tapas semielípticas.....	12
1.2.2.4. Tapas semiesféricas	12
1.2.2.5. Tapa 80:10.....	12
1.2.2.6. Tapas cónicas	13
1.2.2.7. Tapas toricónicas.....	13
1.2.2.8. Tapas planas con ceja	13
1.2.2.9. Tapas únicamente abombadas	13
1.2.3. TIPOS DE CARGAS.....	13
1.2.4. TIPOS DE ESFUERZOS PRODUCIDOS EN UN TANQUE DE GLP.	14
1.2.5. PARTES Y ACCESORIOS DE UN TANQUE DE GLP.....	14
1.2.5.1. Envolvente.....	15
1.2.5.2. Cubierta.....	16
1.2.5.3. Cabezales.....	16
1.2.5.4. Dispositivos de sujeción o apoyo	16
1.2.5.5. Patas.....	17
1.2.5.6. Faldón cilíndrico o cónico.....	17

1.2.5.7.	Conexiones	18
1.2.5.8.	Accesorios externos	18
1.2.5.9.	Abertura o boca de visita (“manhole”)	19
1.2.5.10.	Placa de Identificación.....	20
1.2.5.11.	Manómetro	22
1.2.5.12.	Termómetro.....	22
1.2.5.13.	Válvula de alivio de presión (válvula de seguridad)	23
1.2.5.14.	Válvula de Llenado	24
1.2.5.15.	Multiválvulas.....	24
1.2.5.16.	Válvula de drenaje CHEK –LOK	25
1.2.5.17.	Medidor de flotador (rotogage)	25
1.2.6.	TUBERÍAS Y ACCESORIOS	26
1.2.6.1.	Válvulas de corte	27
1.2.6.2	Mangueras.....	27
1.2.6.3	Accesorios de conexión para las instalaciones de GLP.....	28
1.3.	MATERIALES PARA RECIPIENTES A PRESION.....	29
1.3.1.	ESPECIFICACIONES DE LOS ACEROS.	29
1.4.	CLASES DE MATERIALES	30
1.4.1.	ACEROS AL CARBÓN.....	31
1.4.2.	ACEROS DE BAJA ALEACIÓN.....	31
1.4.3.	ACEROS DE ALTA ALEACIÓN	32
1.4.4.	MATERIALES NO FERROSOS.....	32
1.5.	PROPIEDADES QUE DEBEN TENER LOS MATERIALES.....	33
1.5.1.	PROPIEDADES MECÁNICAS.....	33
1.5.2.	PROPIEDADES FÍSICAS.....	33
1.5.3.	PROPIEDADES QUÍMICAS.....	33
1.5.4.	SOLDABILIDAD	34
1.6.	EVALUACION DE LOS MATERIALES.....	34
1.7.	SOLDADURA PARA TANQUES A PRESION PARA ALMACENAMIENTO DE GLP	35
CAPÍTULO 2. MANTENIMIENTO		39
2.1	INTRODUCCIÓN	39
2.2.	BREVE HISTORIA DE LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO.....	39
2.2.1	EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO	40
2.2.2	OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO	41
2.2.3.	TIPOS DE MANTENIMIENTO.....	41
2.2.3.1.	Mantenimiento correctivo	41

2.2.3.2.	Mantenimiento preventivo	43
2.2.3.3.	Mantenimiento predictivo	45
2.2.4.2.	Pérdidas de espesores por erosión	46
2.2.4.3.	Fatigas de material	46
2.2.4.4.	Fractura frágil	47
2.2.4.5.	Fluencia lenta o “creep”	47
2.2.4.6.	Sobrepresión	48
2.2.4.7.	Problemas de diseño y/o fabricación	48
2.2.4.8.	Debilitamientos por golpes, abolladuras	49
2.3.	DIAGRAMA CAUSA-EFECTO	50
2.3.1.	CAUSA	50
2.3.2.	PROCEDIMIENTO	51
2.4.	CONTROL DE EQUIPOS DE MEDICIÓN	52
2.4.1.	CODIFICACIÓN DE EQUIPOS	52
2.4.2.	FICHA DEL INSTRUMENTO	52
2.4.3.	CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA	54
2.4.3.1.	Calibración.....	54
2.4.3.2.	Verificación	54
2.4.4.	LISTA DE EQUIPOS DE MEDICIÓN.....	54
2.4.5.	MANTENIMIENTO,VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS	57
2.4.5.1.	Plan de mantenimiento	58
2.4.5.2.	Plan de calibración o verificación	59
2.4.5.3.	Periodicidad	60
2.4.5.4.	Resultados de las calibraciones/verificaciones.....	60
2.5.	MÉTODOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	60
2.5.1.	MÉTODO POR ULTRASONIDO.....	61
2.5.1.1.	Ventajas.....	61
2.5.1.2.	Desventajas	62
2.5.2.	LÍQUIDOS PENETRANTES.....	62
2.5.2.1.	Ventajas.....	62
2.5.2.2.	Desventajas	63
2.5.3.	PRUEBAS HIDROSTÁTICAS	63
2.5.3.1.	Ventajas.....	64
2.5.3.2.	Desventajas	64
2.5.4.	INSPECCIÓN VISUAL	65

2.5.4.1.	Ventajas.....	65
2.5.4.2.	Desventajas	65
2.6.	SEGURIDAD INDUSTRIAL	66
2.6.1.	DEFINICIÓN DE RIESGO.....	66
2.6.2.	DESCRIPCIÓN DE FACTORES DE RIESGO.....	66
2.6.3.	TIPOS DE RIESGOS EXISTENTES EN LAS INSPECCIONES	67
2.6.3.1.	Riesgo mecánico.....	67
2.6.3.2.	Riesgo físico.....	70
2.6.3.3.	Riesgo químico.....	71
2.6.3.4.	Riesgo ergonómico.....	72
2.6.4.	EVALUACIÓN DE FACTORES DE RIESGOS	73
2.6.5.	GRADO DE PELIGRO	73
2.6.5.1.	Consecuencias	73
2.6.5.2.	Exposición	74
2.6.5.3.	Probabilidad	74
2.6.6.	CLASIFICACIÓN DEL GRADO DE PELIGRO.....	75
2.7.	MATRIZ DE RIESGOS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	77
2.7.1.	MATRIZ DE RIESGOS	77
2.7.2.	¿PARA QUÉ SIRVE LA MATRIZ DE RIESGOS?	77
2.7.3.	¿CUÁNDO SE USA LA MATRIZ DE RIESGOS?	78
2.7.4.	¿CÓMO SE USA LA MATRIZ DE RIESGOS?	78
2.8.	CONTROL DE RIESGOS.....	79
2.8.1.	EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL	79
2.8.1.1.	Medidas de protección individual.....	79
2.8.1.2.	Norma general de uso	79
2.8.1.3.	Obligaciones.....	80
2.9.	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN.....	81
2.9.1.	OBJETIVO DEL MANUAL	81
2.9.2.	ALCANCE DEL MANUAL	81
2.9.3.	SECUENCIA DE LOS PROCEDIMIENTOS.....	82
	CAPÍTULO 3. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN	84
3.1.	PROCEDIMIENTO INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES PARA TANQUES DE GLP	84
3.1.1.	OBJETO	84
3.1.2.	ALCANCE	84
3.1.3.	DEFINICIONES.....	84

3.1.4.	SEGURIDAD	85
3.1.5.	EQUIPOS A UTILIZAR	87
3.1.6.	DIAGRAMA DE FLUJO.....	88
3.1.7.	ACTIVIDADES PREVIAS AL PROCESO DE INSPECCIÓN	89
3.1.8.	PROCESO DE INSPECCIÓN TÉCNICA.....	89
3.1.9.	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO	92
3.1.9.1.	Terminología (Descripción de las indicaciones o fallas)	92
3.1.9.2	Parámetros de Aceptación.	92
3.1.10.	REFERENCIAS.....	92
3.2.	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN TÉCNICA POR MEDICION DE ESPEORES DE TANQUES A PRESIÓN PARA GLP	93
3.2.1.	OBJETO	93
3.2.2.	ALCANCE	93
3.2.3.	DEFINICIONES.....	93
3.2.4.	SEGURIDAD	94
3.2.5.	EQUIPOS A UTILIZAR	96
3.2.6.	DIAGRAMA DE FLUJO.....	97
3.2.7.	PROCESO DE INSPECCIÓN TECNICA.....	98
3.2.8.	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO	100
3.2.9.	REFERENCIAS	100
3.2.10.	CÁLCULO DE LA VIDA ÚTIL DEL TANQUE DE PRESIÓN.....	100
3.2.11.	CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN.....	101
3.2.12.	CÁLCULO DE ESPEORES MÍNIMO DE PARED DE TANQUE	102
3.3.	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE PRUEBA HIDROSTÁTICA DE TANQUES PARA GLP.....	103
3.3.1.	OBJETO	103
3.3.2.	ALCANCE	104
3.3.3.	DEFINICIONES.....	104
3.3.4.	SEGURIDAD	104
3.3.5.	EQUIPOS A UTILIZAR	106
3.3.6.	DIAGRAMA DE FLUJO.....	107
3.3.7.	INSPECCIÓN DE PRUEBA HIDROSTÁTICA.....	109
3.3.8.	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO	111
3.3.9.	REFERENCIAS	113
3.4.	PROCEDIMIENTO INSPECCIÓN CON PROPÓSITO DE CALIBRACIÓN GEOMÉTRICA DE TANQUES HORIZONTALES PARA GLP	

3.4.1. OBJETO.....	113
3.4.2. ALCANCE	113
3.4.3. DEFINICIONES.....	113
3.4.4. SEGURIDAD	114
3.4.5. EQUIPOS A UTILIZAR	116
3.4.6. DIAGRAMA DE FLUJO.....	117
3.4.7. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO.....	118
3.4.8. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO	122
3.4.8.1. Referencia	123
3.4.8.2. Cálculo del volumen total y parcial del tanque a presión.....	123
3.4.8.3. Fórmula para el cálculo del volumen total de un tanque	123
3.5. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN PARA RECIPIENTES DE GLP	125
3.5.1. OBJETO.....	125
3.5.2. ALCANCE	125
3.5.3. DEFINICIONES.....	125
3.5.4. SEGURIDAD	126
3.5.4.1. Equipos a utilizar	128
3.5.4.2. Diagrama de flujo.....	128
3.5.4.3. Actividades Iniciales.....	128
3.5.4.4. Proceso general de verificación.....	130
3.5.4.5. Criterios de aceptación y rechazo	135
3.5.4.6. Referencia	135
CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	137
4.1. CONCLUSIONES	137
4.2. RECOMENDACIONES	139
BIBLIOGRAFÍA	141
ANEXOS	142

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1.1. Cilindros de gas y ornilla produciendo fuego con GLP	3
Figura 1.2. Almacenamiento de GLP en recipiente de presión	5
Figura 1.3. Etapas de GLP dentro y fuera del recipiente de presión	7
Figura 1.4. Recipientes cilíndricos para almacenamiento de GLP	8
Figura 1.5. Accesorios de tanque a presión para GLP	15
Figura 1.6. Manhole	20
Figura 1.7. Placa de identificación para los recipientes a presión	21
Figura 1.8. Manómetro	22
Figura 1.9. Termómetro	23
Figura 1.10. Válvula de alivio de presión	24
Figura 1.11. Rotogage	25
Figura: 1.12. Láminas de acero al carbón	31
Figura: 1.13. Láminas de acero de baja aleación	31
Figura: 1.14. Láminas de acero de alta aleación	32
Figura: 1.15. Láminas de material no ferroso	32
Figura 1.16. Soldadura en tanques de acero	35
Figura 2.1. Tanque con corrosión	46
Figura 2.2. Lamina con corrosión	46
Figura 2.3. Material fatigado	47
Figura 2.4. Material con fractura por pérdida de tenacidad	47
Figura 2.5. Recipientes en ambiente de temperatura elevada	48
Figura 2.6. Elementos inadecuados para protección de sobrepresión	48
Figura 2.7. Incendio de tanques de almacenamiento de combustible	49
Figura 2.8. Medición de espesores de una lámina de acero	49
Figura 2.9. Diagrama causa-efecto	50
Figura 2.11. Ficha de mantenimiento para un instrumento	58
Figura 2.12. Ficha de calibración y verificación para un instrumento	59
Figura 2.13. Medición de espesores por ultrasonido	61
Figura 2.14. Inspección por líquidos penetrantes	62
Figura 2.15. Inspección de fugas por prueba hidrostática	64

Figura 2.16. Inspección visual de recipientes para almacenamiento de combustible	65
Figura 2.17. Trabajo en altura.....	67
Figura 2.18. Trabajo en espacio confinado	68
Figura 2.19. Vehículo de carga.....	68
Figura 2.20. Superficies irregulares	69
Figura 2.21. Almacenamiento de producto inflamable	69
Figura 2.22. Trabajo con riesgo de progresión de partículas	70
Figura 2.23. Trabajo con exposición a radiación solar	70
Figura 2.24. Exposición a temperaturas extremas	71
Figura 2.25. Lugar de trabajo que presenta ruido	71
Figura. 2.26. Ambiente con riesgo químico.....	72
Figura 2.27. Posturas con riesgo ergonómico.....	72
Figura 2.28. Evaluación de factores de riesgo	76
Figura 2.29. Matriz de riesgos	77
Figura 3.1. Diagrama de flujo del procedimiento de inspección por líquidos penetrantes.....	88
Figura 3.2. Hoja técnica de inspección para el procedimiento de inspección por líquidos penetrantes	90
Figura 3.3. Aplicación del líquido penetrante	91
Figura 3.4. Aplicación del líquido revelador	91
Figura 3.5. Diagrama de flujo para el procedimiento de inspección técnica	97
Figura 3.6. Hoja de inspección.....	98
Figura 3.7. Medidor de espesores por ultrasonido y gel acoplante	99
Figura 3.8. Medición de espesores por ultrasonido de planchas de acero	100
Figura 3.9. Diagrama de flujo para el procedimiento de inspección de prueba hidrostática	108
Figura 3.10. Bomba de presión y manómetro para la prueba de presión	110
Figura 3.11. Hoja técnica de inspección para la prueba hidrostática.....	112
Figura 3.12. Diagrama de flujo para el procedimiento de calibración geométrica	117
Figura 3.13. Ubicación para la toma de medidas respectivas del tanque.....	118
Figura 3.14. Hoja técnica de inspección para la calibración geométrica de tanques horizontales para GLP.....	120
Figura 3.15. Zunchado de un tanque cilíndrico horizontal.....	121
Figura 3.15. Toma de dato de la medida de longitud de un tanque horizontal .	121

Figura 3.16. Toma de medida de la redondez de la cabeza del tanque	122
FIGURA 3.17. Diagrama de flujo para la prueba de válvulas de alivio de presión	129
Figura 3.18. Descripción de las partes de una válvula de alivio	131
Figura 3.19. Bomba manual de presión	131
Figura 3.20. Banco de prueba portátil para válvula de alivio	132
Figura 3.21. Banco de prueba fijo para válvula de alivio	132
Figura 3.22. Presión de prueba de disparo	133
Figura 3.23. Bomba manual y banco de prueba con válvula instalada.....	133
Figura: 3.24. Hoja técnica de inspección de para válvulas de alivio de presión	134

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1.1. PROPIEDADES DEL PROPANO Y BUTANO	5
Tabla 1.2. RANGO DE PRESIÓN SERVICIO DE TUBERÍAS, ACCESORIOS	27
Tabla 2.1. Lista de equipos de medición	55
Tabla 2.2. Lista de equipos que necesitan calibración	57
Tabla 2.3. Consecuencias de riegos laborales	74
Tabla 2.4. Exposición a la situación de riesgo	74
Tabla 2.5. Probabilidad de ocurrencia de accidentes	75
Tabla 2.6. Clasificación de grado de peligro	75
Tabla 3.1. Evaluación de riesgos para el procedimiento de líquidos penetrantes	85
Tabla 3.2. Evaluación de riesgos para el procedimiento de inspección técnica por medición de espesores	95
Tabla 3.9. Evaluación de riesgos para el procedimiento de inspección por prueba hidrostática	106
Tabla 3.12. Evaluación de riesgo para el procedimiento de calibración geométrica	114
Tabla 3.13. Evaluación de riesgos para el procedimiento de verificación de válvulas de alivio	127

RESUMEN

El almacenamiento y transporte de gas licuado de petróleo se vuelve en un manejo estratégico , debido a que este recurso es subsidiado y más del 50 % es importado, destinado para la distribución en hogares para uso doméstico y en zonas industriales en las cuales utilizan un sistema de almacenamiento con tanques diseñados para soportar presión.

El transporte necesariamente se realiza en este tipo de tanques, los cuales están diseñados en base del código ASME, el cual se centra en el diseño y construcción de recipientes de presión, específicamente en la sección VIII , en esta sección se establece el diseño del tanque según condiciones ambientales y de materiales , los accesorios necesarios que debe contener.

Por el manejo del producto para almacenarlo en los recipientes necesariamente deben ser almacenados a presión y cambie a estado líquido, esta condición hace que las condiciones del tanque deben cumplir requisitos puntuales, estos requisitos se comprueban dentro de un periodo de tiempo establecido, las condiciones pruebas y lapso de tiempo lo establece la Norma API 510: Código de inspección para recipientes de presión.

El proyecto tiene por finalidad establecer procedimientos adecuados para realizar un mantenimiento por inspección, para establecer la operatividad y vida útil del tanque , tomando en cuenta el aspecto de seguridad industrial con el objetivo de reducir riesgos al mínimo en el momento de ejecutar cada uno de los procedimientos ,dentro de estos una de las pruebas más fiables es la prueba hidrostática la cual determina la resistencia del tanque en planchas de la pared del tanque como cordones de soldadura.

PRESENTACION

El objetivo del proyecto es presentar procedimiento que conlleven al mantenimiento por medio de procedimientos de inspección los cuales ayudan a determinar la operatividad del tanque así como su vida útil , además de establecer procedimientos de seguridad industrial los cuales se aplicaran para reducir al mínimo los riesgos presentes en el área de operación. El proyecto consta de cuatro capítulos los cuales han sido desarrollados tomando en cuenta el objetivo por el cual fueron desarrollados.

En el primer capítulo se refiere a una introducción en el que se realiza un resumen sobre el concepto del gas licuado de petróleo, la composición química, la forma de almacenamiento, descripción de los recipientes diseñados para presión, sus características principales, además de materiales que son usados para la construcción de los mismos, accesorios y tipo de soldadura especializada para este tipo de tanque.

El segundo capítulo es referente al mantenimiento, clases de mantenimiento, se describe el proceso para el control de equipos de medición y de verificación, se expone los tipos de inspección y ensayos que son aplicables dentro del proceso de mantenimiento e inspección de un tanque a presión, se añade la planificación de seguridad industrial dentro del tipo de trabajo a realizarse especificando los riesgos presentes y como minimizarlos , además se presenta el alcance del manual , y procedimientos a seguir.

El tercer capítulo se realiza los procedimientos para realizar el mantenimiento de un tanque diseñado para presión de almacenamiento para GLP, basados en normas específicas para el desarrollo de los mismos, incluyendo el equipo a utilizarse, generando fichas de verificación de equipos y hojas de registro de datos y la previa revisión de equipo individual de trabajo, exponiendo criterios de aceptación o rechazo en base a las normas en referencia.

El cuarto capítulo, es el último capítulo del proyecto se presentan las conclusiones y recomendaciones que son resultados basados en el objetivo y desarrollo del proyecto.

CAPÍTULO 1

GAS LICUADO DE PETROLEO

CAPÍTULO 1. GAS LICUADO DE PETROLEO

1.1 INTRODUCCIÓN

El Gas Licuado de Petróleo (GLP) es una mezcla de hidrocarburos de petróleo los cuales son gaseosos a temperatura y presión ambientales normales. Esta mezcla de gases, pueden ser licuados aplicándole una presión moderada para facilitar su transporte y almacenaje. El GLP en forma líquida es 250 veces más denso que en la forma gaseosa.

El GLP se deriva principalmente del gas natural o de los gases de la refinación de petróleo. La composición del GLP puede ser marcadamente diferente dependiendo de dónde provenga. El GLP comercial contiene una mezcla de gases principalmente propano y butano o sus derivados. Adicionalmente, ambos productos pueden contener algunos componentes livianos (etanos) y pesados (pentanos).

El GLP para el uso estándar de calefacción y para propósito de uso doméstico generalmente consiste en una mezcla de propano comercial y butano comercial.

El propano comienza a evaporarse por encima de los $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ por lo que es el gas más versátil para uso general. El butano comienza a evaporarse por encima de los $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en ambientes fríos se requiere una mezcla de propano/butano ya que el butano no se evapora tan rápidamente como el propano.

En climas cálidos la composición (propano/butano) no es muy crítica para uso doméstico. Sin embargo, debido a la propiedad de mejor evaporación el propano es el componente gaseoso preferido particularmente para el uso industrial donde se puede requerir una alta capacidad de evaporación rápida. Por otro lado el butano es un 12% más pesado (denso) que el propano, por lo que es posible

transportar y almacenar más butano (en peso y por lo tanto energía térmica) para un volumen líquido dado, la composición y especificaciones del GLP comercial varían en función de la disponibilidad y las condiciones climáticas prevalecientes.

Se produce en estado de vapor pero se convierte en líquido mediante compresión y enfriamiento simultáneos de estos vapores, necesitándose 273 litros de vapor para obtener un litro de gas líquido.

1.1.1 CONSUMO DE G.L.P.

Al momento de liberar el GLP del cilindro inmediatamente se evapora, pasando del estado líquido al gaseoso, sucediendo aquí el fenómeno inverso al de la licuación. Se consume en forma de vapor en los quemadores de estufas, calentadores de agua, calefactores, etc., ver figura 1.1.



Figura 1.1. Cilindros de gas y hornilla produciendo fuego con GLP

Este vapor se produce al abrir la válvula de cualquier quemador conectado a un cilindro o tanque, ya que en ese momento tiende a escapar la presión del recipiente, haciendo que hierva el líquido para formar más vapor. Si el consumo de gas se prolonga también continuará hirviendo el líquido, tomando calor necesario para ello del medio ambiente, a través de las paredes metálicas del cilindro. De

esta manera se consume el líquido, Transformándose poco a poco en fase gaseosa hasta terminarse.

1.1.2 CARACTERÍSTICAS DEL G.L.P.

Se produce en fase gaseosa, pero se licúa con cierta facilidad, mediante compresión y enfriamiento. Entre sus características tenemos:

- a. No tiene color, es transparente como el agua en su estado líquido.
- b. No tiene olor cuando se produce y licúa, pero se le agrega una sustancia de olor penetrante para detectarlo cuando se fugue, llamada etyl mercaptano.
- c. No es tóxico, solo desplaza el oxígeno, por lo que no es propio para respirarlo mucho tiempo.
- d. Es muy inflamable, cuando se escapa y se vaporiza se enciende violentamente con la menor llama o chispa.
- e. Excesivamente frío, por pasar rápidamente del estado líquido a vapor, por lo cual, al contacto con la piel producirá siempre quemaduras de la misma manera que lo hace el fuego.
- f. Es limpio, cuando se quema debidamente combinado con el aire, no forma hollín, ni deja mal sabor en los alimentos preparados con él.
- g. Es económico, por su rendimiento en comparación con otros combustibles.
- h. Es más pesado que el aire, por lo que al escaparse el gas, tenderá a ocupar las partes más bajas, como el piso, fosas y pozos que haya en el área.

El GLP (propano y butano) es un hidrocarburo que a temperatura ordinaria y presión atmosférica se encuentran en estado gaseoso. Tiene la propiedad de pasar al estado líquido al someterlo a una presión relativamente superior a la atmosférica, propiedad que le confiere la gran ventaja de poder ser almacenado en estado líquido, ocupando un volumen muy reducido, ver figura 1.2.



Figura 1.2. Almacenamiento de GLP en recipiente de presión

Para comprender las características físicas - químicas y propiedades del butano y propano, ver tabla 1.1., es necesario conocer que los mismos están compuestos por partículas extremadamente pequeñas en constante movimiento y a medida que aumenta la temperatura, más rápido es el movimiento de las partículas.

Tabla 1.1. **Propiedades del propano y butano**¹

PROPIEDADES	PROPANO	BUTANO
Presión de vapor en Kg/cm ² a 21° C	9.3	1.2
Presión de vapor en Kg/cm ² a 41° C	15.2	2.9
Densidad relativa del líquido a 16° C	0.509	0.582
Punto de ebullición inicial a 1 atm en ° C	-46	-9
Calor específico del líquido en Kcal/kg a 16 ° C	0.33	0.31
Metros cúbicos de vapor por líquido a 16 ° C	0.27	0.23
Metros cúbicos de vapor por Kg a 16 ° C	0.53	0.41
Densidad relativa del vapor a 16 ° C (aire=1)	1.52	2.01
Temperatura de ignición en el aire en ° C	493-605	482-538
Temperatura máxima de la llama en el aire en ° C	1.890	1.990
Límites de inflamabilidad en él a) Inferior	2.15	1.55

¹ OSINERGIM. (2011). Propiedades y características del gas licuado de petróleo. Perú.

Aire % del vapor mezcla aire-gas b) Superior	9060	8.60
Valor totales de calor a) Kcal/a1 (gas)	22.4	29.2
Después de la vaporización b) Kcal/1	11.83	11790
c) Kcal/1 (líquido)	6.095	6.793
Punto de ebullición normal	de - 159	a -160°
Densidad líquida a presión barométrica normal	de 0.42 a	0.48Kg/lts

Es importante señalar que el GLP no es tóxico, pero es inflamable en concentraciones normales de oxígeno en el aire. El GLP es un líquido incoloro e inodoro que fácilmente transforma en gas, sin embargo, por razones de seguridad es necesario que estos gases posean un olor característico de fácil identificación en caso de fuga. Esto se consigue adicionando pequeñas cantidades de productos de olor fuerte derivados del azufre.

El comportamiento de GLP dentro de recipientes obedece a características tales como la densidad, la relación líquido – vapor, la presión y temperatura, considerando que coexistan las fases, permanecerán equilibradas siempre y cuando la temperatura del ambiente permanezca estable y las condiciones de operaciones y conservación de los recipientes sean apropiadas.

El GLP se mantiene en forma líquida en el recipiente debido a que se encuentra sometida a una presión superior a la atmosférica. Cuando este producto entra en contacto con el ambiente, se transforma en gas aumentando el volumen, determinado en 262 veces. Las condiciones técnicas generales expresadas, ayudarán en el control de emergencias por escape de gas.

1.1.3. LICUEFACCIÓN DEL GAS

El gas al ser comprimido y enfriado se condensa hasta convertirse en líquido, en cuyo estado se le transporta y maneja desde las refinerías, a las plantas de almacenamiento y de estas a los usuarios, ya sea por auto-tanques o recipientes

portátiles, en donde el gas sale en estado de vapor para poder ser utilizado en calderas y aparatos domésticos.

Nota: Un litro de gas líquido pesa aproximadamente $\frac{1}{2}$ Kg. (Un litro de agua pesa 1 Kg). Un litro de gas líquido se transforma en 270 litros de vapor de gas, ver figura 1.3.

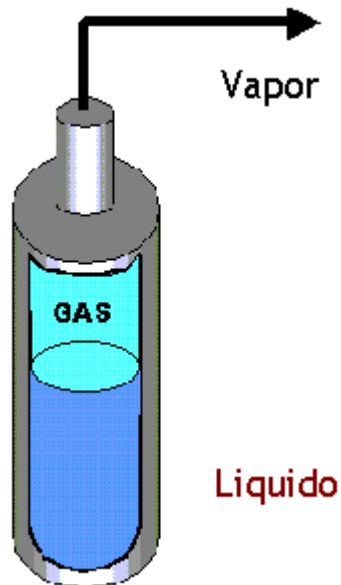


Figura 1.3. Etapas de GLP dentro y fuera del recipiente de presión

1.2 EL TANQUE PARA ALMACENAMIENTO DE GLP

El recipiente o tanque para almacenamiento de GLP está diseñado para soportar a cargas internas que causan esfuerzos en las diferentes partes del recipiente. El tipo e intensidad de los esfuerzos es función del tipo de cargas, de la forma de su construcción, ver figura 1.4.

Si se dispusiera almacenar gas licuado de petróleo a presión atmosférica, se requerirían tanques que mantuvieran una temperatura de -42°C , con toda la

complejidad que ello implica. Por esto, se utilizan recipientes a presión con forma esférica o cilíndrica que trabajan a una presión interior de 15 kg/cm² aprox. y a temperatura ambiente.



Figura 1.4. Recipientes cilíndricos para almacenamiento de GLP

Estos recipientes se diseñan de acuerdo a normas API, que consideran el diseño del recipiente a presión como lo hace el Código ASME sección VIII.

La línea de llenado ingresa al recipiente por la parte superior y la de aspiración toma producto por la parte inferior. Por norma de seguridad, deben contar con válvulas de bloqueo de accionamiento remoto para el caso de siniestros que pudieran ocurrir.

Como todo recipiente crítico a presión, deben contar con doble válvula de seguridad independientes, doble sistema para la lectura de nivel independiente, dos medios independientes para la lectura de presión.

Estos recipientes no utilizan ningún sistema para el vaciado o llenado. Esto se debe a que se trabaja con el equilibrio líquido –vapor del GLP que haya en su interior.

Al bajar la presión (vaciado), más producto pasa a la fase vapor. Durante el llenado, el aumento de presión hace que el producto vuelva a la fase líquida. La presión es aproximadamente constante.

1.2.1 TIPOS DE RECIPIENTES A PRESIÓN PARA ALMACENAMIENTO DE GLP²

Existen varios tipos de recipientes para almacenamiento de GLP los cuales se diseñan según las especificaciones de uso y necesidades de almacenamiento del producto. Los tipos de recipientes se clasifican en:

1.2.1.1 Por su forma

Los recipientes a presión pueden ser cilíndricos o esféricos. Los primeros son horizontales o verticales y pueden tener en algunos casos, chaquetas para incrementar o decrecer la temperatura de los fluidos según sea el caso.

Los esféricos se utilizan generalmente como tanques de almacenamiento, y se recomiendan para almacenar grandes volúmenes esféricos a altas presiones. Puesto que la forma esférica es la forma natural que toman los cuerpos al ser sometidos a presión interna esta sería la forma más económica para almacenar fluidos a presión sin embargo en la fabricación de estos es mucho más cara a comparación de los recipientes cilíndricos.

Los tipos más comunes de recipientes pueden ser clasificados de acuerdo a su geometría como:

a. Recipientes abiertos: Los recipientes abiertos son comúnmente utilizados como tanque igualador o de oscilación como tinas para dosificar operaciones donde los materiales pueden ser decantados como: desecadores, reactores químicos, depósitos, etc.

² ORIA L. (2011). Diseño de Recipientes a Presión. México.

Obviamente este tipo de recipiente es más que el recipiente cerrado de una misma capacidad y construcción. La decisión de que un recipiente abierto o cerrado es usado dependerá del fluido a ser manejado y de la operación. Estos recipientes son fabricados de acero, cartón, concreto, etc. Sin embargo en los procesos industriales son construidos de acero por su bajo costo inicial y fácil fabricación.

b. Recipientes cerrados: Fluidos combustibles o tóxicos o gases finos deben ser almacenados en recipientes cerrados. Sustancias químicas peligrosas, tales como ácidos o sosa cáustica son menos peligrosas si son almacenadas en recipientes cerrados. De los cuales tenemos los siguientes:

c. Tanques cilíndricos de fondo plano: El diseño en el tanque cilíndrico vertical operando a la presión atmosférica, es el tanque cilíndrico con un techo cónico y un fondo plano descansando directamente en una cimentación compuesta de arena, grava o piedra triturada.

En los casos donde se desea usar una alimentación de gravedad, el tanque es levantado arriba del terreno y el fondo plano debe ser incorporado por columnas y vigas de acero.

d. Recipientes cilíndricos horizontales y verticales con cabezas formadas: Son usados cuando la presión de vapor del líquido manejado puede determinar un diseño más resistente. Varios códigos han sido desarrollados o por medio de los esfuerzos del API y el ASME para gobernar el diseño de tales recipientes. Una gran variedad de cabezas formadas son usadas para cerrar los extremos de los recipientes cilíndricos. Las cabezas formadas incluyen la semiesférica, elíptica, toriesférica, cabeza estándar común y toricoidal.

Para propósitos especiales de placas planas son usadas para cerrar un recipiente abierto. Sin embargo las cabezas planas son raramente usadas en recipientes grandes.

e. Recipientes esféricos: El almacenamiento de grandes volúmenes bajo presiones materiales son normalmente de los recipientes esféricos. Las capacidades y presiones utilizadas varían grandemente. Para los recipientes mayores el rango de capacidad es de 1000 hasta 25000 Psi (70.31 - 1757.75 Kg/cm²).

Y de 10 hasta 200 Psi (0.7031 - 14.06 Kg/cm²) para los recipientes menores.

Cuando una masa dada de gas esta almacenada bajo la presión es obvio que el volumen de almacenamiento requerido será inversamente proporcional a la presión de almacenamiento.

En general cuando para una masa dada, el recipiente esférico es más económico para grandes volúmenes y bajas presiones de operación, a presiones altas de almacenamiento, el volumen de gas es reducido y por lo tanto en tipo de recipientes cilíndricos es más económico.

1.2.2 TIPOS DE TAPAS DE RECIPIENTES BAJO PRESIÓN INTERNA

Los recipientes sometidos a presión pueden estar contruidos por diferentes tipos de tapas o cabezas. Cada una de estas es más recomendable a ciertas condiciones de operación y costo monetario.

1.2.2.1. Tapas planas

Se utilizan para recipientes sujetos a presión atmosférica, generalmente, aunque en algunos casos se usan también en recipientes a presión. Su costo entre las tapas es el más bajo. Se utilizan también como fondos de tanques de almacenamiento de grandes dimensiones.

1.2.2.2. Tapas toriesféricas

Son las de mayor aceptación en la industria, debido a su bajo costo y a que soportan grandes presiones manométricas, su característica principal es que el radio del abombado es aproximadamente igual al diámetro. Se pueden fabricar en diámetros desde 0.3 hasta 6 mts. (11.8 - 236.22 pulgs.).

1.2.2.3. Tapas semielípticas

Son empleadas cuando el espesor calculado de una tapa toriesférica es relativamente alto, ya que las tapas semielípticas soportan mayores presiones que las toriesféricas. El proceso de fabricación de estas tapas es troquelado, su silueta describe una elipse relación 2:1, su costo es alto.

1.2.2.4. Tapas semiesféricas

Utilizadas exclusivamente para soportar presiones críticas, como su nombre lo indica, su silueta describe una media circunferencia perfecta, su costo es alto y no hay límite dimensional para su fabricación.

1.2.2.5. Tapa 80:10

Es un modelo utilizado en países en los cuales no se cuentan con prensas lo suficientemente grande, para troquelar tapas semielípticas de dimensiones relativamente grandes, hemos optado por fabricar este tipo de tapas, cuyas características principales son: El radio de abombado es el 80% de diámetro y el radio de esquina o de nudillos es igual a el 10% del diámetro.

1.2.2.6. Tapas cónicas

Se utilizan generalmente en fondos donde pudiese haber acumulación de sólidos y como transiciones en cambios de diámetro de recipientes cilíndricos. Su uso es muy común en torres fraccionadoras o de destilación, no hay límites en cuanto a dimensiones para su fabricación y su única limitación consiste en que el ángulo de vértice no deberá de ser calculado como tapa plana.

1.2.2.7. Tapas toricónicas

A diferencia de las tapas cónicas, este tipo de tapas tienen en su diámetro, mayor radio de transición que no deberá ser menor al 6% del diámetro mayor ó 3 veces el espesor. Tiene las mismas restricciones que las cónicas.

1.2.2.8. Tapas planas con ceja

Estas tapas se utilizan generalmente para presión atmosférica, su costo es relativamente bajo, y tienen un límite dimensional de 6 mts de diámetro máximo.

1.2.2.9. Tapas únicamente abombadas

Son empleadas en recipientes a presión manométrica relativamente baja, su costo puede considerarse bajo, sin embargo, si se usan para soportar presiones relativamente altas, será necesario analizar la concentración de esfuerzos generada, al efectuar un cambio brusco de dirección.

1.2.3. TIPOS DE CARGAS

Las cargas pueden ser debidas a:

- a. Presión interna o externa.
- b. Peso del recipiente y su contenido.
- c. Reacciones estoicas del equipo auxiliar, tubería, revestimiento, aislamiento, piezas internas, apoyos.
- d. Reacciones cíclicas y dinámicas debidas a la presión o a las variaciones térmicas.
- e. Presión del viento y fuerzas sísmicas.
- f. Reacciones por impacto debido a choque hidráulico.
- g. Gradientes de temperatura y expansión térmica diferencial.

1.2.4. TIPOS DE ESFUERZOS PRODUCIDOS EN UN TANQUE DE GLP

- a. Esfuerzo circunferencial y longitudinal a la tracción.
- b. Esfuerzo longitudinal a la Compresión.
- c. Esfuerzos primarios.
- d. Esfuerzo primario general inducido por cualquier combinación de cargas.
- e. Esfuerzo primario de membrana más esfuerzo primario de flexión inducido por combinación de cargas.
- f. Esfuerzo primario general de membrana inducido por la combinación de sismo o de la presión del viento con otras cargas.

1.2.5. PARTES Y ACCESORIOS DE UN TANQUE DE GLP

Los accesorios para los tanques deberán fabricarse con materiales apropiados para el servicio con GLP y deberán resistir la acción del mismo bajo condiciones de servicio, ver figura 1.5.

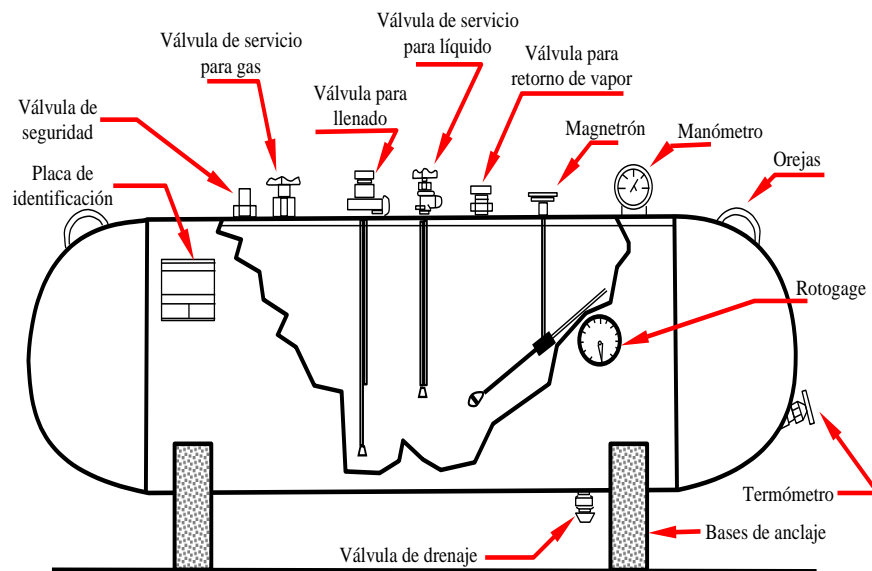


Figura 1.5. Accesorios de tanque a presión para GLP³

Todo recipiente a presión está formado por la envolvente, dispositivos de sujeción o apoyo del propio equipo, conexiones por las que entran y salen los fluidos, elementos en el interior y accesorios en el exterior del recipiente.

A continuación se procede a describir brevemente cada una de estas partes:

1.2.5.1. Envolvente

Es una envoltura metálica que forma propiamente el recipiente. Como ya se ha indicado, los aparatos cilíndricos son los más utilizados, y en ellos la envolvente está formada, básicamente, por dos elementos: la parte cilíndrica o cubierta (carcasa) y los fondos o cabezales. Si la cubierta está constituida por varios cilindros de diversos diámetros, la unión entre ellos se realiza generalmente por figuras troncocónicas que realizan la transición.

³ RAYOGAS. (2009) .Instructivo de tanques e instalaciones. Colombia

1.2.5.2. Cubierta

La cubierta está formada por una serie de virolas soldadas unas con otras, entendiéndose por virola un trozo de tubería o una chapa que convenientemente curvada y soldada forma un cilindro sin soldaduras circunferenciales. La unión de varias virolas forma la cubierta, de forma que la suma de las alturas de los cilindros obtenidos por las virolas sea la requerida por la cubierta.

1.2.5.3. Cabezales

Los cabezales o fondos son las tapas que cierran la carcasa. Normalmente son bombeados, existiendo una gran diversidad de tipos entre ellos, y como excepción existen los fondos cónicos y planos, de muy reducida utilización. Todos estos fondos se realizan a partir de chapa, a la que mediante estampación se le da la forma deseada, salvo el caso de fondos cónicos y planos.

1.2.5.4. Dispositivos de sujeción o apoyo

Todo recipiente debe ser soportado, es decir, su carga debe ser transmitida al suelo o alguna estructura que las transmita al suelo; esta misión la cumplen los dispositivos de sujeción o apoyo. Las cargas a las que está sometido el recipiente y que transmitirá al suelo a través de su apoyo son:

- a. Peso propio.
- b. Peso del líquido en operación normal, o agua en la prueba hidráulica.
- c. Peso de todos los accesorios internos y externos.
- d. Cargas debidas al viento.
- e. Cargas debidas al terremoto.

Los dispositivos de apoyo, así como los pernos de anclaje que los fijan al suelo o estructura portante, deberán estar dimensionados para que resistan cada una de las condiciones de carga posible del recipiente.

1.2.5.5. Patas

Con este tipo de dispositivo de sujeción el recipiente se apoya en 3 o 4 patas soldadas a la cubierta. Estas patas son perfiles en L-U-I soldados por encima de la línea de soldadura, bien directamente a la cubierta o bien a una placa de refuerzo soldada sobre el recipiente; la primera solución se utiliza para cubiertas en acero al carbono y de pequeño peso, mientras que la segunda se utiliza para cubiertas en acero aleado o recipientes de gran peso; en esta segunda solución el material de la placa es igual al de la cubierta y las patas son de acero al carbono.

1.2.5.6. Faldón cilíndrico o cónico

En los recipientes que no pueden ser soportados por patas, bien sea por su tamaño o por tener que transmitir esfuerzos grandes, se utilizan los faldones cilíndricos, consistentes en un cilindro soldado al fondo. Con este tipo de apoyo la carga se reparte uniformemente a lo largo del perímetro de la circunferencia de soldadura, evitando concentraciones de esfuerzos en la envolvente y disminuyendo la presión transmitida al suelo.

Este tipo de apoyo es el más utilizado para torres, reactores y recipientes de tamaño medio y grande.

Al diseñar los faldones se debe tener en cuenta que ha de incluirse un acceso a su interior (dimensiones mínimas de 600 mm de diámetro) y unas ventilaciones para evitar la acumulación de gases en su parte interna.

1.2.5.7. Conexiones

Todo recipiente debe tener como mínimo una conexión de entrada del fluido y otra de salida, aunque siempre tienen muchas más. Seguidamente se indican los servicios más comunes que precisan conexiones en el recipiente:

- a. De entrada y salida de fluidos.
- b. Para instrumentos, como manómetros, termómetros, indicadores o reguladores de nivel.
- c. Para válvula de seguridad.
- d. Para servicios tales como drenaje, venteo, de limpieza, paso de hombre, paso de mano, etc.

Salvo en casos excepcionales, las conexiones se realizan embridadas, ya que permiten su montaje y desmontaje sin tener que realizar ningún corte ni soldadura. Solamente en casos de fluidos extremadamente tóxicos, o altamente explosivos en contacto con el aire, se realizan las conexiones soldadas.

Las diversas partes que conforman la conexión embridada son las siguientes:

- a. Tubuladura.
- b. Placas de refuerzo.
- c. Brida.
- d. Pernos y tuercas.
- e. Juntas o guarniciones.
- f. Tapas o bridas ciegas para las conexiones de servicios.

1.2.5.8. Accesorios externos

En la parte exterior de la envolvente van soldados numerosos accesorios, de los cuales indicaremos los más comunes:

- a. Soportes de instalación del aislamiento: Cuando la temperatura del fluido interior es superior a 60° C, o bien inferior a 0° C, se debe instalar un aislante para impedir la pérdida de calor o evitar el calentamiento del interior, así como por protección personal. Para poder aplicar el aislamiento se sueldan unos anillos que servirán de soporte de las mantas de aislamiento.
- b. Anclajes para aplicación de protección contra incendios: Si un equipo está instalado en una zona donde existe peligro de incendio, se aplica a su parte inferior (soporte normalmente) un cemento que los protege del fugo. Para aplicar este cemento se sueldan unos anclajes que sirven de soporte del cemento anti fuego.
- c. Soportes de escalera y plataformas: Cuando se prevé instalar escaleras y plataformas, se sueldan unas pequeñas placas en la envolvente (clips), a las que se atornillan estas escaleras y plataformas para su sujeción.
- d. Soportes para tuberías: De igual forma que para las escaleras se instalan unos clips para la suportación de las tuberías que bajan a lo largo del recipiente.
- e. Pescantes: Si el recipiente contiene elementos pesados en su interior, como platos, rellenos, etc., es necesario instalar un pescante en la parte superior del equipo para facilitar la instalación la retirada de dichos elementos.

1.2.5.9. Abertura o boca de visita (“manhole”)

Es la parte integral del tanque destinado a la revisión y control interno del mismo, ubicado en su cabeza posterior, ver figura 1.6.



Figura 1.6. Manhole

Debe tener un “manhole” que cumpla con lo establecido en los requisitos aplicables del Código ASME, excepto cuando un tanque se construya de acero NQT(no templado) y que tenga una capacidad de 13 249 L (3 500 galones americanos) de agua o menos, puede estar provisto por una abertura para inspección en vez del “manhole”, de acuerdo con el párrafo UG-46 y otros requisitos aplicables del Código ASME.

1.2.5.10. Placa de Identificación

El tanque contará con una placa metálica de identificación de acero inoxidable adherida al cuerpo y ubicada de tal forma que permanezca visible después de que el tanque sea instalado.

- a. La placa metálica se adherirá de forma tal que se minimice la corrosión de la misma o sus medios de sujeción y no contribuya a la corrosión del tanque.
- b. Cuando el tanque se encuentre enterrado, semienterrado, aislado o cubierto de otra forma, de manera tal que la placa de identificación se encuentre inaccesible, la información que contiene la placa deberá duplicarse e instalarse en una tubería adyacente o en una estructura ubicada en un lugar visible.

- c. Los tanques deberán marcarse con la siguiente información, ver figura 1.7.⁴
- El tipo de servicio para el cual el tanque fue diseñado.
 - Nombre y dirección del fabricante.
 - Capacidad de agua equivalente.
 - Presión de diseño.
 - Especificar el producto a la presión máxima y temperatura máxima a almacenar.
 - La superficie exterior en metros cuadrados o pies cuadrados.
 - Año de fabricación
 - Espesor del cuerpo y cabezales.
 - Largo total (OL), Diámetro exterior (OD), Diseño de cabezal (HD).
 - Número de serie del fabricante.
 - Mínima temperatura de diseño del metal a la máxima presión de Operación Permitida.
 - Tipo de construcción.
 - 100 % de radiografiado.



Figura 1.7. Placa de identificación para los recipientes a presión

⁴ The American of Mechanical Engineers Society. (2013). Código ASME Sección VIII, Diseño, Fabricación e Inspección de Tanques y Recipientes de Presión. Estados Unidos. A.S.M.E.

1.2.5.11. Manómetro

Su función es la de marcar la presión del sistema, con el objetivo de que el operario sepa la cantidad de GLP está manejando, ver figura 1.8.



Figura 1.8. Manómetro

Esta información se obtiene ya que a medida que se consume el gas del depósito la presión del sistema desciende. Este instrumento resulta de suma importancia ya que además de indicar el nivel de GLP que se tiene en el tanque, se puede también comprobar la presión de funcionamiento del sistema dentro de los rangos de tolerancia.

1.2.5.12. Termómetro

Según la Norma NFPA 58 el tanque de almacenamiento de GLP debe constar de un termómetro bimetálico roscado de dial, con un intervalo de -40°C a 50°C y precisión de 1°C . el cual debe estar ubicado de preferencia en una distancia cercana al rotogage o medidor de volumen del tanque, ver figura 1.9.)



Figura 1.9. Termómetro

1.2.5.13. Válvula de alivio de presión (válvula de seguridad)

La válvula de seguridad para el tanque deberá activarse a un valor no menor que el flujo antes que la presión supere el 120 % del ajuste mínimo de presión de inicio de apertura permitido para el dispositivo. Ajuste de inicio de apertura 250 PSIG, conforme a la presión de diseño del Tanque Norma ASME.

Cada válvula de seguridad estará marcada de modo claro y permanente con lo siguiente:

- a. La presión manométrica se indica en PSIG del ajuste de inicio de apertura de la válvula.
- b. La capacidad de flujo nominal en pies cúbicos por minuto de aire a 16 °C (60 °F) y (14,7 PSIA).
- c. El nombre y el número del catálogo del fabricante.

Las válvulas de seguridad estarán diseñadas para minimizar la posibilidad de que sea alterado su ajuste y varían de acuerdo a las necesidades, ver figura 1.10.

Las válvulas fijadas o ajustadas externamente deberán estar provistas de medios apropiados que permitan precintar (sellar) el ajuste.



Figura 1.10. Válvula de alivio de presión

1.2.5.14. Válvula de Llenado

Accesorio que permite el llenado rápido de GLP en fase líquida al tanque estacionario y que posee doble cierre de retención.

1.2.5.15. Multiválvulas

Accesorio del tanque de GLP que puede albergar los siguientes elementos:

- a. Conexión para servicio.
- b. Indicador de máximo llenado, tubo de profundidad fijo con una válvula de purga, que al despedir gas líquido lo vaporiza y condensa la humedad del aire en forma de neblina, constituyendo esta un aviso visual de que el tanque ha alcanzado su porcentaje máximo de llenado.
- c. Conexión para manómetro de presión, orificio normalmente de 1/4 pulgada NPT según ASME B1.20.1 para permitir la lectura de la presión del GLP del depósito.
- d. Conexión para retorno de vapor.
- e. Conexión de llenado.
- f. Válvula de alivio de presión o de seguridad.
- g. Indicador de nivel.

Esta multiválvula compacta es especialmente apropiada para extracción de vapores de donde son necesarias las agrupaciones compactas de componentes.

Se requiere válvula separada de llenado y de alivio de presión. La multiválvula con MultiBonete permite la fácil y rápida reparación del bonete.

1.2.5.16. Válvula de drenaje CHEK –LOK

Es empleada para la extracción de GLP en fase líquida en caso sea necesario el retiro o transferencia de productos, así como cualquier impureza o agua acumulada en el tanque. Están diseñadas para ser usadas en instalaciones permanentes, siempre y cuando el exceso de flujo sea el adecuado para el sistema y la tubería.

1.2.5.17. Medidor de flotador (rotogage)

Medidor construido con una boya tipo flotador y palanca, instalada en el interior del recipiente, que flota en la superficie del líquido y transmite su posición a un dispositivo en el exterior del recipiente, indicando el nivel del líquido existente en el depósito o recipiente, ver figura 1.11.



Figura 1.11. Rotogage

Se encuentra fijado al depósito a través de tornillos, durante su ensamblaje se deberá respetar su posicionamiento.

Está compuesto por un cuerpo, y su eje está unido a un flotador, la parte superior del eje posee un imán, sobre el cual se coloca el transmisor cursor.

Su funcionamiento es gracias a un sistema flotante con reenvío de ángulo que hace girar un eje y un imán en el interior del cuerpo.

El movimiento se transmite magnéticamente a un cursor que se desplaza en una pista resistiva.

1.2.6. TUBERÍAS Y ACCESORIOS

Las tuberías para el transporte de GLP hacia los equipos de consumo serán de cobre Tipo L, métodos de fabricación y pruebas de acuerdo a la Norma ASTM B-88, aleación al 99.9% de pureza, sin costura recomendada para conducción de GLP a presión, temple duro, factor de seguridad 5, longitud de 6 m.

El sistema de abastecimiento con reguladores de dos etapas está diseñado para que el vapor de GLP enviado por las tuberías hacia el interior del edificio no sea a presiones mayores que 138 kPa (20 psig), excepto donde sea permitido para los sistemas de tuberías. Los sistemas de tuberías de vapor de GLP aguas abajo del regulador de primera etapa será dimensionado de modo que todos los artefactos funcionen según las especificaciones de sus respectivos fabricantes.

Los accesorios para tuberías metálicas deberán tener una presión mínima nominal de acuerdo con lo especificado en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Rango de presión servicio de tuberías, accesorios

SERVICIO	PRESIÓN MÍNIMA
GLP líquido o vapor de GLP a una presión de operación mayor a 0.9 Mpa manométrica (125 psig) y a una presión igual o menor que del tanque.	1.7 Mpa manométrica (250 psig)
GLP valor de una presión de operación de 0.9 Mpa manométrica (125 psig) o menor	0.9 Mpa manométrica (125 psig)

1.2.6.1. Válvulas de corte

Las válvulas de corte son accesorios manuales empleados para interrumpir y controlar las partes de la red. Serán fabricadas de tipo bola, roscadas, material de bronce, estancas al exterior en todas sus posiciones, herméticas en su posición cerrada, conexión de entrada y salida 1/2" NPT F, presentan paso recto y completo de flujo, de cierre rápido basta solo girar un 1/4 de vuelta de la manija, el sentido de flujo se determina de acuerdo a su posición.

1.2.6.2 Mangueras

Las mangueras, conexiones para manguera y conexiones flexibles, serán fabricados de un material que sea resistente a la acción del GLP tanto líquido como vapor.

Si se utiliza malla de alambre como refuerzo, este deberá ser de un material resistente a la corrosión tal como el acero inoxidable.

Las mangueras, conexiones para mangueras y conexiones flexibles usadas para transportar el GLP líquido o vapor a presiones que exceda de 34 kPa manométrica (5 psig), deberán cumplir con lo siguiente:

- a. Las mangueras deberán ser diseñadas para trabajar a una presión de 2,4 MPa manométrica (350 psig) con un factor de seguridad de 5 a 1 y deberán ser marcadas continuamente con GLP, Gas LP, propano, presión de trabajo 350 PSI, y con el nombre del fabricante o marca registrada.
- b. Las mangueras ensambladas después de la aplicación de los acoples, deberán tener una capacidad de diseño no menor de 4,8 MPa manométrica (700 psig).
- c. Si se realiza una prueba de presión, tal montaje deberá ser probado a una presión de 120 % de la presión máxima de trabajo [24 MPa manométrica (350 psig) mínimo] de la manguera.
- d. La manguera montada deberá ser sometida a ensayo de fugas en la instalación, a no menos de la presión de operación del sistema en el cual se instalen.

1.2.6.3 Accesorios de conexión para las instalaciones de GLP

Las bridas serán RF con un acabado espiral de acuerdo a la especificación ANSI B.16.5. Las bridas con cuello para soldar deben ser usadas para los tubos de 2 " y mayores, para todo servicio.

Todos los codos de 90° con extremos biselados para soldar deberán ser de radio largo. Los acoples usados para las derivaciones deberán ser soldados completamente con penetración total hasta alcanzar la totalidad del espesor de pared de la tubería.

Los Threadolets o acoples roscados de 3/4" o menores se podrán usar para conexiones a toma muestras, manómetros, conexiones de prueba y de instrumentos. Los reductores excéntricos (el lado recto hacia arriba) serán usados en el lado de succión de las bombas.

1.3. MATERIALES PARA RECIPIENTES A PRESION

1.3.1. ESPECIFICACIONES DE LOS ACEROS.

Los aceros al carbón y de baja aleación son usualmente usados donde las condiciones de servicio lo permitan por los bajos costos y la gran utilidad de estos aceros.

Los recipientes a presión pueden ser fabricados de placas de acero conociendo las especificaciones de SA-7, SA-113 C y SA-283 A, B, C, y D, con las siguientes consideraciones:

- a. Los recipientes no contengan líquidos ó gases letales.
- b. La temperatura de operación está entre -20 y 650°F.
- c. El espesor de la placa no exceda de 5/8"
- d. El acero sea manufacturado por horno eléctrico u horno abierto.
- e. El material no sea usado para calderas.

Uno de los aceros más usados en los propósitos generales en la construcción de recipientes a presión es el SA-283 C.

Estos aceros tienen una buena ductilidad, fusión de soldadura y fácilmente máquinables. Este es también uno de los aceros más económicos apropiados para recipientes a presión; sin embargo, su uso es limitado a recipientes con espesores de placas que no excedan de 5/8" para recipientes con un gran espesor de cascarón y presión de operación moderadas el acero SA-285 C es muy usado. En el caso de presiones altas o diámetros largos de recipientes, un acero de alta resistencia puede ser usado como el acero SA-212 B es conveniente para semejantes aplicaciones y requiere un espesor de cascarón de solamente de

790% que el requerido por el SA-285 C. Este acero es también fácilmente fabricado pero es más caro que otros aceros.

El acero SA-283 no puede ser usado en aplicaciones con temperaturas sobre 650°F; el SA-285 no puede ser usado en aplicaciones con temperaturas que excedan de 900°F, y el SA-212 tiene muchos esfuerzos permisibles bajos en las temperaturas más altas, por lo que el acero para temperaturas entre 650 y 1000°F.

El acero SA-204, el cual contiene 0.4 a 0.6% de molibdeno es satisfactorio y tiene buenas cualidades. Para temperaturas de servicio bajas (-50 a -150°F) un acero niquelado tal como un SA-203 puede ser usado. Los esfuerzos permisibles para estos aceros no están especificados por temperaturas bajas de -20°F. Normalmente el fabricante hace pruebas de impacto para determinar la aplicación del acero y fracturas a bajas temperaturas.

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de relevante importancia, para lo cual necesitamos definir una secuencia lógica para la selección de estos.

1.4. CLASES DE MATERIALES

El código ASME indica la forma de suministro de los materiales más utilizados. A continuación se dan algunos ejemplos de materiales, su especificación y forma de suministro.

Debido a la existencia de diferentes materiales disponibles en el mercado, en ocasiones no resulta sencilla la tarea de seleccionar el material ya que deben considerarse varios aspectos como costos, disponibilidad de material, requerimientos de procesos y operación, facilidad de formato, etc.

1.4.1. ACEROS AL CARBÓN

Es el más disponible y económico de los aceros, recomendables para la mayoría de los recipientes donde no existen altas presiones ni temperaturas, ver figura 1.12.



Figura: 1.12. Láminas de acero al carbón

1.4.2. ACEROS DE BAJA ALEACIÓN

Son aceros que contienen bajos porcentajes de elementos de aleación como níquel, cromo, etc. Y en general están fabricados para cumplir condiciones de uso específico. Son un poco más costosos que los aceros al carbón. Por otra parte no se considera que sean resistentes a la corrosión, pero tienen mejor comportamiento en resistencia mecánica para rangos más altos de temperaturas respecto a los aceros al carbón, ver figura 1.13.



Figura: 1.13. Láminas de acero de baja aleación

1.4.3. ACEROS DE ALTA ALEACIÓN

Comúnmente llamados aceros inoxidable. Su costo en general es mayor. El contenido de elementos de aleación es mayor, lo que ocasiona que tengan alta resistencia a la corrosión, ver figura 1.14.



Figura: 1.14. Láminas de acero de alta aleación

1.4.4. MATERIALES NO FERROSOS

El propósito de utilizar este tipo de materiales es con el fin de manejar sustancias con alto poder corrosivo para facilitar la limpieza en recipientes que procesan alimentos y proveen tenacidad en la entalla en servicios a baja temperatura, ver figura 1.15.



Figura: 1.15. Láminas de material no ferroso

1.5. PROPIEDADES QUE DEBEN TENER LOS MATERIALES

1.5.1. PROPIEDADES MECÁNICAS

Al considerar las propiedades mecánicas del material es deseable que tenga buena resistencia a la tensión, alto nivel de cedencia, por cierto de alargamiento alto y mínima reducción de área. Con estas propiedades principales se establecen los esfuerzos de diseño para el material en cuestión.

1.5.2. PROPIEDADES FÍSICAS

En este tipo de propiedades se buscará que el material deseado tenga coeficiente de dilatación térmica.

1.5.3. PROPIEDADES QUÍMICAS

La principal propiedad química que debemos considerar en el material que utilizaremos en la fabricación de recipientes a presión es su resistencia a la corrosión. Este factor es de muchísima importancia ya que un material mal seleccionado nos causará muchos problemas, las consecuencias que se derivan de ello son:

- a. **Reposición del equipo corroído.-** Un material que no sea resistente al ataque corrosivo puede corroerse en poco tiempo de servicio.
- b. **Sobre diseño en las dimensiones.-** Para materiales poco resistentes al ataque corrosivo puede ser necesario dejar un excedente en los espesores dejando margen para la corrosión, esto trae como consecuencia que los equipos resulten más pegados, de tal forma que encarecen el diseño además de no ser siempre la mejor solución.

- c. **Mantenimiento preventivo.-** Para proteger los equipos del medio corrosivo es necesario usar pinturas protectoras.
- d. **Paros debido a la corrosión de equipos.-** Un recipiente a presión que ha sido atacado por la corrosión necesariamente debe ser retirado de operación, lo cual implica las pérdidas en la producción.
- e. **Contaminación o pérdida del producto.-** Cuando los componentes de los recipientes a presión se han llegado a producir perforaciones en las paredes metálicas, los productos de la corrosión contaminan el producto, el cual en algunos casos es corrosivo.

1.5.4. SOLDABILIDAD

Los materiales usados para fabricar recipientes a presión deben tener buenas propiedades de soldabilidad, dado que la mayoría de los componentes son de construcción soldada. Para el caso en que se tengan que soldar materiales diferentes entre él, estos deberán ser compatibles en lo que a soldabilidad se refiere. Un material, cuando más elementos contenga, mayores precauciones deberán tomarse durante los procedimientos de soldadura, de tal manera que se conserven las características que proporcionan los elementos de aleación.

1.6. EVALUACION DE LOS MATERIALES

- a. Vida estimada de la planta.
- b. Duración estimada del material.
- c. Confiabilidad del material.
- d. Disponibilidad y tiempo de entrega del material.
- e. Costo del material.
- f. Costo de mantenimiento e inspección.

1.7. SOLDADURA PARA TANQUES A PRESION PARA ALMACENAMIENTO DE GLP⁵

Las normas están específicas para construcción de tanques a presión están hechas para servir de guía en las operaciones de la soldadura, en las cuales se emplean soldadores calificados. Incluye las aplicaciones, el procedimiento o procedimientos a usarse, las prácticas recomendadas, la clasificación del personal de soldadura, y normas de inspección y aceptabilidad, ver figura 1.16.



Figura 1.16. Soldadura en tanques de acero

Reconociendo que los fundamentos de estas guías no cubren todas las condiciones especiales o aisladas posibles, los principios básicos aquí expuestos, podrán aplicarse de manera general y tienden al logro de una soldadura mejor.

Todas las soldaduras se realizarán en un todo de acuerdo con las normas AWS (American Welding Society) en cuanto a los materiales de aporte utilizados y con el Código ASME Sección VIII y IX en lo referente a métodos y procedimientos de soldadura.

⁵ OERLIKON. (2004). Manual de Soldadura. Perú.

Para la soldadura de envolvente y casquetes se utilizará la forma “a tope” de penetración y fusión completa. El procedimiento de soldadura más moderno, seguro y rápido es el de Arco Sumergido (SAW) ó soldadura Automática.

Una de las prácticas más comunes para soldadura de ambos lados es, con bisel en X (2/3 ext. /1/3 int.), realizando desde la cara interna la soldadura que hará de respaldo al SAW. Este respaldo, se realizará mediante procedimiento manual con electrodo revestido (SMAW), efectuando las pasadas necesarias s/espesor (s) ó bien con Semiautomática de alambre macizo (GMAW ó tubular (FCAW), en ambos casos con el modo de transferencia globular. Posteriormente, repelada la raíz, se efectuarán las pasadas externas de SAW que sean necesarias para completar la soldadura.

Si no es posible el acceso al interior del tanque, se utilizará bisel del tipo “V”, para soldar totalmente desde el exterior. Para este tipo de soldadura, es imprescindible utilizar un procedimiento adecuado que asegure la completa penetración; a este efecto, la raíz se efectuará preferentemente con el procedimiento TIG (GTAW ó bien con SMAW utilizando el clásico electrodo celulósico E-6010.

Eventualmente se podrá colocar un anillo interno de respaldo que quedará incorporado en forma permanente a la soldadura al soldar desde el exterior con el proceso SAW ó con otro procedimiento. En todos los casos, los procedimientos, siempre deberán estar calificados bajo ASME IX. Las restantes uniones menores (conexiones, refuerzos, etc.) podrán realizarse con SMAW ó GMAW, utilizando material de aporte acorde a lo especificado por AWS.⁶

Para cada forma y tipo de junta que se adopte y según sea el grado de control radiográfico que se efectúe, el Código ASME establece el valor de la eficiencia de

⁶ The American of Mechanical Engineers Society. (2013).Código ASME Sección IX
Calificación de procedimientos de soldadura y soldadores. Estados Unidos. A.S.M.E

junta E que interviene en el denominador de la fórmula de cálculo del espesor de pared del recipiente. Para el mismo tipo de junta, a mayor control mayor será el E permitido y consecuentemente, menor será el espesor mínimo requerido. Ver (Anexo 5)

CAPÍTULO 2

MANTENIMIENTO

CAPÍTULO 2. MANTENIMIENTO

2.1 INTRODUCCIÓN

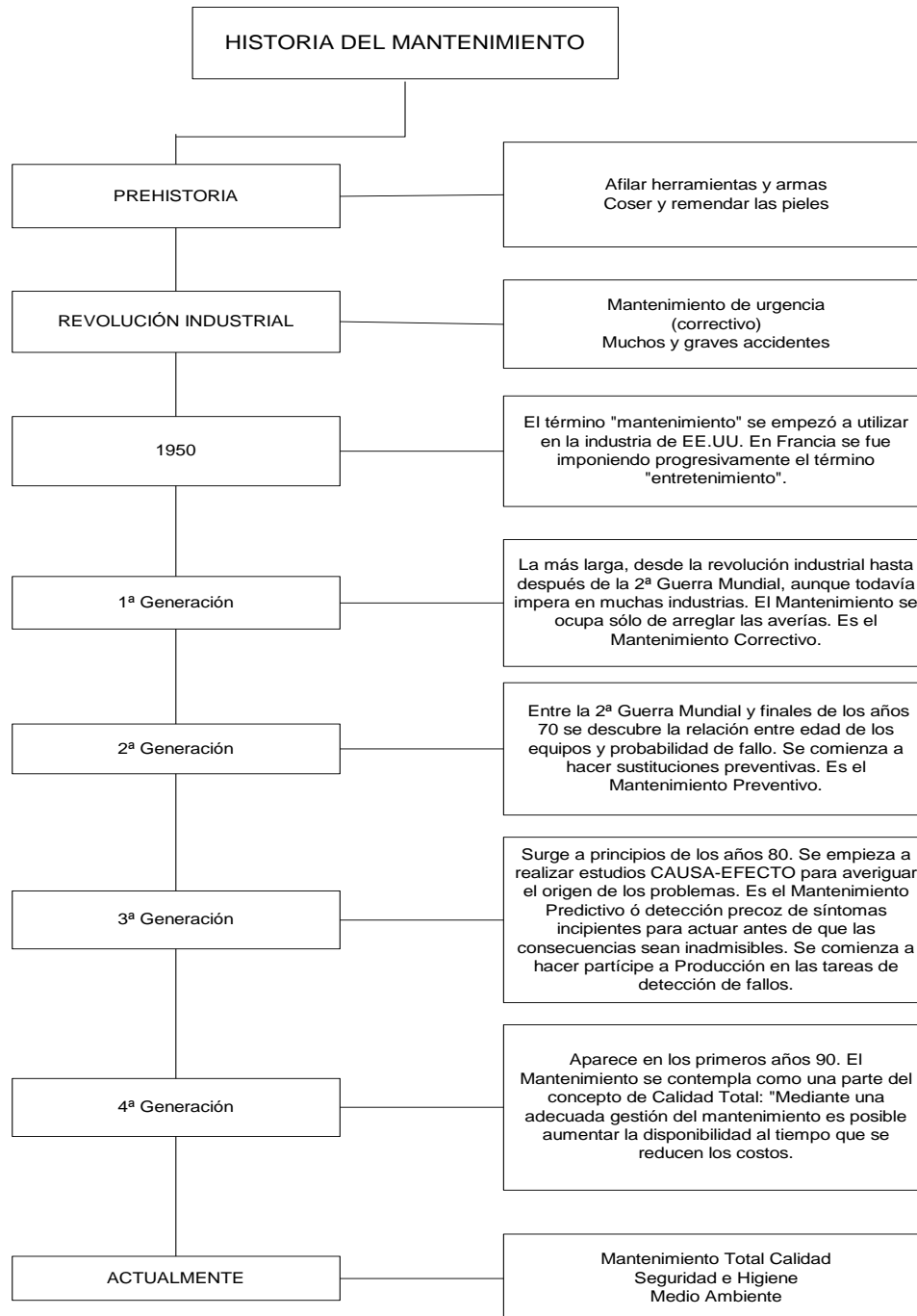
El mantenimiento no es una función combinada, produce un bien real, que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad. Está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

2.2. BREVE HISTORIA DE LA ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO

La necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo hace ya varias décadas en base, fundamentalmente, al objetivo de optimizar la disponibilidad de los equipos productores.

Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos propios de mantenimiento acentúa esta necesidad de organización mediante la introducción de controles adecuados de costos. Más recientemente, la exigencia a que la industria está sometida de optimizar todos sus aspectos, tanto de costos, como de calidad, como de cambio rápido de producto, conduce a la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que pueden ser introducidas en la gestión, tanto técnica como económica del mantenimiento. Es la filosofía de la terotecnología. Todo ello ha llevado a la necesidad de manejar desde el mantenimiento una gran cantidad de información.

2.2.1 EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO



2.2.2 OBJETIVOS DEL MANTENIMIENTO

Los objetivos implícitos en relación con la organización e información son:

- a. Aumentar la disponibilidad de los equipos hasta el nivel preciso.
- b. Reducir los costes al mínimo compatible con el nivel de disponibilidad necesario.
- c. Mejorar la fiabilidad de máquinas e instalaciones.
- d. Disminuir la gravedad de los fallos que no se puedan evitar.
- e. Evitar detenciones inútiles o paros de máquina.
- f. Evitar accidentes.
- g. Conservar los bienes productivos en condiciones seguras de operación.
- h. Prolongar la vida útil de los bienes.

2.2.3. TIPOS DE MANTENIMIENTO

A continuación se describe los tipos de mantenimiento:

2.2.3.1. Mantenimiento correctivo

El correctivo no se puede eliminar en su totalidad por lo tanto una gestión correcta extraerá conclusiones de cada parada e intentará realizar la reparación de manera definitiva ya sea en el mismo momento o programado un paro, para que esa falla no se repita.

Es importante tener en cuenta en el análisis de la política de mantenimiento a implementar, que en algunas máquinas o instalaciones el correctivo será el sistema más rentable.

a. Historia

A finales del siglo XVIII y comienzo del siglo XIX durante la revolución industrial, con las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación, el inicio de los conceptos de competitividad de costos, planteo en las grandes empresas, las primeras preocupaciones hacia las fallas o paro que se producían en la producción.

Hacia los años 20 ya aparecen las primeras estadísticas sobre tasas de falla en motores y equipos de aviación.

b. Ventajas

Si el equipo está preparado la intervención en el fallo es rápida y la reposición en la mayoría de los casos será con el mínimo tiempo.

No se necesita una infraestructura excesiva, un grupo de operarios competentes será suficiente, por lo tanto el costo de mano de obra será mínimo, será más prioritaria la experiencia y la pericia de los operarios, que la capacidad de análisis o de estudio del tipo de problema que se produzca.

Es rentable en equipos que no intervienen de manera instantánea en la producción, donde la implantación de otro sistema resultaría poco económica.

c. Desventajas

Se producen paradas y daños imprevisibles en la producción que afectan a la planificación de manera incontrolada.

Se suele producir una baja calidad en las reparaciones debido a la rapidez en la intervención, y a la prioridad de reponer antes que reparar definitivamente, por lo que produce un hábito a trabajar defectuosamente, sensación de insatisfacción e impotencia, ya que este tipo de intervenciones a menudo generan otras al cabo del tiempo por mala reparación por lo tanto será muy difícil romper con esta inercia.

2.2.3.2. Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados, si la segunda y tercera no se realizan, la tercera es inevitable.

a. Historia

Durante la segunda guerra mundial, el mantenimiento tiene un desarrollo importante debido a las aplicaciones militares, en esta evolución el mantenimiento preventivo consiste en la inspección de los aviones antes de cada vuelo y en el cambio de algunos componentes en función del número de horas de funcionamiento.

b. Características

Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizaran las acciones necesarias, engrasan, cambian correas, desmontaje, limpieza, etc.

c. Ventajas

Se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los históricos que ayudará en gran medida a controlar la maquinaria e instalaciones.

El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los continuos.

Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de ellos recambios o medios necesarios.

Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

d. Desventajas

Representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra. El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.

Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad.

Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo produce falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y

compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.

2.2.3.3. Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes de que esta se produzca. Se trata de conseguir adelantarse a la falla o al momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas. Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitores de parámetros físicos.

a. Historia

Durante los años 60 se inician técnicas de verificación mecánica a través del análisis de vibraciones y ruidos si los primeros equipos analizadores de espectro de vibraciones mediante la FFT (Transformada rápida de Fouries), fueron creados por BruelKjaer.

b. Ventajas

La intervención en el equipo o cambio de un elemento. Nos obliga a dominar el proceso y a tener unos datos técnicos, que nos comprometerá con un método científico de trabajo riguroso y objetivo.

2.2.4. FALLAS

Algunas de las posibles causas de fallas en Recipientes a Presión, podrían ser:

2.2.4.1. Pérdidas de espesores por corrosión

Los fluidos contenidos en los recipientes, pueden poseer elementos que actúen en detrimento de los materiales con que está construido el recipiente; ejemplo de esto, es la presencia de sulfuros, cloruros, ácidos, agua, que pueden constituirse

como posibles causantes de procesos corrosivos de distinta naturaleza, ver figura 2.1.



Figura 2.1. Tanque con corrosión

2.2.4.2. Pérdidas de espesores por erosión

Suelen presentarse por ejemplo en intercambiadores en zonas donde hay un cambio en la dirección del fluido circulante, ver figura 2.2.

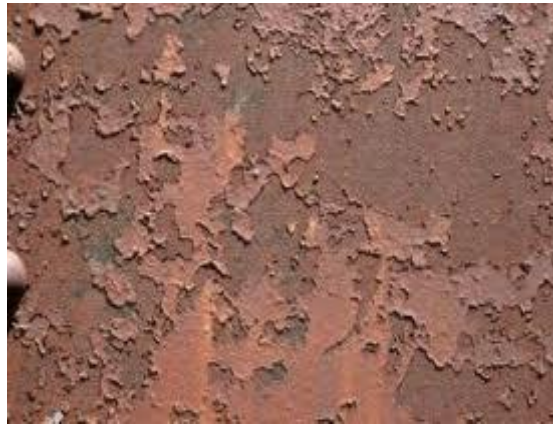


Figura 2.2. Lamina con corrosión

2.2.4.3. Fatigas de material

En los procesos operativos pueden darse fluctuaciones de presiones y temperaturas, que pueden llevar al recipiente a una rotura por fatiga (tanto mecánica como térmica), ver figura 2.3.



Figura 2.3. Material fatigado

2.2.4.4. Fractura frágil

En recipientes que trabajan a bajas temperaturas, debido a la pérdida de tenacidad de los materiales, ver figura 2.4.



Figura 2.4. Material con fractura por pérdida de tenacidad

2.2.4.5. Fluencia lenta o “creep”

En recipientes que trabajan a temperaturas elevadas, ver figura 2.5.



Figura 2.5. Recipientes en ambiente de temperatura elevada

2.2.4.6. Sobrepresión

Pueden darse por el uso de inadecuados elementos de protección o mal funcionamiento de los mismos, ver figura 2.6.



Figura 2.6. Elementos inadecuados para protección de sobrepresión

2.2.4.7. Problemas de diseño y/o fabricación

Fundamentalmente en recipientes no fabricados bajo normas o códigos vigentes, ver figura 2.7.



Figura 2.7. Incendio de tanques de almacenamiento de combustible

2.2.4.8. Debilitamientos por golpes, abolladuras

Por pérdidas de espesores del material o zonas bajo deformaciones plásticas. Para encontrar estos tipos de fallas se determinan a través de inspecciones con la ayuda de equipos de medición calibrados, verificados y con un mantenimiento frecuente para su perfecto funcionamiento, además de certificar las calibraciones, ver figura 2.8.



Figura 2.8. Medición de espesores de una lámina de acero

2.3. DIAGRAMA CAUSA-EFECTO⁷

El diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de espina de pescado, diagrama de causa-efecto, diagrama de Grandal o diagrama causal, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha, ver figura 2.9.

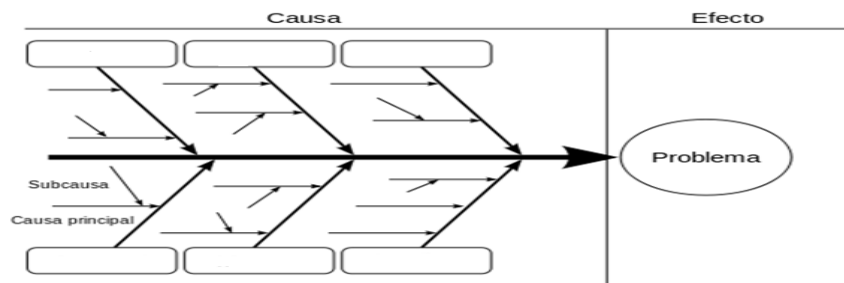


Figura 2.9. Diagrama causa-efecto

2.3.1. CAUSA

El problema analizado puede provenir de diversos ámbitos o aéreas. A este eje horizontal van llegando líneas oblicuas -como las espinas de un pez- que representan las causas valoradas en el análisis del problema. A su vez, cada una de estas líneas que representa una posible causa, recibe otras líneas perpendiculares que representan las causas secundarias.

Cada grupo formado por una posible causa primaria y las causas secundarias que se le relacionan forman un grupo de causas con naturaleza común. Este tipo de herramienta permite un análisis participativo mediante grupos de mejora o grupos de análisis, con técnicas como por ejemplo la lluvia de ideas, sesiones de creatividad, y otras, se optimiza en el entendimiento de las causas que originan un problema, con lo que puede ser posible la solución del mismo.

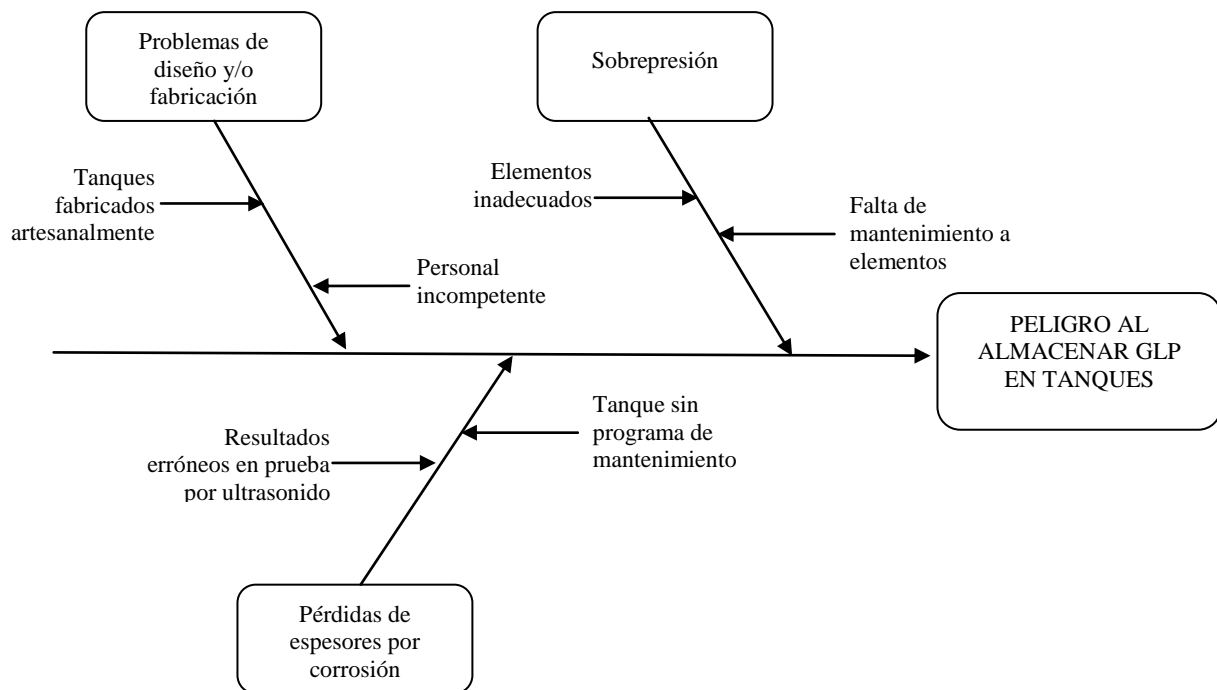
⁷ ACTION GROUP .Diagrama causa –efecto. Argentina.

2.3.2. PROCEDIMIENTO

Para empezar, se decide qué característica de calidad, salida o efecto-fallo se quiere examinar y continuar con los siguientes pasos:

- Hacer un diagrama en blanco.
- Escribir de forma concisa el problema o efecto.
- Escribir las categorías que se consideren apropiadas al problema: procesos, mano de obra, materiales, métodos.
- Realizar una lluvia de ideas (brainstorming) de posibles causas y relacionarlas con cada categoría.
- Preguntarse ¿por qué? a cada causa, no más de dos o tres veces.
- Empezar por enfocar las variaciones en las causas seleccionadas como fácil de implementar y de alto impacto.

Ejemplo con los fallos de tanques para determinar las causas:



2.4. CONTROL DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

El control de equipos de medición es muy importante ya que en las inspecciones de tanques se necesita tener los equipos de medición en óptimas condiciones tanto como en mantenimiento, verificación y calibración.

Es necesario establecer una planificación a través de registros necesarios para calibrar, verificar y mantener los equipos en perfectas funcionamiento; de tal manera que las mediciones realizadas por estos sean trazables a patrones nacionales e internacionales vigentes, mediante comparaciones.

2.4.1. CODIFICACIÓN DE EQUIPOS

Los equipos que son utilizados como parte de las mediciones en los procedimientos de inspección o pruebas, se codifican de la siguiente manera:

CODIGO: XXX – AAAA – 000

Dónde:

XXX:	Iniciales del nombre del equipo codificado.
AAA:	Iniciales de la empresa a que pertenecen.
000:	Numeración del equipo

2.4.2. FICHA DEL INSTRUMENTO

Cada equipo deberá tener su ficha correspondiente donde estará especificado:

- a. Instrumento
- b. Código
- c. Especificaciones Técnicas

- d. Marca/modelo.
- e. Número de serie.
- f. Ubicación
- g. Fabricante (Si aplica)
- h. Observaciones.
- i. Otras (Si aplica)

La hoja de formato de la ficha se especifica a continuación, ver figura 2.10:

FICHA DEL INSTRUMENTO:						foto del equipo
EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE:	UBICACIÓN	CÓDIGO	
ESPECIFICACIONES						
ACTIVIDAD	FRECUENCIA					
CALIBRACIÓN						
ACTIVIDAD	FRECUENCIA					
MANTENIMIENTO						
ACTIVIDAD	FRECUENCIA					
VERIFICACIÓN						
HISTORICO DE DAÑOS, MAL FUNCIONAMIENTO, REPARACION						
No	FECHA	MOTIVO	ACCIÓN	OBSERVACIONES:		
HISTORICO DE MANTENIMIENTO, CALIBRACION Y VERIFICACION						
No	FECHA	ACTIVIDAD	ESPECIFICACIONES	ACCIÓN	PERSONAL ASIGNADO	ORGANISMO

Figura 2.10. Hoja de ficha del instrumento

2.4.3. CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN DE INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Los instrumentos utilizados en las inspecciones y/o pruebas deberán ser verificados y calibrados, de manera específica los instrumentos que influyan directamente en los resultados de las mediciones de los procedimientos a realizar, teniendo en cuenta la fecha de calibración y verificación de equipos.

2.4.3.1. Calibración

Son conjuntos de operaciones que permiten establecer la relación existente entre los valores indicados por un instrumento de medida y los valores correspondientes a un patrón. El objetivo básico de la calibración es la determinación del grado de incertidumbre de las medidas efectuadas con el equipo. La calibración de los equipos se la realiza en laboratorios certificados.


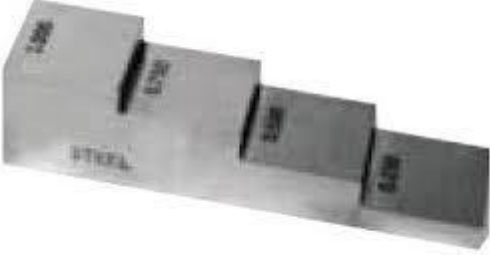


2.4.3.2. Verificación

Es la confirmación mediante la aportación de evidencia objetiva de que se cumplen los requisitos especificados para una determinada medición. La verificación se la realiza con más frecuencia que la calibración con patrones para su correcta comparación y resultados óptimos.

2.4.4. LISTA DE EQUIPOS DE MEDICIÓN

En la lista de equipos de medición que se utilizan para las inspecciones de tanques de recipientes a presión tenemos, ver tabla 2.1.

Tabla 2.1. Lista de equipos de medición

Nº	NOMBRE DEL EQUIPO	GRÁFICO
1	Medidor de espesores	
2	Galga de calibración o verificación	
3	Manómetros	
4	Termómetros	

5	Cinta Métrica o distanciometro	
6	Bomba de presión	
6	Válvulas de paso de cierre rápido	
7	Tintas penetrantes	

En la siguiente tabla se describe los equipos que necesitan calibración, verificación y mantenimiento, ver tabla 2.2.

Tabla 2.2. Lista de equipos que necesitan calibración

Nº	EQUIPO	CALIBRACIÓN	VERIFICACIÓN	MANTENIMIENTO
1	Medidor de espesores	APLICA	APLICA	APLICA
2	Galga de calibración o verificación	APLICA	APLICA	APLICA
3	Manómetros	APLICA	APLICA	APLICA
4	Termómetros	APLICA	APLICA	APLICA
5	Cinta Métrica	APLICA	APLICA	APLICA
6	Bomba de presión	NO APLICA	APLICA	APLICA
7	Válvulas de paso de cierre rápido	NO APLICA	APLICA	NO APLICA
8	Tintas penetrantes	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA

2.4.5. MANTENIMIENTO, VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS

Las operaciones a realizar con los equipos pueden ser de mantenimiento preventivo y/o de calibración o verificación según el caso.

Se ha considerado que una calibración, verificación o mantenimiento es interna cuando las operaciones pertinentes son llevadas a cabo internamente sin organismos externos, y es considerado calibración, verificación o mantenimiento externo cuando son llevadas a cabo por un servicio externo contratado.

Estas operaciones de verificación deben proporcionar un medio para comprobar o acreditar que el equipo de medición o el sistema de medida funcionan correctamente y que cumple con las especificaciones, del fabricante, o de una norma o reglamento.

2.4.5.1. Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento debe cubrir todos los equipos y definir las actividades a realizar y su periodicidad. Las actividades u operaciones a realizar deben ir encaminadas a prevenir, o en su caso corregir, fallos, deterioros, averías o un mal funcionamiento de los equipos. Este plan debe incluir tanto el mantenimiento interno como el externo.

Las operaciones de mantenimiento que se efectúen de un equipo, tales como, limpieza, revisiones, comprobaciones, sustituciones, reposiciones de material fungible, etc. deben anotarse en un diario o ficha/registro de mantenimiento diseñado para esta finalidad. A continuación se expone el formato de Ficha de Mantenimiento, ver figura 2.11.

FICHA DE MANTENIMIENTO:				
INSTRUMENTO:				
LISTA DE CHEQUEO:				
No DE MANT.	FECHA ULTIMO MANTENIMIENTO			FECHA PROXIMO MANTENIMIENTO
		SI	NO	OBSERVACIONES
a	AJUSTE DE PIEZAS			
b	REVISION ACEITE			
c	REVISION ENGRASE			
d	REVISION CONECCIONES ELECTRICAS			
e	REVISION PALPADORES			
f	REVISION DISPLAY			
g	REVISION DE BATERIAS			
h	REVISION DE TECLADO			
i	REVISION DE CONECTORES			
j	REVISION DE CABLES			
k	OTROS			
NOMBRE Y FIRMA DEL OPERADOR			NOMBRE Y FIRMA DE QUIEN REvisa:	

Figura 2.11. Ficha de mantenimiento para un instrumento

2.4.5.3. Periodicidad

Es necesario establecer la periodicidad de las calibraciones o verificaciones de los equipos, que podrá establecerse en función de varios factores, tales como: trascendencia de los resultados, grado de utilización del equipo, resultados de las calibraciones o verificaciones previas, recomendaciones de la información técnica disponible o publicada, etc. Las calibraciones o verificaciones externas suelen generalmente realizar con una periodicidad anual.

2.4.5.4. Resultados de las calibraciones/verificaciones

Las calibraciones o verificaciones de los equipos efectuados deben quedar documentados, registrando como mínimo: fecha, operador, observaciones, datos y resultados obtenidos en la ficha/registro de calibración y verificación del equipo. Los datos y registros deben archivarse en la ficha de calibración y verificación (ver Figura: 2-12) de forma que posibilite, siempre que sea necesario, realizar la reconstrucción de los cálculos.

Los certificados de calibración externa de patrones o equipos deben ser emitidos por laboratorios de calibración legales y acreditados, que aseguren la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales reconocidos e incluyan información sobre las medidas realizadas y las incertidumbres asociadas. Cuando se trate de verificaciones o comprobaciones de un equipo el certificado, tendrá características similares al de calibración.

2.5. MÉTODOS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

Los Ensayos No Destructivos, también conocidos como END o NDT (Non Destruction Test) son una forma de ensayo de materiales y estructuras sin causar ningún daño a la pieza a inspeccionar.

Los ensayos no destructivos se realizan tanto en los departamentos de Investigación y Desarrollo (I+D), como en la propia fábrica o durante el servicio activo de materiales como en nuestro caso tanques a presión. Los métodos utilizados en este manual para la inspección de tanques a presión pueden ser:⁸

2.5.1. MÉTODO POR ULTRASONIDO

Detección de discontinuidades en la superficie y cerca de la superficie mediante técnicas de pulsos y ecos. En la siguiente figura se muestra como se realiza el ensayo destructivo con el equipo correspondiente, ver figura 2.13.



Figura 2.13. Medición de espesores por ultrasonido

2.5.1.1. Ventajas

- a. Rápido y fácil de operar.
- b. Resultados inmediatos.
- c. Alta precisión, transportable y alta sensibilidad.

⁸ The American of Mechanical Engineers Society. (2013). Código ASME Sección V, Examinación no destructiva. Estados Unidos. A.S.M.E.

2.5.1.2. Desventajas

- a. Se requiere operadores entrenados.
- b. Requiere corriente externa.
- c. La orientación de la grieta debe ser conocida para seleccionar el tipo de onda usada.
- d. Se requieren patrones para ajustar el instrumento.

2.5.2. LÍQUIDOS PENETRANTES

Discontinuidades que detecta, defectos superficiales como: poros, grietas, rechupes, traslapes, costuras, laminaciones, etc., materiales: Sólidos metálicos y no metálicos. En las siguientes figuras se puede observar el proceso de uso de líquidos penetrantes en soldaduras, ver figura 2.14.



Figura 2.14. Inspección por líquidos penetrantes

2.5.2.1. Ventajas

- a. Muy económico
- b. Inspección a simple vista
- c. No se destruye la pieza
- d. Se obtiene resultados inmediatos.

2.5.2.2. Desventajas

- a. Solo detecta fallas superficiales
- b. Difícil establecimiento de patrones
- c. La superficie a inspeccionar debe estar limpia y sin recubrimientos
- d. No se puede inspeccionar materiales demasiado porosos

2.5.3. PRUEBAS HIDROSTÁTICAS

Las pruebas hidrostáticas se encuentran incluidas en los ensayos no destructivos y específicamente en los de hermeticidad lo cual me lleva a redactar los antecedentes desde el inicio de los ensayos o pruebas no destructivas. 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 este 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 físicas, químicas y mecánicas de un sistema para la puesta en operación.

En las siguientes figuras observamos el proceso de prueba hidrostática, la figura del lado derecho podemos observar fugas de agua debido a la presurización del tanque, ver figura 2.15.



Figura 2.15. Inspección de fugas por prueba hidrostática

2.5.3.1. Ventajas

- a. La inspección por Líquidos Penetrantes es extremadamente sensible a las discontinuidades abiertas a la superficie.
- b. La configuración de las piezas a inspeccionar no representa un problema para la inspección.
- c. Son relativamente fáciles de emplear.
- d. Brindan muy buena sensibilidad.
- e. Son económicos.
- f. Son razonablemente rápidos en cuanto a la aplicación, además de que el equipo puede ser portátil.
- g. Se requiere de pocas horas de capacitación de los inspectores.

2.5.3.2. Desventajas

- a. Sólo son aplicables a defectos superficiales y a materiales no porosos.
- b. Se requiere de una buena limpieza previa a la inspección.
- c. No se proporciona un registro permanente de la prueba no destructiva.
- d. Los Inspectores deben tener amplia experiencia en el trabajo.
- e. Una selección incorrecta de la combinación de revelador y penetrante puede ocasionar falta de sensibilidad en el método.

2.5.4. INSPECCIÓN VISUAL

La inspección visual es el método más simple y económico y requiere un personal competente que observe la estructura del tanque mientras está en servicio.

La ejecución de una inspección visual sobre un equipo o instalación determinada es fundamental para decidir la aplicación y éxito de otros tipos de ensayos complementarios al visual. En las siguientes figuras se puede observar cómo se realiza la inspección visual, ver figura 2.16.



Figura 2.16. Inspección visual de recipientes para almacenamiento de combustible

2.5.4.1. Ventajas

- a. Económica
- b. Poco equipamiento para la mayoría de aplicaciones
- c. Requiere de un relativamente pequeño entrenamiento del personal

2.5.4.2. Desventajas

Limitado solamente a condiciones externas y superficiales.

2.6. SEGURIDAD INDUSTRIAL

La seguridad industrial es un área multidisciplinaria que se encarga de minimizar los riesgos de accidentes en la industria, ya que toda actividad industrial tiene peligros inherentes que necesitan de una correcta gestión.

2.6.1. DEFINICIÓN DE RIESGO

Es la probabilidad de que suceda un evento, impacto o consecuencia adversa. Se entiende también como la medida de la posibilidad y magnitud de los impactos desfavorables, siendo la consecuencia del peligro, y está en relación con la frecuencia con que se presente el evento.

2.6.2. DESCRIPCIÓN DE FACTORES DE RIESGO

En lo referente a la descripción de los riesgos, se utilizará la clasificación internacional de los riesgos laborales según su naturaleza. Estos son:

- a. **MECÁNICOS:** Generados por la maquinaria, herramientas, aparatos de izar, instalaciones, superficies de trabajo, orden y aseo. Son factores asociados a la generación de accidentes de trabajo.
- b. **FÍSICOS:** Originados por iluminación inadecuada, ruido, vibraciones, temperatura, humedad, radiaciones, electricidad y fuego.
- c. **QUÍMICOS:** Originados por la presencia de polvos minerales, vegetales, polvos y humos metálicos, aerosoles, nieblas, gases, vapores y líquidos utilizados en los procesos laborales.
- d. **BIOLÓGICOS:** Por el contacto con virus, bacterias, hongos, parásitos, venenos y sustancias sensibilizantes de plantas y animales. Los vectores como insectos y roedores facilitan su presencia.

- e. **ERGONÓMICOS:** Originados en la posición, sobreesfuerzo, levantamiento de cargas y tareas repetitivas. En general por uso de herramienta, maquinaria e instalaciones que no se adaptan a quien las usa.

2.6.3. TIPOS DE RIESGOS EXISTENTES EN LAS INSPECCIONES

2.6.3.1. Riesgo mecánico

- a. **Trabajo en Alturas:** Comprende caída de trabajadores desde alturas superiores a 1,80 metros: de andamios, pasarelas, plataformas, escaleras, fijas o portátiles o caídas a pozos, excavaciones, aberturas del suelo, etc., ver figura 2.17.



Figura 2.17. Trabajo en altura

- b. **Espacio confinado:** Calidad de aire deficiente: puede haber una cantidad insuficiente de oxígeno para que el trabajador pueda respirar. La atmósfera puede contener alguna sustancia venenosa que haga que el trabajador se enferme o que incluso le provoque pérdida de conocimiento. Las exposiciones químicas debido a contacto con la piel o por ingestión así como inhalación de “aire de baja calidad” Riesgo de incendios: pueden haber atmósferas inflamables/explosivas debido a líquidos inflamables y gases y polvos

combustibles que si se encienden pueden llevar a un incendio o a una explosión. Procesos relacionados con riesgos tales como residuos químicos, liberación de contenidos de una línea de suministro, ver figura 2.18.



Figura 2.18. Trabajo en espacio confinado

- c. **Atropello o golpe con vehículo:** Comprende los atropellos de trabajadores por vehículos que circulen por el área en la que se encuentre laborando, ver figura 2.19.



Figura 2.19. Vehículo de carga

- d. **Superficies irregulares:** Los empleados podrían tener afecciones osteomusculares (lesión dolorosa) por distensión de varios ligamentos en las articulaciones de las extremidades inferiores por efecto a caminar o transitar por superficies irregulares, ver figura 2.20.



Figura 2.20. Superficies irregulares

- e. **Manejo de productos inflamables:** Accidentes producidos por los efectos del fuego o sus consecuencias, falta de señalización de advertencia, prohibición, obligación, salvamento o socorro o de lucha contra incendios, ver figura 2.21.



Figura 2.21. Almacenamiento de producto inflamable

- f. **Proyección de partículas:** Circunstancia que se puede manifestar en lesiones producidas por piezas, fragmentos o pequeñas partículas de material, proyectadas por una máquina, herramientas o materia prima a conformar, ver figura 2.22.



Figura 2.22. Trabajo con riesgo de progresión de partículas

2.6.3.2. Riesgo físico

a. Exposición a radiación solar

Posibilidad de lesión o afección por la acción de los rayos solares, ver figura 2.23.



Figura 2.23. Trabajo con exposición a radiación solar

b. Exposición a temperaturas extremas

El trabajador sufre alteraciones fisiológicas por encontrarse expuesto a ambientes específicos de: Calor extremo (atmosférico o ambiental), frío extremo (atmosférico o ambiental), ver figura 2.24.



Figura 2.24. Exposición a temperaturas extremas

c. Ruido

El ruido es un contaminante físico que se transmite por el aire mediante un movimiento ondulatorio. Se genera ruido en: Motores eléctricos o de combustión interna, Escapes de aire comprimido, Rozamientos o impactos de partes metálicas, máquinas, ver figura 2.25.



Figura 2.25. Lugar de trabajo que presenta ruido

2.6.3.3. Riesgo químico

a. Exposición a químicos

Los contaminantes químicos son sustancias de naturaleza química en forma sólida, líquida o gaseosa que penetran al cuerpo del trabajador por vía dérmica, digestiva, respiratoria o parenteral. El riesgo viene definido por la dosis en función del tiempo

de exposición y concentración de dicha sustancia en el área de trabajo, ver figura 2.26.



Figura. 2.26. Ambiente con riesgo químico

2.6.3.4. Riesgo ergonómico

a. Posiciones forzadas

La carga física del trabajo se produce como consecuencia de las actividades físicas que se realizan para la consecución de dicha tarea. Consecuencia directa de una carga física excesiva será la fatiga muscular, que se traducirá en patología osteomuscular, aumento del riesgo de accidente, disminución de la productividad y calidad del trabajo. La fatiga física se estudia en cuanto a trabajos estáticos y dinámicos. En cuanto a la posición, clasificaremos los trabajos en cuanto a que se realicen de pie, sentado o de forma alternativa, ver figura 2.27.



Figura 2.27. Posturas con riesgo ergonómico

Una vez reconocidos los riesgos se procede a evaluar los mismos de acuerdo a William Fine por actividad a realizar.

2.6.4. EVALUACIÓN DE FACTORES DE RIESGOS

Se utilizará el método William Fine para la evaluación de riesgos. La fórmula del grado de peligrosidad utilizada es la siguiente:

$$\mathbf{GP=C * E * P}$$

Dónde:

GP= Grado de Peligro

C= Consecuencias

E= Exposición

P= Probabilidad

2.6.5. GRADO DE PELIGRO

El grado de peligro debido a un riesgo reconocido se determina por medio de la observación en campo y se calcula por medio de una evaluación numérica, considerando tres factores: las consecuencias de un posible accidente debido al riesgo, la exposición a la causa básica y la probabilidad de que ocurra la secuencia completa del accidente y sus consecuencias.

2.6.5.1. Consecuencias

Los resultados más probables de un riesgo laboral, debido al factor de riesgo que se estudia, incluyendo desgracias personales y daños materiales.

Para esta categorización se deberá utilizar la siguiente tabla: ver tabla 2.3.

Tabla 2.3. Consecuencias de riesgos laborales

GRADO DE SEVERIDAD DE LAS CONSECUENCIAS	VALOR
Catástrofe, muertes, grandes daños, quebranto en la actividad	100
Varias muertes daños desde 500.000 a 1.000.000	50
Muerte, daños de 100.000 a 500.000\$	25
Lesiones extremadamente graves (amputación, invalidez permanente)	15
Lesiones con baja no graves	5
Pequeñas heridas, contusiones, golpes, pequeños daños	1

2.6.5.2. Exposición

Frecuencia con que se presenta la situación de riesgo, siendo tal el primer acontecimiento indeseado que iniciaría la secuencia del accidente. Para esta categorización se deberá utilizar la siguiente tabla, ver tabla 2.4:

Tabla 2.4. Exposición a la situación de riesgo

LA SITUACIÓN DE RIESGO OCURRE	VALOR
Continuamente (o muchas veces al día)	10
Frecuentemente (1 vez al día)	6
Ocasionalmente (1 vez/semana - 1 vez /mes)	3
Irregularmente (1 vez/mes - 1 vez año)	2
Raramente (se ha sabido que ha ocurrido)	1
Remotamente posible (no se conoce que haya ocurrido)	0.5

2.6.5.3. Probabilidad

Probabilidad de que una vez presentada la situación de riesgo, los acontecimientos de la secuencia completa del accidente se sucedan en el tiempo, originando accidente y consecuencia. Para esta categorización se deberá utilizar la siguiente tabla, ver tabla 2.5:

Tabla 2.5. Probabilidad de ocurrencia de accidentes

LA PROBABILIDAD DE OCURRENCIA DEL ACCIDENTE, INCLUYENDO LAS CONSECUENCIAS	VALOR
Es el resultado más posible y esperado, si se presenta la situación de riesgo.	10
Es completamente posible, no sería nada extraño, 50% posible	6
Sería una secuencia o coincidencia rara	3
Sería una coincidencia remotamente posible, se sabe qué ha ocurrido	1
Extremadamente remota pero concebible, no ha pasado en años	0.5
Prácticamente imposible (posibilidad 1 en 1.000.000)	0.1

2.6.6. CLASIFICACIÓN DEL GRADO DE PELIGRO

Finalmente una vez aplicada la fórmula para el cálculo del Grado de Peligro: $GP=C*E*P$ su interpretación se la realiza mediante el uso de la siguiente tabla, ver tabla 2.6:

Tabla 2.6. Clasificación de grado de peligro

VALOR ÍNDICE DE W FINE	INTERPRETACIÓN
$0 < GP < 18$	Bajo
$18 < GP \leq 85$	Medio
$85 < GP \leq 200$	Alto
$GP > 200$	Crítico

Cada factor de riesgo debe ser ubicado en la matriz de riesgos de acuerdo a los siguientes parámetros:

- Factor de riesgo,
- Código,
- Factor de riesgo específico y finalmente,

- Descripción del factor de peligro in situ.

Una vez que se han clasificado, se procederá con la evaluación (valoración) de estos con el fin de cuantificar la gravedad de los mismos (magnitud).

La exposición, consecuencia, y valoración se la realiza de acuerdo a la metodología y formato de William Fine- evaluación de factores de riesgos, ver figura 2.28.

EVALUACIÓN DE RIESGOS MÉTODO WILLIAM FINE												
PROCEDIMIENTO:											VALOR INDICE DE W. FINE	
											0 < GP < 18	BAJO
											18 < GP <= 85	MEDIO
											85 < GP <= 200	ALTO
											GP > 200	CRÍTICO
											CONSECUENCIA	
PELIGRO IDENTIFICADO												
Ponderación												

Figura 2.28. Evaluación de factores de riesgo

2.7. MATRIZ DE RIESGOS Y SELECCIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

2.7.1. MATRIZ DE RIESGOS

La Matriz de Riesgos es una herramienta de gestión que permite determinar objetivamente cuáles son los riesgos relevantes para la seguridad y salud de los trabajadores que enfrenta una organización. Su llenado es simple y requiere del análisis de las tareas que desarrollan los trabajadores, ver figura 2.29.

MATRIZ DE RIESGOS							SELECCIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL		
PROCESO:									
SUBPROCESO:									
CLARIFICACIÓN DEL RIESGO	FACTOR DE RIESGO	Probabilidad	Consecuencia	Exposición	Valoración		Equipo de protección personal por riesgo	ROTULACIÓN	
								ADVERTENCIA	OBLIGACIÓN

Figura 2.29. Matriz de riesgos

2.7.2. ¿PARA QUÉ SIRVE LA MATRIZ DE RIESGOS?

Sirve para analizar el nivel de riesgo presente en los trabajos, para comparar por

nivel de riesgo diferentes tareas, para proponer acciones concretas para disminuir los riesgos y para estimar el impacto que estas acciones tendrán sobre el nivel de riesgo de los trabajadores.

2.7.3. ¿CUÁNDO SE USA LA MATRIZ DE RIESGOS?

Se debe utilizar cada vez que se implemente una tarea o procedimiento nuevo, cada vez que se cambie un procedimiento y por lo menos una vez al año como parte de la gestión de seguridad para asegurar que no ha habido cambios en el nivel de protección de los trabajadores.

2.7.4. ¿CÓMO SE USA LA MATRIZ DE RIESGOS?

La Matriz de Riesgos se llena de izquierda a derecha completando los campos que indica de la siguiente forma:

- a. **Proceso y subproceso:** Se describe el procedimiento, la actividad o tarea que realizan los trabajadores. Es conveniente tener un listado de todas las actividades que se ejecutan para no olvidar analizar ninguna.
- b. **Clasificación de riesgo:** de detallan los riesgos relevantes que se encuentran en los procedimientos de inspección.
- c. **Factor de riesgo:** es la especificación del riesgo en el área de trabajo.
- d. **Selección y rotulación de equipos de protección personal:** La selección se basa en los riesgos encontrados y analizados descritos en la matriz. Los equipos de protección personal son usados de acuerdo al requerimiento del procedimiento de inspección y sus riesgos con el fin de controlar y minimizar los mismos.

Evaluado los riesgos se procede a llenar la matriz de riesgos por puesto de trabajo y

la selección de los equipos de protección personal, ver ANEXO 1.

2.8. CONTROL DE RIESGOS

De acuerdo a los resultados de la matriz de riesgos, priorizamos los controles para minimizar los mismos y así proteger al inspector. Los colores rojos y amarillos de los resultados de la matriz (valoración alta y media) son los riesgos los que se va a controlar.

La manera más factible de controlar estos riesgos es a través del uso de equipos de protección que el personal debe usar obligatoriamente personal.

2.8.1. EQUIPO DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

En 1986 la Unión Europea, la Directiva 89/656/CEE¹ del Consejo de Gobierno de 30-11-1989, establece las disposiciones mínimas de seguridad y de salud para la utilización por los trabajadores en el trabajo de equipos de protección individual. A los efectos de dicha Directiva se entiende por equipo de protección individual (EPI) cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador o trabajadora para que le proteja de uno o varios riesgos que puedan amenazar su seguridad o su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin.

2.8.1.1. Medidas de protección individual

Son equipos llevados por el trabajador para protegerle de los riesgos que puedan producir daños para su salud.

2.8.1.2. Norma general de uso

Los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se

puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo.

2.8.1.3. Obligaciones

Un equipo de protección individual debe adecuarse a las disposiciones comunitarias sobre diseño y construcción en materia de seguridad y de salud que lo afecten. En cualquier caso, un equipo de protección individual deberá:

- a. Ser adecuado a los riesgos de los que haya que protegerse, sin suponer de por sí un riesgo adicional.
- b. Responder a las condiciones existentes en el lugar de trabajo.
- c. Tener en cuenta las exigencias ergonómicas y de salud del trabajador.
- d. Adecuarse al portador, tras los necesarios ajustes.

En caso de riesgos múltiples que exijan que se lleven simultáneamente varios equipos de protección individual, dichos equipos deberán ser compatibles y mantener su eficacia en relación con el riesgo o los riesgos correspondientes.

Las condiciones en las que un equipo de protección individual deba utilizarse, en particular por lo que se refiere al tiempo durante el cual haya de llevarse, se determinarán en función de la gravedad del riesgo, de la frecuencia de la exposición al riesgo y de las características del puesto de trabajo de cada trabajador, así como de las prestaciones del equipo de protección individual.

Los equipos de protección individual estarán destinados, en principio, a un uso personal.

2.9. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN

Un manual de procedimientos es el documento que contiene la descripción de actividades que deben seguirse en la realización de las funciones o trabajos específicos.

El manual contiene información válida y clasificada sobre una determinada materia de la organización.

Es un compendio, una colección de textos procedimientos e instructivos seleccionados y fácilmente localizables.

2.9.1. OBJETIVO DEL MANUAL

La finalidad de este manual es convertirse en una herramienta de apoyo para quienes se desempeñan en el área inspecciones y pruebas de recipientes a presión, estableciendo una guía mediante procedimientos e inspecciones técnicas basadas en normativas y parámetros nacionales e internacionales vigentes.

2.9.2. ALCANCE DEL MANUAL

Este manual incluye procedimientos e instructivos aplicables a todos los tanques a presión que almacenan GLP verticales y horizontales hasta $100m^3$.

Este manual debe ser usado por el personal calificado y competente en el área de inspecciones y pruebas para recipientes a presión, en este da conocer el proceso que debe seguir en cada uno de los procedimientos de inspección, ya que se indica los formatos a utilizar y los instructivos de los equipos e instrumentos involucrados en los procedimientos.

2.9.3. SECUENCIA DE LOS PROCEDIMIENTOS

En la norma API 510 Inspección de recipientes a presión artículo 5.5 da el siguiente orden de inspección de la siguiente manera, además se establece una periodicidad de las pruebas que no exceda un intervalo de tiempo de 5 años desde el último mantenimiento del tanque de GLP⁹, ver Anexo 4:

- a. Inspección de juntas soldadas por medio de ensayo no destructivo de tintas penetrantes.
- b. Inspección de medición de espesores por ultrasonido de tanques de almacenamiento.
- c. Inspección por ensayo no destructivo de prueba hidrostática para recipientes a presión.
- d. Inspección con el propósito de calibración de tanques a presión para almacenamiento de GLP.
- e. Inspección de válvulas de alivios de presión.

Esta lógica se da por qué se debe evaluar el estado del tanque los cordones de soldadura en perfectas condiciones y verificar que el tanque cumple con el mínimo en espesor del tanque, para dar paso a la prueba hidrostática.

⁹ American Petroleum Institute. (2006). API 510, Código de Inspección de Recipientes a Presión. Estados Unidos. IHS.

CAPÍTULO 3

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN

CAPÍTULO 3. MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN

3.1. PROCEDIMIENTO INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES PARA TANQUES DE GLP

3.1.1. OBJETO

Establecer la metodología para la ejecución de la prueba por tintas penetrantes en uniones soldadas de tanques a presión para determinar la presencia de fallos o defectos superficiales como fisuras o porosidades en la superficie soldada.

3.1.2. ALCANCE

Este procedimiento cubre la prueba por tintas penetrantes en uniones soldadas de tanques a presión.

3.1.3. DEFINICIONES

- a. **Kit de Tintas Penetrantes:** Grupo de tintas para realizar el proceso del ensayo de tintas penetrantes compuesto por Limpiador, penetrante y revelador.
- b. **Cordón de soldadura:** Producto final obtenidos por las uniones de piezas metálicas (en este caso partes del tanque) realizadas mediante proceso de soldadura.
- c. **Defectos:** Discontinuidades que presenta en la superficie del tanque o cordones de soldadura, estos se presentan como porosidades, fisuras, mordeduras, socavaciones, falta de fusión, exceso de fondeo, desalineamientos, sobre monta, etc.

3.1.4. SEGURIDAD

- a. Evaluación de riesgos por procedimiento a través del método de William Fine, ver tabla 3.1.

Tabla 3.1. Evaluación de riesgos para el procedimiento de líquidos penetrantes

EVALUACIÓN DE RIESGOS MÉTODO WILLIAM FINE																												
Procedimiento inspección por líquidos penetrantes para tanques de GLP																		<table border="1"> <tr> <th colspan="2">VALOR INDICE DE W. FINE</th> </tr> <tr> <td>0 < GP < 18</td> <td>BAJO</td> </tr> <tr> <td>18 < GP <= 85</td> <td>MEDIO</td> </tr> <tr> <td>85 < GP <= 200</td> <td>ALTO</td> </tr> <tr> <td>GP > 200</td> <td>CRÍTICO</td> </tr> </table>	VALOR INDICE DE W. FINE		0 < GP < 18	BAJO	18 < GP <= 85	MEDIO	85 < GP <= 200	ALTO	GP > 200	CRÍTICO
VALOR INDICE DE W. FINE																												
0 < GP < 18	BAJO																											
18 < GP <= 85	MEDIO																											
85 < GP <= 200	ALTO																											
GP > 200	CRÍTICO																											
PELIGRO IDENTIFICADO	CONSECUENCIA						EXPOSICIÓN						PROBABILIDAD						Grado de peligro									
Ponderación	100	50	25	15	5	1	10	6	3	2	1	0.5	10	6	3	1	0.5	0.1										
Atropello o golpe con vehículo																			NA									
Caída de personas desde diferente altura			25								1						0.5		12.500									
Caidas manipulación de cargas																			NA									
Espacios confinados			25							2				6					300.000									
Superficies irregulares						1				2							0.5		1.000									
Manejo de productos inflamables						1					1						0.5		0.500									
Proyección de partículas						1				2							0.5		1.000									
Exposición a radiación solar																			NA									
Exposición a temperaturas extremas						1				2						1			2.000									
Ruido																			NA									
Exposición a químicos						1			3					6					18.000									
Posiciones forzadas					5						1						0.5		2.500									

- b. Utilizar obligatoriamente los equipos de protección personal de acuerdo a la matriz de riesgos y selección de equipo de protección personal. Ver ANEXO 1. Los equipos de protección personal a utilizar para minimizar los riesgos laborales en esta actividad son los siguientes:

				
Arnés anti caídas	Eslinga o línea de vida	Conectores	Casco de seguridad	Botas de seguridad
				
Gafas de seguridad	Respirador	Guantes de seguridad	Ropa de trabajo	Filtros para vapores

La señalización de obligación y advertencia para este procedimiento es la siguiente:

OBLIGACIÓN		
		
		



- c. Revisar que no exista ningún producto inflamable o tóxico alrededor del área de inspección o en el interior del tanque.
- d. Acordonar el área de trabajo con cinta de seguridad.

3.1.5. EQUIPOS A UTILIZAR

No	EQUIPO PRINCIPAL	CERTIFICADO DE CALIBRACION
1	Kit de tintas penetrantes (limpiador ,penetrante, revelador)	NO APLICA

No	EQUIPO SECUNDARIO
1	Franelas
2	Guaipes

3.1.6. DIAGRAMA DE FLUJO

Ver figura 3.1.

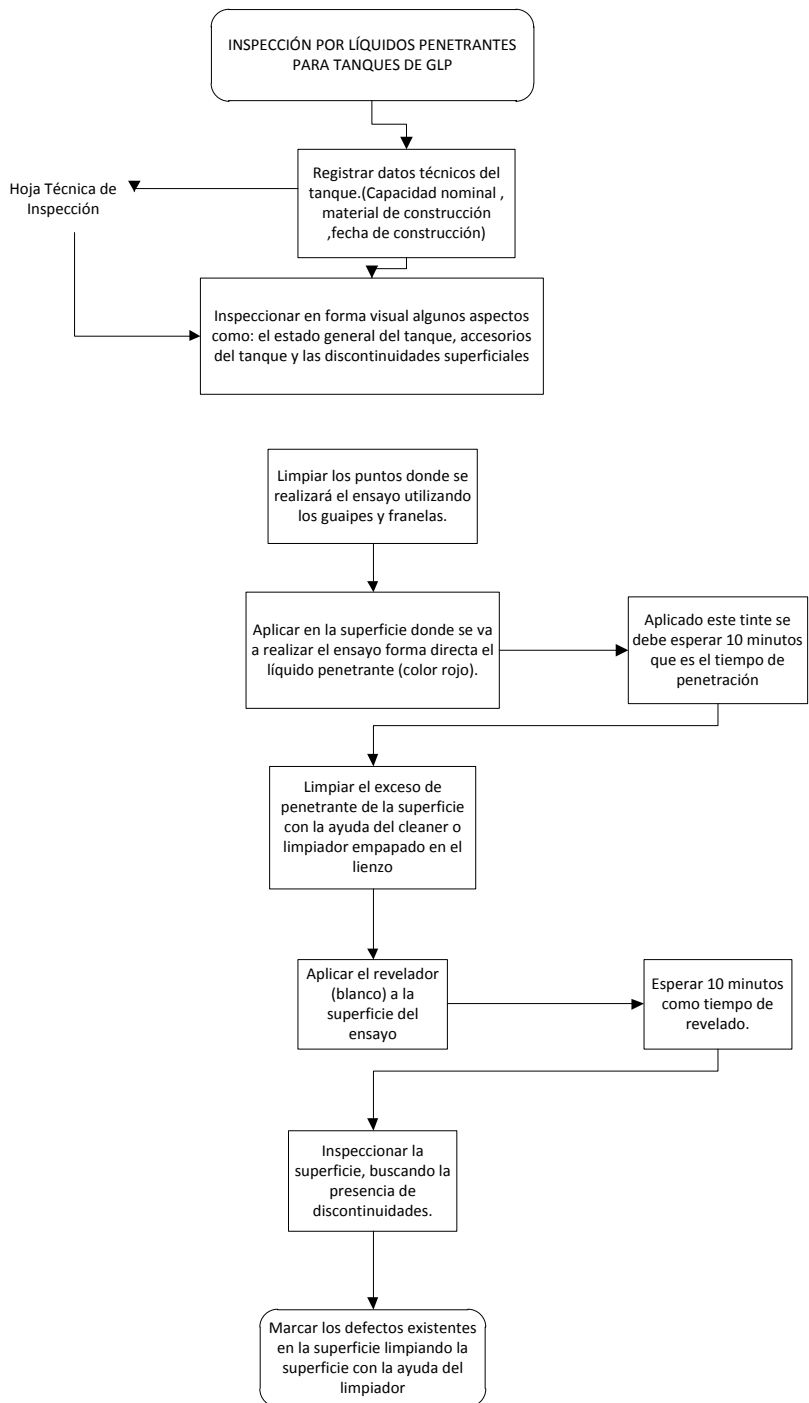


Figura 3.1. Diagrama de flujo del procedimiento de inspección por líquidos penetrantes

3.1.7. ACTIVIDADES PREVIAS AL PROCESO DE INSPECCIÓN

- a. Solicitar la Información Técnica del tanque (año de fabricación, fabricante, código de identificación, tipo de material de construcción) y llenar la Hoja Técnica de Inspección correspondiente a este procedimiento, ver figura 3.2.
- b. Para tanques que se encuentran en la superficie, es decir que el tanque no está subterráneo ni enterrado, la inspección técnica se la realizará exteriormente e interiormente.

3.1.8. PROCESO DE INSPECCIÓN TÉCNICA

- a. Se debe inspeccionar en forma visual algunos aspectos como: el estado general del tanque, accesorios del tanque y las discontinuidades superficiales. Todos los datos obtenidos y observaciones se registran en el registro de la Hoja Técnica de Inspección, ver figura 3.2.
- b. Limpiar los puntos donde se realizará el ensayo utilizando una lija suave para remover cualquier irregularidad superficial que pueda enmascarar las discontinuidades inaceptables además del uso de material absorbente que no deje hilachas y la aplicación de un removedor comercial que cumpla los requisitos T-625 del código ASME sección V.
- c. Después que la superficie a ser inspeccionada ha sido limpiada y se encuentre completamente seca, se debe aplicar en la superficie donde se va a realizar el ensayo de forma directa el líquido penetrante (color rojo), ver figura 3.3.

Aplicado este tinte se debe esperar 10 minutos que es el tiempo de penetración.

HOJA TECNICA DE INSPECCION					
METODO DE ENSAYO NO DESTRUCTIVO DE TINTAS PENETRANTES					
FECHA:			ENSAYO N°:		
COMPONENTE A ENSAYAR :					
CODIGO DE IDENTIFICACION DE COMPONENTE :					
MATERIAL		CONDICION DE LA SUPERFICIE			
ZONA DE ENSAYO					
ESQUEMA DE LA ZONA A ENSAYAR					
LIMPIEZA INICIAL					
Temperatura de ensayo :			Termometro N°:		
Limpieza inicial:			Marca :		
Secado :					
LIQUIDO LIMPIADOR MARCA:					
APLICACIÓN TINTA PENETRANTE					
Penetrante:		Técnica:		Marca:	
Modo de aplicación:					
Tiempo de penetración :					
REMOCION DEL PENETRANTE					
Remoción con :			Marca:		
Control de remoción					
Secado:					
REVELADO					
Revelador:			Marca:		
Concentración del revelador:					
Agitación del revelador:					
Tiempo de secado:					
Tiempo de revelado:					
OBSERVACION					
Tiempo de observacion :					
Tiempo de registro					
Indicacion N°	0min	1min	2min	3min	4min
1					
2					
3					
4					
LIMPIEZA FINAL :					
OBSERVACIONES:					
INSPECTOR:		SUPERVISOR:		CLIENTE:	
FIRMA:		FIRMA:		FIRMA:	

Figura 3.2. Hoja técnica de inspección para el procedimiento de inspección por líquidos penetrantes



Figura 3.3. Aplicación del líquido penetrante

- d. Limpiar el exceso de penetrante de la superficie con la ayuda del cleaner o limpiador empapado en el lienzo. No aplicar el limpiador directamente.
- e. Aplicar el revelador que es de color blanco, ver figura 3.4., a la superficie del ensayo y esperar 10 minutos como tiempo de revelado.



Figura 3.4. Aplicación del líquido revelador

- f. Inspeccionar la superficie, buscando la presencia de discontinuidades.
- g. Marcar los defectos existentes en la superficie.
- h. Realizar la limpieza final de la superficie con la ayuda del limpiador.

3.1.9. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

El cordón de soldadura deberá tener un rango máximo de porosidad establecida y de acuerdo a estos rangos se determinará la aceptación o rechazo del tanque.

Dicha aceptación o rechazo del tanque se lo dará bajo los siguientes parámetros:

3.1.9.1. Terminología (Descripción de las indicaciones o fallas)

- Indicaciones importantes

Indicaciones con dimensiones principales mayores que 1 / 16 pulg.

- Indicaciones lineales

Una indicación que tiene una longitud mayor que tres veces el ancho.

- Indicaciones redondeadas

Una indicación de forma circular o elíptica con la longitud igual a o menos que tres veces el ancho.

3.1.9.2 Parámetros de Aceptación.

Las pruebas de procedimiento y de habilidad con examen por técnicas de líquidos penetrantes serán juzgadas inaceptables cuando el examen exhiba una indicación en exceso de los límites especificados abajo:

- Indicaciones lineales importantes;
- Indicaciones redondeadas importantes mayores que 3/ 16 pulg.
- Cuatro o más indicaciones redondeadas importantes en una línea separada por 1/ 16 pulg. O menos (orilla a orilla).

3.1.10. REFERENCIAS

ASME SECCION V articulo 6 evaluaciones por tintas penetrantes, ver Anexo 4, literal 1.

ASME SECCION IX calificación de soldaduras parte QW-soldaduras, ver Anexo 4, literal 1.

3.2. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN TÉCNICA POR MEDICIÓN DE ESPESORES DE TANQUES A PRESIÓN PARA GLP

3.2.1. OBJETO

Verificar si el tanque cumple con los espesores mínimos en las planchas metálicas tanto del cuerpo como de los casquetes y determinar el nivel de deterioro de las paredes del recipiente, además se realizará una inspección visual de corrosión y de medición de picaduras para determinar si el tanque está apto o no para su correcto funcionamiento, la inspección se realiza mediante procesos de ensayos no destructivos utilizando la técnica de ultrasonido para la medición de espesores de las planchas metálicas de los tanques para GLP.

3.2.2. ALCANCE

Aplica a todos los tanques metálicos horizontales y verticales para almacenamiento de GLP hasta 100 m^3 .

3.2.3. DEFINICIONES

- a. **Inspección Técnica:** Aquella que se realiza en la parte interior y/o exterior del tanque para determinar su estado y la presencia de defectos en sus diferentes partes constructivas.
- b. **Discontinuidad o variación:** Constituye una condición de defecto cuando ya sea por su ubicación, tamaño o morfología, incapacita el material para cumplir con las exigencias del diseño.
- c. **Medición de espesores:** Medición del espesor actual de las planchas metálicas. Se la realiza utilizando ultrasonido. Sirve para monitorear y controlar el avance de la corrosión que pudiera presentarse en el material de los tanques de almacenamiento.

3.2.4. SEGURIDAD

- a. Evaluación de riesgos por procedimiento a través del método de William Fine, ver tabla 3.2.
- b. Utilizar obligatoriamente los equipos de protección personal de acuerdo a la matriz de riesgos y selección de equipo de protección personal, ver ANEXO 1. Los equipos de protección personal a utilizar para minimizar los riesgos laborales en esta actividad son los siguientes:

				
Arnés anti caídas	Eslinga o línea de vida	Conectores	Casco de seguridad	Botas de seguridad
				
Gafas de seguridad	Guantes de seguridad	Ropa de trabajo		

- c. Revisar que no exista ningún producto inflamable o toxico alrededor del área de inspección o en el interior del tanque.
- d. Acordonar el área de trabajo con cinta de seguridad.

Tabla 3.2.Evaluación de riesgos para el procedimiento de inspección técnica por medición de espesores

EVALUACIÓN DE RIESGOS MÉTODO WILLIAM FINE																													
Procedimiento de inspección técnica de tanques a presión para GLP																		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">VALOR INDICE DE W. FINE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0 < GP < 18</td> <td>BAJO</td> </tr> <tr> <td>18 < GP <= 85</td> <td>MEDIO</td> </tr> <tr> <td>85 < GP <= 200</td> <td>ALTO</td> </tr> <tr> <td>GP > 200</td> <td>CRÍTICO</td> </tr> </tbody> </table>		VALOR INDICE DE W. FINE		0 < GP < 18	BAJO	18 < GP <= 85	MEDIO	85 < GP <= 200	ALTO	GP > 200	CRÍTICO
VALOR INDICE DE W. FINE																													
0 < GP < 18	BAJO																												
18 < GP <= 85	MEDIO																												
85 < GP <= 200	ALTO																												
GP > 200	CRÍTICO																												
PELIGRO IDENTIFICADO	CONSECUENCIA						EXPOSICIÓN						PROBABILIDAD						Grado de peligro										
Ponderación	100	50	25	15	5	1	10	6	3	2	1	0.5	10	6	3	1	0.5	0.1											
Atropello o golpe con vehículo			25						3								0.5		37.500										
Caída de personas desde diferente altura			25								1						0.5		12.500										
Caidas manipulación de cargas			25					6								1			150.000										
Espacios confinados																			NA										
Superficies irregulares					1							0.5					0.1		0.050										
Manejo de productos inflamables																			NA										
Proyección de partículas					1							0.5					0.1		0.050										
Exposición a radiación solar					1				3								0.5		1.500										
Exposición a temperaturas extremas					1				3								0.5		1.500										
Ruido																			NA										
Exposición a químicos																			NA										
Posiciones forzadas					1				3						3				9.000										

La señalización de obligación y advertencia por este procedimiento es la siguiente:



3.2.5. EQUIPOS A UTILIZAR

No	EQUIPO PRINCIPAL	CERTIFICADO DE CALIBRACION
1	Medidor de espesores	APLICA
2	Galga	APLICA

No	EQUIPO SECUNDARIO
1	Franelas
2	Gel de acoplamiento

3.2.6. DIAGRAMA DE FLUJO

Ver figura 3.5.

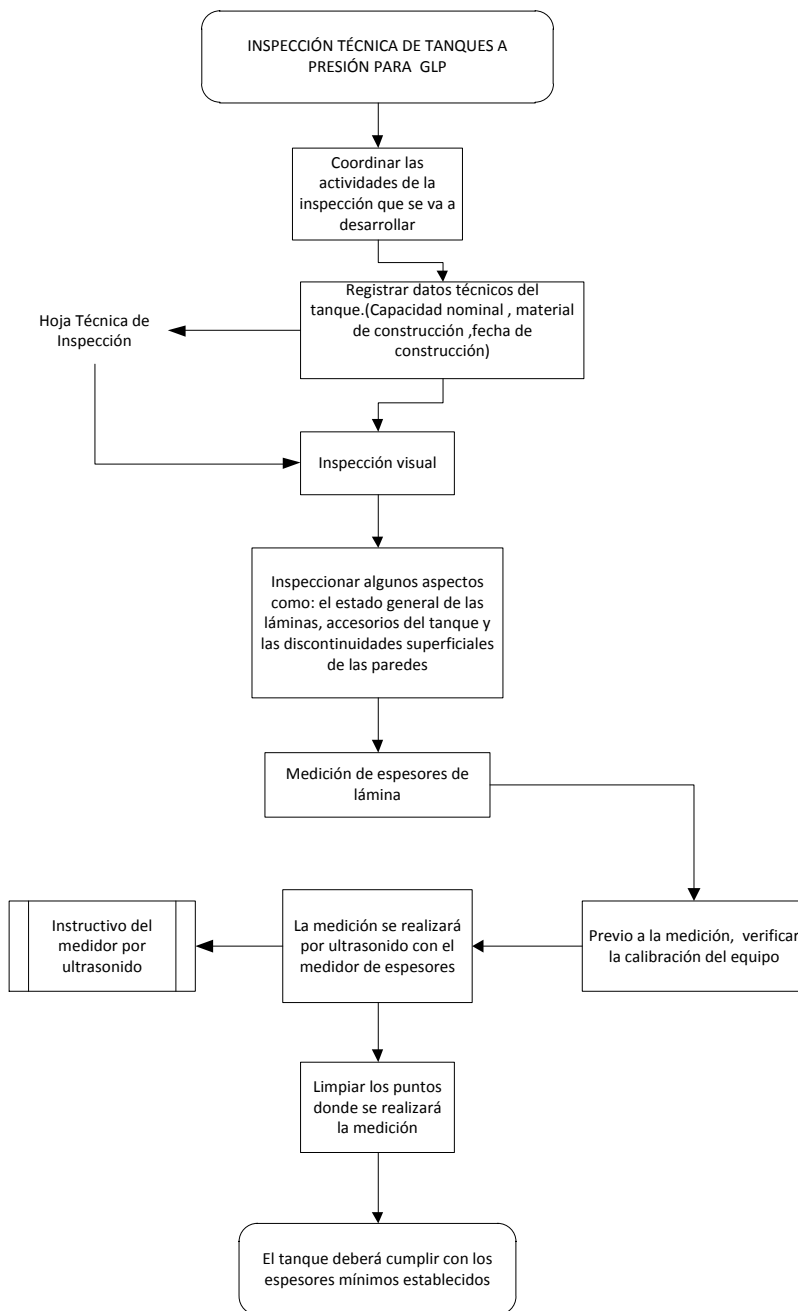


Figura 3.5. Diagrama de flujo para el procedimiento de inspección técnica

3.2.7. PROCESO DE INSPECCIÓN TÉCNICA

a. Inspección visual:

- Se debe inspeccionar en forma visual algunos aspectos como: el estado general de las láminas, accesorios del tanque y las discontinuidades superficiales de las paredes.
- Se debe revisar las deformaciones de las láminas, fisura y corrosión, si ese fuera el caso se debe anotar en la Hoja Técnica de Inspección. Ver hoja técnica de inspección, ver figura 3.6.

HOJA TÉCNICA DE INSPECCIÓN DE TANQUES Y AUTOTANQUES DE GLP

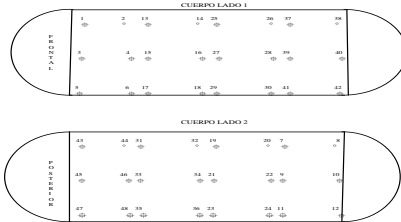
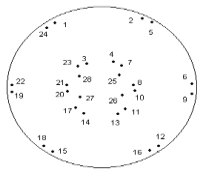
Nº	DATOS			
TANQUE				
FECHA INSPECCIÓN				
CLIENTE				
TIPO DE TANQUE	ESTAC. AUTOTG.			
CAPACIDAD m³				
PROYECTO / COMERCIALES				
MATERIAL FABRICACIÓN				
FECHA DE FABRICACIÓN				
TIPO INSPECCIÓN	INTERIOR - EXTER			
ESPESOR CÁSCA mm				
ESPESOR CASQUETES mm				
TIPO CASQUETES	SIMPLIC. SIMBLTIC.			
RECLAMAMIENTO	PRIMA			
FABRICANTE				

TABLA DE ESPESORES MEDIDOS

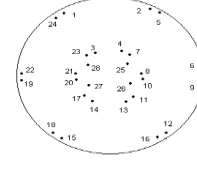
ZONA INSPECCIONADA VER ESQUEMA :

POSICION (VER ESQUEMA)	CUERPO	CASO. FRONTAL	CASO. POSTERIOR	OBSERVACIONES
	ESPESOR MEDIDO MM	ESPESOR MEDIDO MM	ESPESOR MEDIDO MM	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				

CASQUETE FRONTAL



CASQUETE POSTERIOR



INSPECTOR: _____ CUENTE: _____

Figura 3.6. Hoja de inspección

b. Medición de espesores de lámina:

- Previo a la medición se debe realizar la verificación de la calibración del equipo utilizando una galga patrón certificada por una entidad acreditada.
- La medición se realizará por ultrasonido con el medidor de espesores y el gel de acoplamiento, ver figura 3.7.
- Se debe encender el equipo de medición.
- Mida el componente colocando el palpador con gel sobre la pieza y presione. El valor de medición aparece en la pantalla.



Figura 3.7. Medidor de espesores por ultrasonido y gel acoplante

- Limpiar los puntos donde se realizará la medición, de acuerdo a los puntos indicados en la Hoja Técnica de Inspección, ver figura 3.6.
- Tomar todas las mediciones necesarias, en especial donde se tenga indicios de corrosión, ver figura 3.8. En caso de que exista una corrosión

generalizada se medirán puntos adicionales alrededor de los cordones de las sueldas.



Figura 3.8. Medición de espesores por ultrasonido de planchas de acero

3.2.8. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

El tanque deberá cumplir con los espesores mínimos establecidos en el rediseño del tanque conforme a la norma API 510. Donde se determinará la aceptación o rechazo del tanque de acuerdo al cálculo de vida remanente en base al grado de corrosión del tanque, el límite de operación es cuando el cálculo de vida remanente resultante es de 2 años de vida remanente o menos ,ver literales 3.2.10, 3.2.11 y 3.2.12.

3.2.9. REFERENCIAS

API 510 Código de Inspección de recipientes a presión: Inspección de mantenimiento, clasificación, reparación y alteración, ver Anexo 4, literal 2.

3.2.10. CÁLCULO DE LA VIDA ÚTIL DEL TANQUE DE PRESIÓN

El mantenimiento predictivo del recipiente ayuda a determinar el tiempo de vida útil u operatividad del tanque. En el proceso de medición de espesores, todos los

resultados obtenidos de los espesores medidos son utilizados para determinar la vida útil del tanque con lo mínimo requerido según la aplicación de la norma API 510 (Inspección de recipientes a presión), este cálculo se realiza por medio de la fórmula:

$$V_u = \frac{E_m - E_{min}}{V_c}$$

Dónde:

V_u = vida útil del tanque (en años)

E_m =espesor medido

E_{min} =espesor mínimo calculado

V_c =Velocidad de corrosión

3.2.11. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD DE CORROSIÓN

La velocidad de la corrosión es un parámetro que indica el deterioro del recipiente en el tiempo de funcionamiento en el cual se encuentra, obviamente para determinar la vida útil del tanque debemos calcular la velocidad de corrosión que tiene el recipiente, lo cual determinamos con la siguiente fórmula:

$$V_c = \frac{E_o - E_m}{T}$$

Dónde:

V_c = Velocidad de corrosión mm/año

E_o =espesor original de la plancha del tanque

E_m =espesor medido

T =edad del tanque (hay casos en que se desconoce el año de fabricación del tanque, para lo cual se determina con los años de operación en el lugar que se encuentra).

3.2.12. CÁLCULO DE ESPESORES MÍNIMO DE PARED DE TANQUE

En los cálculos anteriores se necesita calcular el espesor mínimo del cuerpo y casquetes además que es necesario para saber si el tanque está dentro de las condiciones permitidas de funcionamiento.

Para lo cual utilizaremos formulas según sea para el cuerpo del tanque y también para los casquetes, en el casquete varia el cálculo dependiendo de su forma de acuerdo a las siguientes formulas:

Cálculo de espesor mínimo en el cuerpo

$$t = \frac{P * R}{(SE - 0.6P)}$$

Cálculo de espesor mínimo en los casquetes

Para casquetes semiesféricos:

$$t = \frac{P * R}{(2SE - 0.2P)}$$

Para casquetes semielípticos:

$$t = \frac{P * D * K}{(2SE - 0.2P)}$$

Dónde:

t= espesor mínimo en el cuerpo

P= presión de diseño (generalmente para el diseño de tanques de almacenamiento de GLP se diseña a 250 psi).

R= radio interior del recipiente

E= eficiencia de la junta

S= esfuerzo máximo permisible (eso da el tipo de material utilizado en la construcción del tanque)

D= Diámetro interior del recipiente

K = Factor para casquete semielíptico

El factor K se calcula por medio de la fórmula:

$$K = \frac{\left(\left(\frac{D}{2}\right) h\right)^2 + 2}{(6)}$$

Dónde:

h= altura del casquete.

Con todos estos datos podemos determinar si el tanque está en óptimas condiciones para trabajar si el espesor medido está por encima del espesor calculado, y determinar así que tiempo más de operatividad tiene el tanque y con lo cual podemos determinar la frecuencia de la inspección.

Por ejemplo si el tiempo de vida útil de algún punto medido no sale cerca de los cuatro años, la frecuencia de inspección se reduce de cuatro años a dos años.

3.3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN TÉCNICA DE PRUEBA HIDROSTÁTICA DE TANQUES PARA GLP

3.3.1. OBJETO

El objeto de la Prueba Hidrostática consiste en presurizar al tanque por medio de agua, sin estar en funcionamiento, es decir desconectado sus partes mecánicas y

neumáticas, con el fin de inspeccionar y verificar si el tanque posee algún tipo de irregularidad o desperfecto (fisuras, liqueo) que condicione la operatividad del mismo.

El procedimiento para realizar la Prueba Hidrostática de Tanques de GLP, está basada en su presión de diseño con la introducción de líquido a presión.

3.3.2. ALCANCE

Este procedimiento aplica para la realización de las pruebas de presión a tanques metálicos de GLP hasta 100 m³.

3.3.3. DEFINICIONES

- a. **Presión de Prueba:** Es la presión interna, en cada punto, a la que se deberá someter el tanque en la prueba hidrostática, no deberá ser inferior a 1,25 veces la presión de diseño marcada en la placa del tanque.
- b. **Venteo en la parte más alta:** Los venteos deberán estar ubicados en las partes más altas del tanque para purificar la mayor cantidad de aire posible y evitar la formación de bolsas de aire al momento del llenado con agua.

3.3.4. SEGURIDAD

- a. Evaluación de riesgos por procedimiento a través del método de William Fine, ver tabla 3.9:
- b. Utilizar obligatoriamente los equipos de protección personal de acuerdo a la matriz de riesgos y selección de equipo de protección personal, ver Anexo 1. Los equipos de protección personal a utilizar para minimizar los riesgos laborales en esta actividad son los siguientes:

				
Arnés anti caídas	Eslinga o línea de vida	Conectores	Casco de seguridad	Botas de seguridad
				
Protección de oídos	Guantes de seguridad	Ropa de trabajo		

La señalización de obligación y advertencia por este procedimiento es la siguiente:

OBLIGACIÓN		
		
		
ADVERTENCIA		
		



- c. Revisar que no exista ningún producto inflamable o tóxico alrededor del área de inspección o en el interior del tanque.
- d. Acordonar el área de trabajo con cinta de seguridad.

3.3.5. EQUIPOS A UTILIZAR

Nº	NOMBRE DE EQUIPOS	CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN
1	Manómetro	APLICA
2	Termómetro	APLICA
3	Bomba de presión	NO APLICA

Nº	MATERIALES
1	Mangueras
2	Herramienta menor

No necesariamente se utilizarán todos los equipos y herramientas especificados.

Tabla 3.9. Evaluación de riesgos para el procedimiento de inspección por prueba hidrostática

EVALUACIÓN DE RIESGOS MÉTODO WILLIAM FINE																												
Procedimiento de inspección técnica de prueba hidrostática de tanques para GLP																		<table border="1"> <tr> <th colspan="2">VALOR INDICE DE W. FINE</th> </tr> <tr> <td>0 < GP < 18</td> <td>BAJO</td> </tr> <tr> <td>18 < GP <= 85</td> <td>MEDIO</td> </tr> <tr> <td>85 < GP <= 200</td> <td>ALTO</td> </tr> <tr> <td>GP > 200</td> <td>CRITICO</td> </tr> </table>	VALOR INDICE DE W. FINE		0 < GP < 18	BAJO	18 < GP <= 85	MEDIO	85 < GP <= 200	ALTO	GP > 200	CRITICO
VALOR INDICE DE W. FINE																												
0 < GP < 18	BAJO																											
18 < GP <= 85	MEDIO																											
85 < GP <= 200	ALTO																											
GP > 200	CRITICO																											
PELIGRO IDENTIFICADO	CONSECUENCIA					EXPOSICIÓN						PROBABILIDAD						Grado de peligro										
Ponderación	100	50	25	15	5	1	10	6	3	2	1	0.5	10	6	3	1	0.5		0.1									
Atropello o golpe con vehículo			25						3							1			75.000									
Caída de personas desde diferente altura			25						3								0.5		37.500									
Caidas manipulación de objetos			25					6								1			150.000									
Espacios confinados																			NA									
Superficies irregulares																			0.000									
Manejo de productos inflamables																			NA									
Proyección de partículas																			0.000									
Exposición a radiación solar						1			3						3				9.000									
Exposición a temperaturas extremas						1			3						3				9.000									
Ruido						1			3							1			NA									
Exposición a químicos																			NA									
Posiciones forzadas																			0.000									

3.3.6. DIAGRAMA DE FLUJO

Ver figura 3.9.

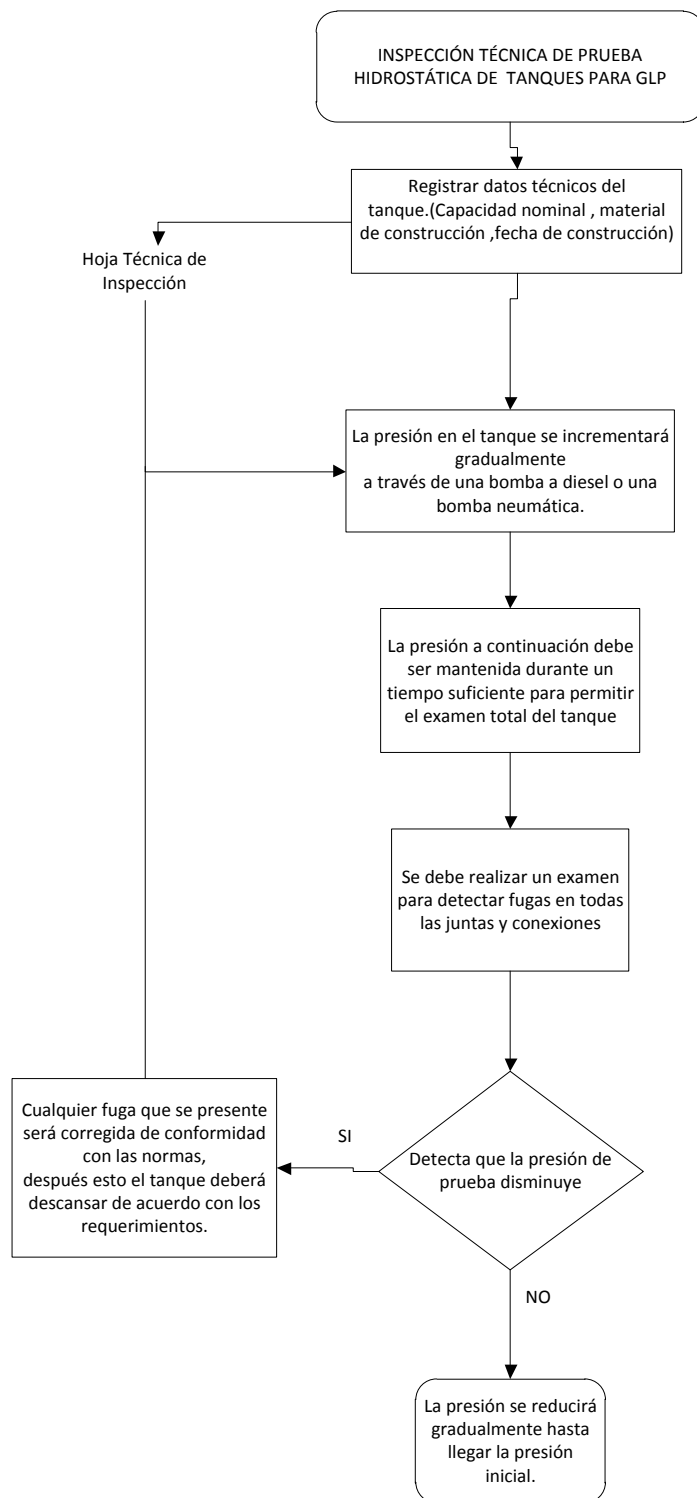


Figura 3.9. Diagrama de flujo para el procedimiento de inspección de prueba hidrostática

3.3.7. INSPECCIÓN DE PRUEBA HIDROSTÁTICA

a. Fluidos y temperaturas

- Cualquier líquido no peligroso, a cualquier temperatura, puede ser utilizado para la prueba hidrostática si está bajo de su punto de ebullición. El líquido a utilizar para la prueba hidrostática será agua.
- Se pueden utilizar líquidos inflamables, tales como destilados de petróleo, cuyo punto de inflamación sea menor de 110 ° F (43 ° C). Solamente cuando las temperaturas estén cerca de la atmosférica.
- Se recomienda que durante la prueba hidrostática la temperatura del metal del tanque, para un espesor < a 50 mm la temperatura no debe ser menor a 42,8° F (6°C) y no debe exceder de 120°F (49°C), para minimizar el riesgo de fragilidad y fractura.
- La presión de prueba no se aplicará hasta el que el tanque y el medio de presurización se encuentren cerca de la misma temperatura. Si la temperatura de ensayo excede los 120 ° F (49 ° C), se recomienda que la prueba del tanque se posponga hasta que las temperaturas se reduzcan a 120 ° F (49 ° C).

b. Verificación de Equipo de prueba

- Antes de aplicar presión, todo el equipo de prueba debe ser inspeccionado para verificar que están correctamente apretadas todas las líneas de envasado a baja presión y que los accesorios necesarios, que no deben ser sometidos a la presión de prueba, sean desconectados o aislados por válvulas u otros medios adecuados.

c. Aplicación de la prueba de presión de prueba

- La presión en el tanque se incrementará gradualmente en pasos de aproximadamente una décima parte hasta alcanzar la presión prueba requerida a través de una bomba a diesel o una bomba neumática, ver figura 3.10.

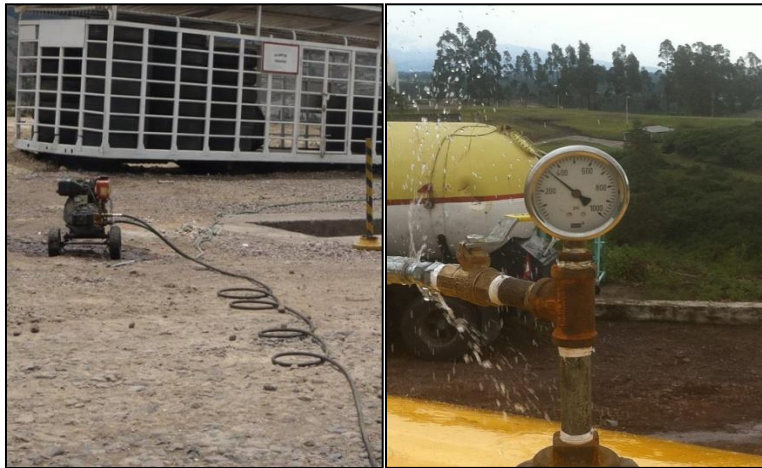


Figura 3.10. Bomba de presión y manómetro para la prueba de presión

- La presión a continuación debe ser mantenida durante un tiempo suficiente para permitir el examen total del tanque (30 minutos a cuatro horas). Periódicamente se deben tomar y registrar lecturas de los manómetros instalados para la prueba para verificar que no exista variación de la presión de prueba. Estas mediciones se registran en la hoja técnica de inspección para prueba hidrostática, ver figura 3.11.
- Luego de la aplicación de la presión de prueba hidrostática, se debe realizar un examen visual para detectar fugas en todas las juntas, conexiones y todas las regiones de tensión alta tales como los codos de la cabeza, las regiones alrededor de las aberturas, y secciones con espesores de transición.

El examen se llevará a cabo a una presión igual a la presión de prueba o de tres cuartos de la misma.

- Si no existen variaciones de la presión, luego de cumplido el tiempo estipulado la presión se reducirá gradualmente hasta llegar la presión inicial.
- Si se detecta que la presión de prueba disminuye durante el tiempo de prueba, se debe suspender la prueba y proceder al examen del tanque para reparar las fugas que tenga y luego proceder nuevamente con este procedimiento.
- Cualquier fuga que se presente será corregida de conformidad con las normas, después esto el tanque deberá descansar de acuerdo con los requerimientos. Luego será sometido nuevamente a la prueba de conformidad con estos requisitos.

3.3.8. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

La presión de prueba debe ser de 1.25 veces la presión de diseño del tanque. (En este caso para los recipiente a presión de GLP están diseñados para una presión de 250 PSI , por lo tanto la presión de prueba es de 312.5) después de un lapso de mínimo de 2 horas hasta máximo 4 horas.

El tanque deberá mantener la presión de prueba con una tolerancia del 3 % de la presión de prueba. En el caso de que la presión baje considerablemente por fugas o fisuras la prueba será rechazada caso contrario la prueba será aceptada.

HOJA TECNICA DE INSPECCION PRUEBA HIDROSTATICA PARA TQS DE GLP

EQUIPO / COMPONENTE:	FECHA DE INSPECCION	NO:
CAPACIDAD:	NUMERO DE SERIE:	
ORDEN DE TRABAJO N°:	CLIENTE:	
FECHA DE FABRICACION Y FABRICANTE:	PRODUCTO:	

PRUEBA HIDROSTÁTICA

FLUIDO USADO Y TEMPERATURA :	TIEMPO DE PRUEBA:		
LLENADO AL 100%			
	MEDIDA INICIAL	MEDIDA FINAL	DIFERENCIA
1			
2			
3			
4			
5			
RESULTADO DE ENSAYO:			
TECNICO:	SUPERVISOR:		
FIRMA:	FIRMA:		

Figura 3.11. Hoja técnica de inspección para la prueba hidrostática

3.3.9. REFERENCIAS

ASME VIII DIV.2 Reglas para construcción de recipientes a presión PARTE AT
Artículo T-3 Párrafo AT-300, ver Anexo 4, literal 3.

3.4. PROCEDIMIENTO INSPECCIÓN CON PROPÓSITO DE CALIBRACIÓN GEOMÉTRICA DE TANQUES HORIZONTALES PARA GLP

3.4.1. OBJETO

Establecer los criterios necesarios para efectuar la toma de datos manualmente de las medidas necesarias de los tanques de GLP, las mismas que servirán para el cálculo de la Tabla de Capacidades del Tanque que reflejan la cantidad de producto.

3.4.2. ALCANCE

Aplica a los tanques metálicos cilíndricos horizontales de GLP hasta 100 m³.

3.4.3. DEFINICIONES

- a. **Volumen total del tanque:** volumen máximo de agua que puede contener el tanque expresado en m³.
- b. **Tabla de Capacidades:** Muestra las capacidades o volúmenes del tanque para varios niveles de líquido medidos desde un punto de referencia marcado en el tanque.
- c. **Cinta de Trabajo:** Cinta flexible de acero graduada en mm. Debe estar previamente calibrada con una Cinta Patrón.
- d. **Sunchado del Tanque:** Es el término comúnmente aplicado a la medición con cinta de tanques.

3.4.4. SEGURIDAD

- a. Evaluación de riesgos por procedimiento a través del método de William Fine, ver tabla 3.12.

Tabla 3.12. Evaluación de riesgo para el procedimiento de calibración geométrica

EVALUACIÓN DE RIESGOS MÉTODO WILLIAM FINE																												
Procedimiento inspección con propósito de calibración geométrica de tanques horizontales para GLP																	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">VALOR INDICE DE W. FINE</th> </tr> <tr> <td>0 < GP < 18</td> <td>BAJO</td> </tr> <tr> <td>18 < GP <= 85</td> <td>MEDIO</td> </tr> <tr> <td>85 < GP <= 200</td> <td>ALTO</td> </tr> <tr> <td>GP > 200</td> <td>CRITICO</td> </tr> </table>		VALOR INDICE DE W. FINE		0 < GP < 18	BAJO	18 < GP <= 85	MEDIO	85 < GP <= 200	ALTO	GP > 200	CRITICO
VALOR INDICE DE W. FINE																												
0 < GP < 18	BAJO																											
18 < GP <= 85	MEDIO																											
85 < GP <= 200	ALTO																											
GP > 200	CRITICO																											
PELIGRO IDENTIFICADO	CONSECUENCIA						EXPOSICIÓN						PROBABILIDAD						Grado de peligro									
Ponderación	100	50	25	15	5	1	10	6	3	2	1	0,5	10	6	3	1	0,5	0,1										
Atropello o golpe con vehículo			25						3								0,5		NA									
Caída de personas desde diferente altura			25								1						0,5		12,500									
Caidas manipulación de objetos			25					6								1			NA									
Espacios confinados																			NA									
Superficies irregulares						1						0,5						0,1	0,050									
Manejo de productos inflamables																			NA									
Proyección de partículas						1						0,5						0,1	0,050									
Exposición a radiación solar						1			3								0,5		NA									
Exposición a temperaturas extremas						1			3								0,5		1,500									
Ruido																			NA									
Exposición a químicos																			NA									
Posiciones forzadas						1			3						3				9,000									

- b. Uso obligatorio de equipos de protección personal de acuerdo a la matriz de riesgos y selección de equipo de protección personal. Ver Anexo 1.
- c. Los equipos de protección personal a utilizar para minimizar los riesgos laborales en esta actividad son los siguientes:

				
Arnés anti caídas	Eslinga o línea de vida	Conectores	Casco de seguridad	Botas de seguridad
				
Gafas de seguridad	Guantes de seguridad	Ropa de trabajo	Respirador	Filtros para vapores

La señalización de obligación y advertencia para este procedimiento es la siguiente:

OBLIGACIÓN		
		
		



- e. Revisar que no exista ningún producto inflamable o tóxico alrededor del área de inspección o en el interior del tanque.
- f. Acordonar el área de trabajo con cinta de seguridad.

3.4.5. EQUIPOS A UTILIZAR

No	EQUIPO PRINCIPAL	CERTIFICADO DE CALIBRACION
1	Cinta metálica	APLICA
2	Medidor de espesores	APLICA
3	Galga	APLICA

3.4.6. DIAGRAMA DE FLUJO

Ver figura 3.12.

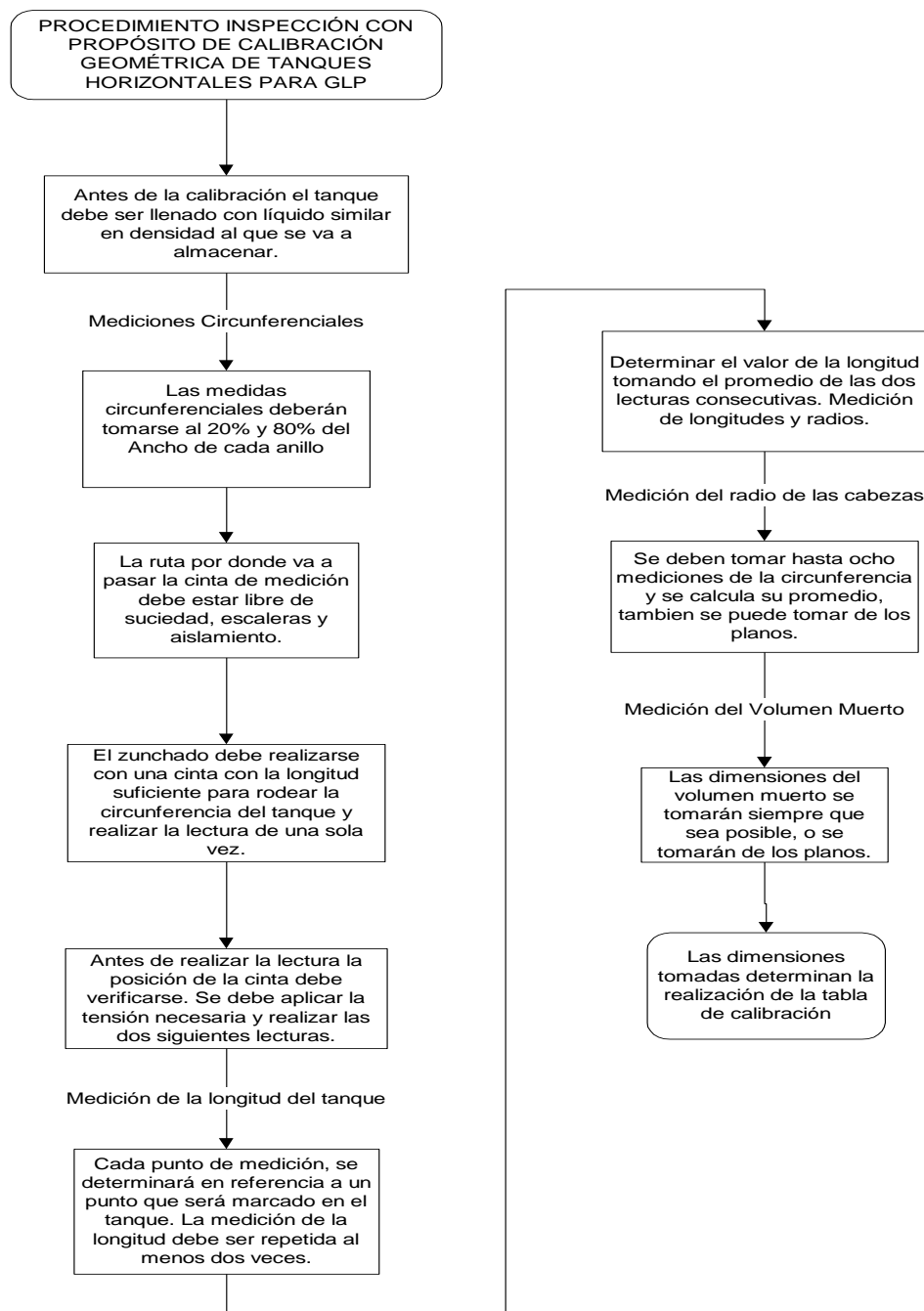


Figura 3.12. Diagrama de flujo para el procedimiento de calibración geométrica

3.4.7. DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Si las mediciones deben ser interrumpidas por alguna causa, las mismas se deben reanudar posteriormente desde el punto en que se interrumpieron. No es necesario repetir las ya realizadas.

Antes de la calibración el tanque debe ser llenado con líquido similar en densidad al que se va a almacenar. La prueba hidrostática satisface este requerimiento, la misma debe haber sido realizada por lo menos 24 horas antes de la calibración. Si ya se ha realizado la prueba hidrostática con anterioridad a la fecha de calibración se debe adjuntar el certificado de la misma. Si no se ha realizado ninguna prueba hidrostática se debe proceder a efectuarla antes de iniciar el proceso de calibración del tanque.

- a. **Mediciones Circunferenciales:** Las medidas circunferenciales (perímetro del cuerpo cilíndrico del tanque) deberán tomarse al 20% y 80% del ancho de cada anillo, ver figura 3.13.

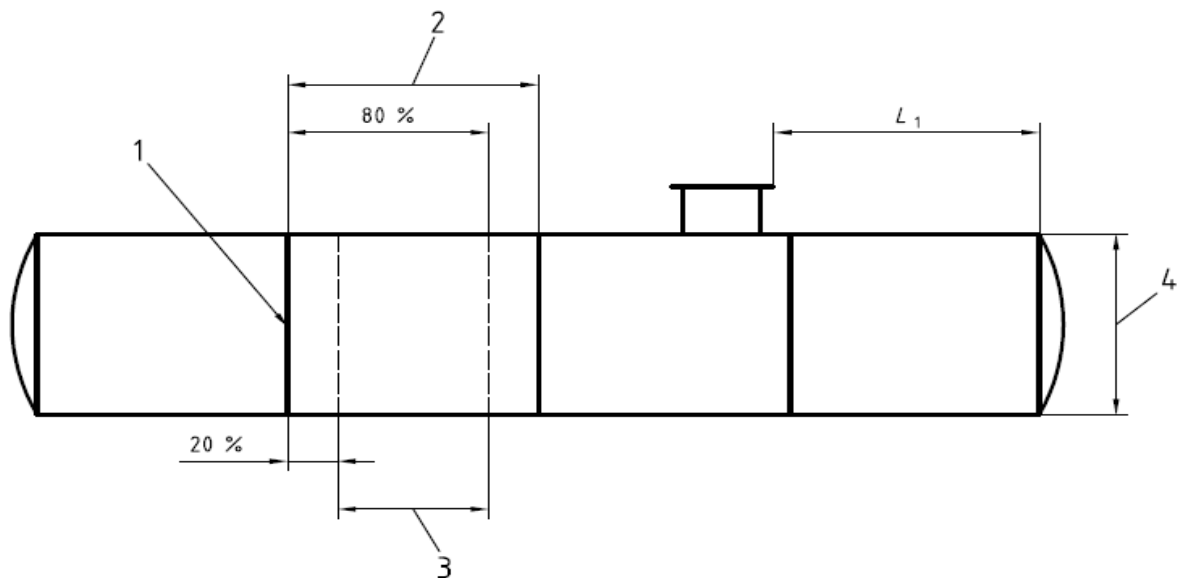


Figura 3.13. Ubicación para la toma de medidas respectivas del tanque

Dónde:

1. Cordón de soldadura
2. Ancho del anillo
3. Medición de circunferencia
4. Altura referencial

Si las medidas circunferenciales tomadas en anillos sucesivos indican variaciones inusuales o distorsiones, se deben realizar mediciones adicionales para obtener un resultado satisfactorio. Los sitios donde se deben tomar las medidas circunferenciales están definidos en la hoja de técnica de inspección, ver figura 3.14.

La ruta por donde va a pasar la cinta de medición debe estar libre de suciedad, escaleras y aislamiento. Ocasionalmente, alguna característica en la construcción del tanque, como un manhole o una caja de aislamiento vuelven impracticable realizar la medición, se puede escoger otra ruta situada cerca del centro del anillo. Se debe anotar la nueva ruta escogida y el motivo de este cambio.

El zunchado debe realizarse con una cinta con la longitud suficiente para rodear la circunferencia del tanque y realizar la lectura de una sola vez.

Se deben realizar dos lecturas en cada punto y anotar su promedio.

Una vez que se ha tomado la medida circunferencial, la tensión de la cinta debe aflojarse lo suficiente para permitir su desplazamiento al próximo punto de medición. Se debe aplicar la tensión necesaria y realizar las dos siguientes lecturas, ver figura 3.15.

HOJA TÉCNICA DE INSPECCIÓN DE TANQUES DE GLP																																				
DATOS DEL TANQUE	DATOS																																			
FECHA INSPECCIÓN																																				
CLIENTE																																				
TIPO DE TANQUE	ESTAC. AUTOTQ.																																			
CAPACIDAD m ³																																				
PRODUCTO - COMBUSTIBLES																																				
MATERIAL FABRICACIÓN																																				
FECHA DE FABRICACION																																				
TIO INSPECCIÓN	INTERIOR - EXTER																																			
ESPEJOR CUERPO mm																																				
ESPEJOR CASQUETES mm																																				
TIPO CASQUETES	SEMSFEC. / SEMELIPTC.																																			
RECURRIMIENTO	PINTURA																																			
FABRICANTE																																				
OBSERVACIONES.																																				
		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">MEDIDAS mm</th> <th style="width: 40%;">OBSERVACIONES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Longitud 1</td> <td>L =</td> </tr> <tr> <td>Longitud 2</td> <td>D =</td> </tr> <tr> <td>Longitud 3</td> <td>H =</td> </tr> <tr> <td>Perímetro 1 Cuerpo</td> <td>S1 =</td> </tr> <tr> <td>Perímetro 2 Cuerpo</td> <td>S2 =</td> </tr> <tr> <td>Perímetro 3 Cuerpo</td> <td>SC =</td> </tr> <tr> <td>Perímetro 4 Cuerpo</td> <td>SC =</td> </tr> <tr> <td>Perímetro 5 Cuerpo</td> <td>SC =</td> </tr> <tr> <td>Perímetro 6 Cuerpo</td> <td>SC =</td> </tr> <tr> <td>Diámetro</td> <td>D =</td> </tr> <tr> <td>Altura Casquete A</td> <td>H =</td> </tr> <tr> <td>Abolladuras: Altura Casquete B</td> <td>S1 =</td> </tr> <tr> <td>Corrosión: Perímetro 1 Casquete A</td> <td>S2 =</td> </tr> <tr> <td>Recubrimiento: Perímetro 2 Casquete A</td> <td>SC =</td> </tr> <tr> <td>Accesorios: Perímetro 1 Casquete B</td> <td>SC =</td> </tr> <tr> <td>Otros: Perímetro 2 Casquete B</td> <td>SC =</td> </tr> </tbody> </table>	MEDIDAS mm	OBSERVACIONES	Longitud 1	L =	Longitud 2	D =	Longitud 3	H =	Perímetro 1 Cuerpo	S1 =	Perímetro 2 Cuerpo	S2 =	Perímetro 3 Cuerpo	SC =	Perímetro 4 Cuerpo	SC =	Perímetro 5 Cuerpo	SC =	Perímetro 6 Cuerpo	SC =	Diámetro	D =	Altura Casquete A	H =	Abolladuras: Altura Casquete B	S1 =	Corrosión: Perímetro 1 Casquete A	S2 =	Recubrimiento: Perímetro 2 Casquete A	SC =	Accesorios: Perímetro 1 Casquete B	SC =	Otros: Perímetro 2 Casquete B	SC =
MEDIDAS mm	OBSERVACIONES																																			
Longitud 1	L =																																			
Longitud 2	D =																																			
Longitud 3	H =																																			
Perímetro 1 Cuerpo	S1 =																																			
Perímetro 2 Cuerpo	S2 =																																			
Perímetro 3 Cuerpo	SC =																																			
Perímetro 4 Cuerpo	SC =																																			
Perímetro 5 Cuerpo	SC =																																			
Perímetro 6 Cuerpo	SC =																																			
Diámetro	D =																																			
Altura Casquete A	H =																																			
Abolladuras: Altura Casquete B	S1 =																																			
Corrosión: Perímetro 1 Casquete A	S2 =																																			
Recubrimiento: Perímetro 2 Casquete A	SC =																																			
Accesorios: Perímetro 1 Casquete B	SC =																																			
Otros: Perímetro 2 Casquete B	SC =																																			
INSPECTOR: _____		CLIENTE: _____																																		

Figura 3.14. Hoja técnica de inspección para la calibración geométrica de tanques horizontales para GLP



Figura 3.15. Zunchado de un tanque cilíndrico horizontal

- b. **La medición de la longitud del tanque:** Se medirá entre los cordones de soldadura de las cabezas. Se medirá también la longitud total del tanque, entre sus puntos más salientes, ver figura 3.16.



Figura 3.16. Toma de dato de la medida de longitud de un tanque horizontal

La medición de la longitud debe ser repetida al menos dos veces.

- c. **Medición del radio de las cabezas:** Se medirá utilizando plantillas o medidores de profundidad si es posible. Se deben tomar hasta ocho mediciones de la circunferencia y se calcula su promedio, o se puede tomar de los planos, ver figura 3.17.



Figura 3.17. Toma de medida de la redondez de la cabeza del tanque

Las medidas físicas son preferibles que las indicadas en los planos.

- d. Medición del Volumen Muerto:** Las dimensiones del volumen muerto se tomarán siempre que sea posible, o se tomarán de los planos.

3.4.8. CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

El tanque deberá cumplir con la capacidad nominal de los datos de placa del fabricante con una tolerancia de $\pm 2\%$. Donde se determinara la aceptación o rechazo de la tabla volumétrica del tanque.

Tolerancia: Las mediciones se deben leer con una precisión de 1 mm. Se considerará mediciones satisfactorias si dos lecturas consecutivas en cada uno de los parámetros antes indicado como es longitud perímetro de la circunferencia del cuerpo cilíndrico y semicircunferencia de los casquetes se encuentran dentro de la tolerancia de $\pm 0,03\%$ o 3 mm de diferencia entre medidas realizadas de cada parámetro.

Si las mediciones realizadas no cumplen la tolerancia, se realizarán nuevamente y se registrarán si dos lecturas consecutivas están dentro de la tolerancia. El promedio de estas dos lecturas, se considerará como la medida para el cálculo en la tabla volumétrica. Si las mediciones consecutivas no están dentro de la tolerancia, la razón de la discrepancia, se determinará y el procedimiento de calibración se repetirá.

3.4.8.1. Referencia

API MPMS Capítulo 2.2E. Calibración De Tanques cilíndricos horizontales. Métodos manuales, ver Anexo 4, literal 4.

3.4.8.2. Cálculo del volumen total y parcial del tanque a presión

Los tanques a presión en el proceso de mantenimiento, necesariamente se tienen que recalibrar, con el propósito de verificar si no existen algún tipo de deformaciones y si las paredes del tanque no han cedido.

El cálculo se realiza en porcentaje en base al cálculo del volumen total que puede almacenar el tanque, el cual será medido por el rotogage, este instrumento de medida indica el porcentaje al cual está la cantidad de GLP dentro del tanque.

3.4.8.3. Fórmula para el cálculo del volumen total de un tanque

Se lo expresa mediante la siguiente fórmula

$$V_t = l^* [r^2 \arccos\{(r-h)/r\} - (r-h)(2*r*h-h^2)^{0.5}] + K*\pi*h^2(r-h/3)$$

Dónde:

V_t =volumen total que puede almacenar el tanque

r = radio interno del cuerpo del tanque.

h=altura del nivel del producto.

K=constante de la relación de la altura interna del casquete para el radio.

l=longitud del cilindro del tanque medido desde las soldaduras entre el cuerpo y los casquetes.

Esta fórmula se desarrolla en base a lo que indica la norma API MPMS 2.2 E

El incremental de volumen en porcentaje, para la lectura en el rotogage se daría por:

$$\text{Volumen por cada por ciento} = \frac{\text{Volumen total} * \text{Valor porcentual}}{\text{cien por ciento}}$$

Dónde:

Volumen por cada por ciento : Se define como la volumen en cada incremento porcentual , en este caso el que marca en el rotogage, puesto que este instrumento de medida indica la cantidad de volumen de producto dentro del tanque en forma porcentual

Volumen Total: Es el volumen total calculado el cual nos servirá para calcular el valor a un tanto por ciento determinado.

Valor porcentual: Es el valor porcentual determinado en este caso el que marque el rotogage o si se genera una tabla de valores de porcentaje vs. Volumen es el valor porcentual en el que se necesita saber cuánto de volumen está almacenado en el tanque.

CIENTO POR CIENTO: Es el 100% al momento de relacionar el volumen total con el volumen parcial en forma porcentual

Esta operación se hace para cálculo porcentual ya que la medición del volumen se realiza con el rotogage el cual expresa la cantidad de volumen que se encuentra dentro del recipiente en forma porcentual y el valor de volumen al que corresponde estará en la tabla volumétrica calculada.

3.5. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE VÁLVULAS DE ALIVIO DE PRESIÓN PARA RECIPIENTES DE GLP

3.5.1. OBJETO

Realizar la verificación de la presión de disparo de las válvulas de alivio de presión para recipientes de GLP.

3.5.2. ALCANCE

Aplica a las todas Válvulas de Alivio de Presión instaladas en recipientes de GLP de hasta 100 m³.

3.5.3. DEFINICIONES

- a. **Válvula de Alivio de Presión:** Elemento automático, utilizado para aliviar la presión excedente del GLP dentro de un recipiente, permitiendo el escape de vapor del GLP de acuerdo con la calibración y capacidad de desfogue establecidos.
- b. **Capacidad de venteo o desfogue:** Volumen de gas que puede ser evacuada en un determinado tiempo, por una válvula instalada en un recipiente sometido a presión por el contenido de GLP.
- c. **Presión de venteo o desfogue:** Es la presión a la cual el dispositivo de seguridad de la válvula se acciona automáticamente permitiendo su apertura y liberación de GLP gaseoso.

3.5.4. SEGURIDAD

- e. Evaluación de riesgos por procedimiento a través del método de William Fine, ver tabla 3.13.
- f. Utilizar obligatoriamente los equipos de protección personal de acuerdo a la matriz de riesgos y selección de equipo de protección personal. Ver ANEXO 1. Los equipos de protección personal a utilizar para minimizar los riesgos laborales en esta actividad son los siguientes:

				
Arnés anti caídas	Eslinga o línea de vida	Conectores	Casco de seguridad	Botas de seguridad
				
Gafas de seguridad	Guantes de seguridad	Ropa de trabajo		

Tabla 3.13. Evaluación de riesgos para el procedimiento de verificación de válvulas de alivio

EVALUACIÓN DE RIESGOS MÉTODO WILLIAM FINE																					
PROCEDIMIENTO:		Procedimiento de inspección de válvulas de alivio de presión para recipientes de GLP																			
PELIGRO IDENTIFICADO	Factor de riesgo	CONSECUENCIA						EXPOSICIÓN						PROBABILIDAD					Grado de peligro		
		Catástrofe, muertes, grandes daños, cuadrante en la actividad	Varios muertos, daños desde 500.000 a 1.000.000	Muerte, daños de 100.000 a 500.000	Lesiones extensivamente graves (amputación, invalidez permanente)	Lesiones con baja no graves	Pequeñas heridas, contusiones, golpes, pequeños daños	Continuamente (o muchas veces al día)	Frecuentemente (1 vez al día)	Ocasionalmente (1 vez/semana -1 vez/mes)	Irregularmente (1 vez/mes -1 vez/año)	Raramente (se ha sabido que ha ocurrido)	Raramente posible (lo se conoce que haya ocurrido)	El resultado más posible y esperado, si se presenta la situación de riesgo	Es completamente posible, no sería nada extraño, 50% posible	Sería una secuencia o coincidencia rara	Sería una coincidencia remotamente posible, se sabe qué ha ocurrido	Extremadamente remota pero concebible, no ha pasado en años		Prácticamente imposible (probabilidad 1 en 1.000.000)	
Ponderación		100	50	25	15	5	1	10	6	3	2	1	0,5	10	6	3	1	0,5	0,1		
Atropello o golpe con vehículo	Comprende los atropellos de trabajadores por vehículos que circulan por el área en la que se encuentra el obrero.																				NA
Caída de personas desde diferente altura	Comprende caída de personas desde alturas como las caídas en profundidades. De andamios, Pósteros, plataformas, etc... De escaleras, fijas o portátiles. A pozos, excavaciones, aberturas, del suelo, etc... ESCALERAS FIJAS Y SUPERFICIES DE TRABAJO Lados abiertos de escaleras y rampas a más de 60 cm de altura sin proteger.																				NA
CAÍDAS MANIPULACIÓN DE OBJETOS	Considera riesgos de accidentes por caídas de materiales, herramientas, aparatos, etc., que se estén manejando o transportando manualmente o con ayudas mecánicas, siempre que el accidentado sea el trabajador que este manipulando el objeto que cae.																				NA
Espacios confinados	Calidad de aire deficiente: puede haber una cantidad insuficiente de oxígeno para que el trabajador pueda respirar. La atmósfera puede contener alguna sustancia venenosa que haga que el trabajador se enferme o que incluso lo provoque pérdida de conocimiento. Las exposiciones químicas debido a contacto con la piel o por ingestión así como inhalación de "aire de baja calidad". Riesgo de incendios: pueden haber atmósferas inflamables/explosivas debido a líquidos inflamables y gases y polvos combustibles que si se encienden pueden llevar a un incendio o a una explosión. Procesos relacionados con riesgos tales como residuos químicos, liberación de contenidos de una línea de suministro.																				NA
Superficies irregulares	Los empleados podrían tener afecciones osteomusculares (lesión dorsales) por distensión de varios ligamentos en las articulaciones de las extremidades inferiores por efecto a caminar o transferir por superficies irregulares.							1		3						3					9,000
Manejo de productos inflamables	Accidentes producidos por los efectos del fuego o sus consecuencias. Falta de señalización de advertencia, prohibición, obligación, salvamento o socorro o de lucha contra incendios.																				NA
Proyección de partículas	Circunstancia que se puede manifestar en lesiones producidas por piezas, fragmentos o pequeñas partículas de material, proyectadas por una máquina, herramientas o materia prima a conformar.																				0,000
Exposición a radiación solar	Posibilidad de lesión o afección por la acción de los rayos solares.							1		3						3					9,000
Exposición a temperaturas extremas	El trabajador sufre alteraciones fisiológicas por encontrarse expuesto a ambientes específicos de: Calor extremo (atmosférico o ambiental), Frio extremo (atmosférico o ambiental).							1		3						3					9,000
Ruido	El ruido es un contaminante físico que se transmite por el aire mediante un movimiento ondulatorio. Se genera ruido en: Motores eléctricos o de combustión interna, Escapes de aire comprimido, Rozamientos o impactos de partes metálicas, Máquinas.																				NA
Exposición a químicos	Los contaminantes químicos son sustancias de naturaleza química en forma sólida, líquida o gaseosa que penetran en el cuerpo del trabajador por vía dérmica, digestiva, respiratoria o parenteral. El riesgo viene definido por la dosis que a su vez se define en función del tiempo de exposición y de la concentración de dicha sustancia en el ambiente de trabajo.							1		3						6					18,000
Posiciones forzadas	La carga física del trabajo se produce como consecuencia de las actividades físicas que se realizan para la consecución de dicha tarea. Consecuencia directa de una carga física excesiva será la fatiga muscular, que se traduce en patología osteomuscular, aumento del riesgo de accidente, disminución de la productividad y calidad del trabajo, en un aumento de la insatisfacción personal o en incomfort. La fatiga física se estudia en cuanto a trabajos estáticos y dinámicos. En cuanto a la posición, clasificaremos los trabajos en cuanto a que se realicen de pie, sentado o de forma alternativa.																				NA

VALOR INDICE DE W. FINE	
0< GP < 18	BAJO
18< GP <= 85	MEDIO
85< GP <= 200	ALTO
GP > 200	CRÍTICO

3.5.4.1. Equipos a utilizar

Nº	NOMBRE DE EQUIPOS	CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN
1	Bomba de presión 1500 psi	NO APLICA
2	Depósito de agua	NO APLICA
3	Válvulas de paso de cierre rápido	NO APLICA
4	Manómetros de 600 psi	APLICA

Nº	MATERIALES
1	Banco de prueba
2	Herramienta menor
3	Manguera de alta presión

La utilización de equipos dependerá del tamaño y tipo de válvula a calibrar.

3.5.4.2. Diagrama de flujo

Ver figura 3.18.

3.5.4.3. Actividades Iniciales

- a. Reunirse con el personal asignado de la empresa para coordinar las actividades de la verificación que se va a desarrollar.
- b. En la Hoja Técnica de Inspección para Válvulas de Alivio de Tanques de GLP, ver figura 3.24, constar el Equipo /Componente, planos de construcción, modelo, número de serie, fecha de fabricación, capacidad y el producto que almacena. En caso de aplicación.
- c. Identificar las válvulas a ser verificadas su presión de disparo.

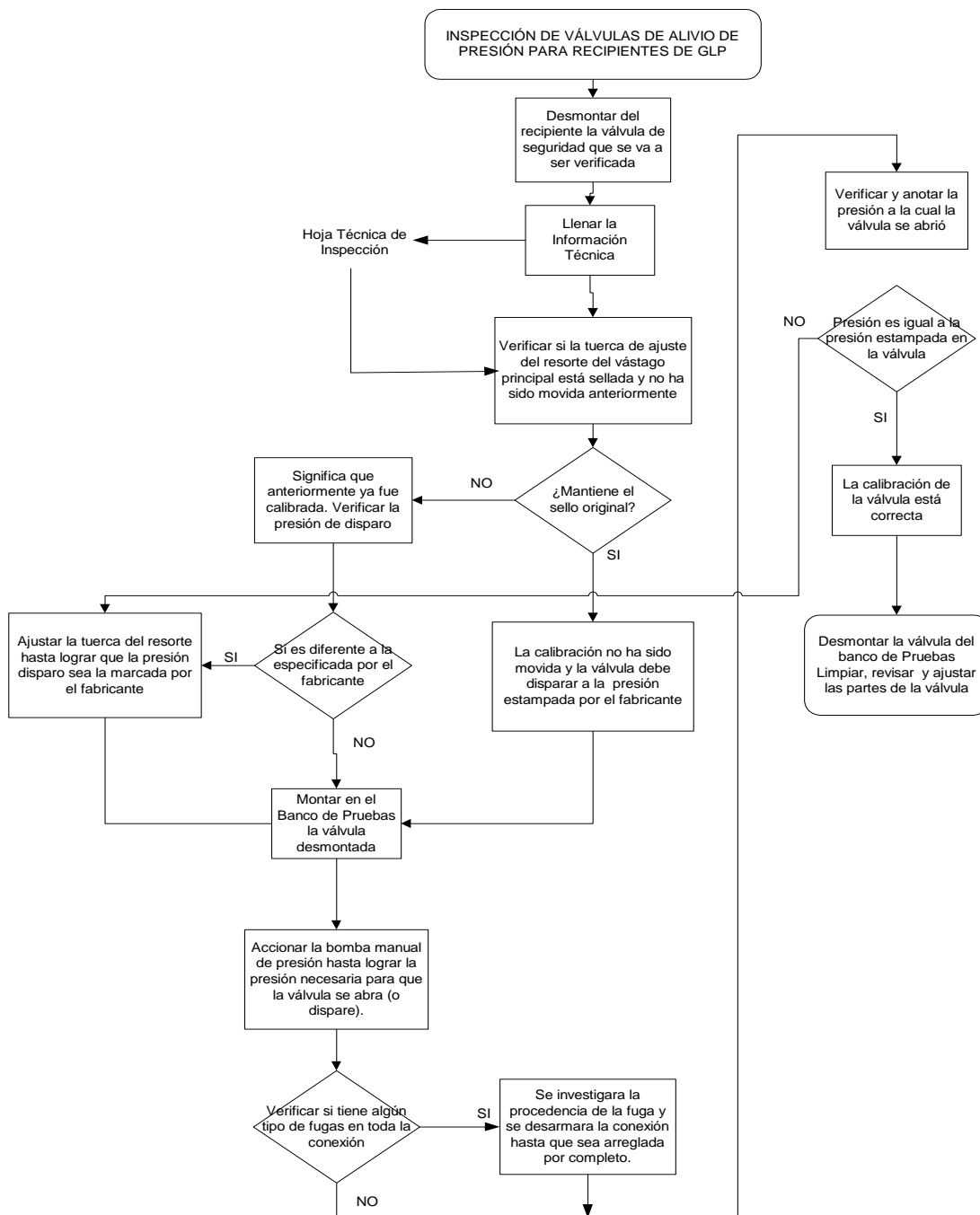


FIGURA 3.18. Diagrama de flujo para la prueba de válvulas de alivio de presión

3.5.4.4. Proceso general de verificación

- a. Desmontar del recipiente la válvula de seguridad que se va a ser verificada.
- b. Limpiar el cuerpo de la válvula.
- c. Verificar y registrar los datos estampados en la base de la válvula, los mismos que indican las características de la válvula y la presión de disparo ajustada por el fabricante.
- d. Verificar si la tuerca de ajuste del resorte del vástago principal está sellada y no ha sido movida anteriormente. Si mantiene el sello original significa que la calibración no ha sido movida y la válvula debe disparar a la presión estampada por el fabricante en la base de la válvula. Se debe verificar en el Banco de Pruebas.
- e. Si la tuerca no tiene el sello original significa que anteriormente ya fue calibrada. Verificar la presión de disparo. Si es diferente a la especificada por el fabricante, ajustar la tuerca del resorte hasta lograr que la presión disparo sea la marcada por el fabricante.
- f. Montar en el Banco de Pruebas en la válvula desmontada.
- g. Verificar que el recipiente de la bomba a presión se encuentre con agua.
- h. Accionar la bomba manual de presión hasta lograr la presión necesaria para que la válvula se abra (o dispare), ver figura 3.19.

ELEMENTO #	DESCRIPCIÓN DE PIEZAS	CTD
1	Carcasa	1
2	Sostenedor de disco superior	1
3	Abrazadera -(H282, H882, H5112, H8112 solamente)	1
4	Casquillo guía -(H282, H882, H5112, H8112 solamente)	1
5	Deflector de drenaje -(H282, H882, H5112, H8112 solamente)	1
6	Asiento de resorte (H732 y H832 solamente)	1
7	Resorte	1
8	Tuerca de ajuste hexagonal	1
9	Pasador de rodillo	1
10	Tomillo de accionamiento (H282, H882, H5112, H8112) Tomillo de accionamiento H772, H732, H822 y H832	2 4
11	Tuerca de seguridad hexagonal	1
12	Lubricante -9	
13	Protector de lluvia (H722, H732, H822 y H832 solamente)	1
14	Conjunto de disco inferior / vástago	1
15	Tubo de resorte	1
16	Sello y cable de plomo	1
17	Junta tónica grande	1
18	Junta tónica pequeña	1
19	Placas de datos (H722, H732, H822 y H832)	2

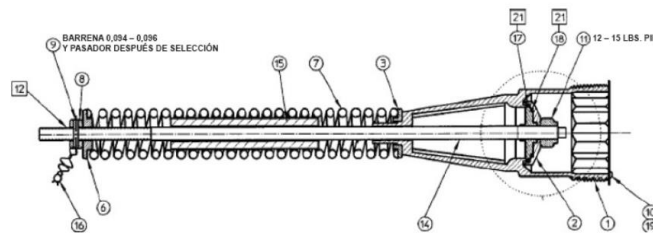


Figura 3.18. Descripción de las partes de una válvula de alivio



Figura 3.19. Bomba manual de presión

- i. Se debe verificar si tiene algún tipo de fugas en toda la conexión, si no tiene se seguirá con el siguiente paso, caso contrario se investigara la procedencia de la fuga y se desarmara la conexión hasta que sea arreglada por completo, ver figura 3.20.



Figura 3.20. Banco de prueba portátil para válvula de alivio

Para evitar este tipo de fugas es necesario que haya un buen sellado hermético desde la bomba, tubería, mangueras, acoples y el banco de pruebas. La misma conexión se realizará con bomba manual, bomba neumática o bomba de combustión interna, ver figura 3.21.



Figura 3.21. Banco de prueba fijo para válvula de alivio

- j. Verificar y anotar la presión a la cual la válvula se abrió. Si ésta presión es igual a la presión estampada en la válvula, que es la presión ajustada por el

fabricante, la calibración de la válvula está correcta. Si la presión de disparo es diferente a la marcada en $\pm 5\%$ la válvula deberá ser sometida a un proceso de calibración, ver figura 3.22.



Figura 3.22. Presión de prueba de disparo

- k. La prueba de la presión de disparo se debe realizar varias veces.
- l. Si la presión de disparo es la correcta.
- m. Desmontar la válvula del banco de Pruebas.
- n. Limpiar, revisar y ajustar las partes de la válvula.
- o. Retirar equipos y herramientas de prueba y limpiar sitio de trabajo.



Figura 3.23. Bomba manual y banco de prueba con válvula instalada

HOJA TÉCNICA DE VERIFICACION VALVULAS DE ALIVIO DE PRESION TQS GLP																																
CLIENTE VALVULA DE ALIVIO DE PRESION MARCA SERIE	DIAMETRO	TANQUE FUO AUTOTANQUE LUGAR FECHA:																														
<p><i>EQUIPO UTILIZADO</i></p> <p>BOMBA DE PRESION</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">MARCA</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">SERIE</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">RANGO</td></tr> </table> <p>MANOMETRO</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="padding: 2px;">MARCA</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">SERIE</td></tr> <tr><td style="padding: 2px;">RANGO</td></tr> </table> <p>BANCO DE PRUEBAS</p> <p><i>DATOS DE VERIFICACION</i></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 35%;">PRESION DE PRUEBA "PSI"</th> <th style="width: 35%;">PRESION DE APERTURA "PSI"</th> <th style="width: 15%;">RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1ra PRUEBA</td><td style="text-align: center;">250</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2da PRUEBA</td><td style="text-align: center;">250</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3ra PRUEBA</td><td style="text-align: center;">250</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4ta PRUEBA</td><td style="text-align: center;">250</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5ta PRUEBA</td><td style="text-align: center;">250</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			MARCA	SERIE	RANGO	MARCA	SERIE	RANGO		PRESION DE PRUEBA "PSI"	PRESION DE APERTURA "PSI"	RESULTADO	1ra PRUEBA	250			2da PRUEBA	250			3ra PRUEBA	250			4ta PRUEBA	250			5ta PRUEBA	250		
MARCA																																
SERIE																																
RANGO																																
MARCA																																
SERIE																																
RANGO																																
	PRESION DE PRUEBA "PSI"	PRESION DE APERTURA "PSI"	RESULTADO																													
1ra PRUEBA	250																															
2da PRUEBA	250																															
3ra PRUEBA	250																															
4ta PRUEBA	250																															
5ta PRUEBA	250																															
OBSERVACIONES:																																
INSPECTOR _____		CLIENTE: _____																														

Figura: 3.24. Hoja técnica de inspección de para válvulas de alivio de presión

3.5.4.5. Criterios de aceptación y rechazo

La válvula es aceptada si la presión de disparo es igual a la presión estampada en la válvula (250 psi), que es la presión de fábrica. Si la presión de disparo es diferente a 250 psi en $\pm 5\%$ la prueba se dará como aceptada caso contrario la válvula será rechazada y deberá ser sometida a calibración hasta llegar al parámetro de aceptación para su funcionamiento, dado el caso que no llegase a ser calibrada se dará por rechazada y a su cambio inmediato por una válvula nueva.

3.5.4.6. Referencia

ASME VIII DIV.2 Reglas para construcción de recipientes a presión PARTE AR
Dispositivos de alivio de presión, ver Anexo 4, literal 5.

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

- a. El manual fue desarrollado como un guía y soporte en planes de mantenimiento de empresas y lugares donde tienen tanques a presión para almacenamiento de GLP, .los procedimientos detallan los lineamientos a seguir para realizar un proceso completo y confiable a determinar el estado del tanque, además de ubicar sus riesgos para que el personal realice todas las inspecciones de una manera segura logrando resultados eficaces y confiables.
- b. Debido al diseño y propósito de los tanques a presión, estos necesitan un análisis y resultado confiable para asegurar su operatividad en presiones establecidas en condiciones de trabajo, como también en carga y descarga del producto, la prueba hidrostática determina si el tanque se encuentra en el rango de seguridad para operar en la presión de trabajo, se necesita de este factor de seguridad ya que los tanques están en carga y descarga, esta variación de presión afecta al cuerpo del tanque lo cual si no soporta la presión de prueba o de seguridad llegaría a fatigarse el tanque en presión de trabajo y producirse fracturas en las paredes o cordones de soldadura.
- c. El mantenimiento es una estrategia planificada que sirve para reducir costos por paros de producción y disminuir pérdidas de tiempo relacionadas con la mano de obra directa en las inspecciones, al igual que al planificar las inspecciones y aplicar procedimientos adecuados de seguridad sirve para seleccionar los equipos de protección personal adecuados para cada procedimiento y así minimizar accidentes laborales y enfermedades profesionales a largo plazo.

- d. El ensayo de tintas penetrantes determinara si el tanque tiene defectos superficiales los cuales ayudara a que no se realice la prueba hidrostática ayudando a reducir costos en tiempo de prueba, usos de recursos en este caso el agua así mismo como la evacuación del recurso usado en la prueba y determinando la reparación de los cordones de soldadura del tanque pero realizando la medición de espesores para determinar el estado de las planchas del tanque.
- e. La inspección técnica de medición de espesores por ultrasonido determina el grado de corrosión en las paredes del tanque esto nos ayuda a ser un análisis exhaustivo de los tanques ubicados en diferentes regiones del país ya que será diferente su velocidad de corrosión ya que dependiendo de su ubicación su vida útil igualmente será afectado .
- f. La aplicación de una metodología de reconocimiento y evaluación de riesgos es necesaria para minimizar los incidentes, accidentes y enfermedades profesionales en las inspecciones a través de los equipos de protección personal por el alto riesgo de peligrosidad que generan este tipo de inspecciones al estar en contacto con sustancias y ambiente peligrosos.
- g. La aplicación de la calibración geométrica determinara que los tanques de GLP almacenen con lo establecido con sus capacidades nominales con la tolerancia permitida, esto ayuda en los controles de almacenamiento de producto por parte de las empresas y autoridades que monitorean la distribución del GLP en el Ecuador en este caso la ARCH.
- h. La importancia de las inspecciones técnicas para un tanque de almacenamiento además de determinar la vida útil del tanque, se puede verificar el espesor de una plancha y así determinar si esa área de la plancha debe ser cambiada focalizando la reparación a esa área.

- i. Las válvulas de alivio son dispositivos de seguridad imprescindibles en el tanque las cuales son instaladas y calibradas a la presión de trabajo del tanque su importancia radica que regulan la presión si el tanque sobrepasa la presión de trabajo estas sirvan de desfogue manteniendo los límites establecidos de operación.
- j. El riesgo en estos tipos de trabajo son muy altas por lo cual no se debe en ningún momento tener exceso de confianza al momento de realizar el trabajo o manipular los equipos, y se debe seguir obligatoriamente instructivos de seguridad.

4.2. RECOMENDACIONES

- a. Es recomendable tomar en cuenta que al ingresar a las instalaciones donde se va a realizar las inspecciones a los tanques de GLP, los equipos tienen que ser anti- chispa y los vehículos que ingresan tienen que tener un arresta llamas para evitar un conato de incendio y la propagación del mismo.
- b. Es recomendable tener un programa de calibración de equipos de medición para realizar las inspecciones ya que es obligación tener los certificados de calibración actualizados.
- c. En las plantas industriales al momento de realizar los trabajos de inspección dentro de un área de tanques si los demás están en operación siempre verificar que no existan fugas en el sistema, para evitar incrementar el riesgo en accidentes dado que el GLP es un producto inflamable y volátil.
- d. En la prueba hidrostática para los tanques se debe utilizar bombas a diesel o neumáticas para elevar la presión hasta la presión de prueba, es prohibido utilizar bombas que no sean con mitigador de chispa y de combustibles livianos

como de gasolina y si es posible ubicar la bomba lo más lejano de la ubicación del almacenamiento y distribución de productos inflamables.

- e. Los equipos de protección personal deben estar revisados periódicamente y antes de cada inspección para asegurar la eficiencia y eficacia del mismo, si el equipo no presenta garantías de funcionamiento cambiar inmediatamente.
- f. Realizar un análisis de concentración de gases en el ambiente con un explosímetro o instrumento destinado para el efecto.
- g. Al momento de realizar la prueba a las válvulas de alivio se debe verificar estado mecánico de las válvulas como es el estado del empaque, tuerca, y deterioro por oxidación.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Petroleum Institute. (2006).API 510, Código de Inspección de Recipientes a Presión. Estados Unidos. IHS.
2. OERLIKON. (2004). Manual de Soldadura. Perú.
3. ORIA L. (2011). Diseño de Recipientes a Presión. México.
4. OSINERGIM. (2011).Propiedades y características del gas licuado de petróleo. Perú.
5. The American of Mechanical Engineers Society. (2013).Código ASME Sección V, Examinación no destructiva. Estados Unidos. A.S.M.E.
6. The American of Mechanical Engineers Society. (2013).Código ASME Sección VIII, Diseño, Fabricación e Inspección de Tanques y Recipientes de Presión. Estados Unidos. A.S.M.E.
7. The American of Mechanical Engineers Society. (2013).Código ASME Sección IX, Calificación de procedimientos de soldadura y soldadores. Estados Unidos. A.S.M.E.
8. RAYOGAS. (2009) .Instructivo de tanques e instalaciones. Colombia.
9. ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS. Disponible en:
<http://www.aireyespacio.com/2009/09/clasificacion-de-los-ensayos-no.html>
10. RECIPIENTES A PRESIÓN. Disponible en:
<http://constructoraindustrialyminas.com/blog/tag/sobrepresion/>
11. SEGURIDAD INDUSTRIAL. Disponible en:
<https://www.relacioneslaborales.gob.ec/>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de Riesgos – Inspecciones de tanques de Tanques a Presión

MATRIZ DE RIESGOS																				SELECCIÓN DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL										
PROCESO:		Inspección técnica de tanques				Inspección por líquidos penetrantes para tanques de GLP				Inspección técnica de prueba hidrostática de tanques para GLP				Inspección de válvulas de alivio de presión para recipientes de GLP				Inspección técnica de tanques a presión para GLP												
SUBPROCESO:		Inspección con propósito de calibración geométrica de tanques horizontales para GLP																												
Categorización del riesgo	FACTOR DE RIESGO	Probabilidad	Consecuencia	Exposición	Valoración	Probabilidad	Consecuencia	Exposición	Valoración	Probabilidad	Consecuencia	Exposición	Valoración	Probabilidad	Consecuencia	Exposición	Valoración	Probabilidad	Consecuencia	Exposición	Valoración	Control	Equipo de protección personal por riesgo	ROTULACIÓN						
																								ADVERTENCIA	OBLIGACIÓN					
RIESGO MECÁNICO	Atropello o golpe con vehículo	0.5	25	3	37.5	Medio				1	25	3	75	Medio					0.5	25	3	37.5	Medio	PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN	N/A					
	Trabajo en Alturas	0.5	25	1	12.5	Bajo	0.5	25	1	12.5	Bajo	0.5	25	3	37.5	Medio			0.5	25	1	12.5	Bajo	INSTRUCTIVO USO E INSPECCIÓN DEL ARNES DE SEGURIDAD						
	Caida de objetos	1	25	6	150	Alto			0	Bajo	1	25	6	150	Alto				1	25	6	150	Alto	USO OBLIGATORIO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL						
	Espacios confinados						6	25	2	300	Critico			0	Bajo									USO OBLIGATORIO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL						
	Superficies irregulares	0.1	1	0.5	0.05	Bajo	0.5	1	2	1	Bajo			0	Bajo	3	1	3	9	Bajo	0.1	1	0.5	0.05	Bajo	USO OBLIGATORIO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL				
	Manejo de productos inflamables	0.1	1	0.5	0.05	Bajo	0.5	1	1	0.5	Bajo			0	Bajo									USO OBLIGATORIO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL						
	Proyección de partículas	0.5	1	3	1.5	Bajo	0.5	1	2	1	Bajo			0	Bajo					0.1	1	0.5	0.05	Bajo	INSTRUCTIVO USO DE GAFAS ANTI EMPANANTES					
RIESGO FÍSICO	Exposición a radiación solar	0.5	1	3	1.5	Bajo	1	1	2	2	Bajo	3	1	3	9	Bajo	3	1	3	9	Bajo	1	1	3	1.5	Bajo	USO OBLIGATORIO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL			
	Exposición a temperaturas extremas	0.5	1	3	1.5	Bajo			0	Bajo	3	1	3	9	Bajo	3	1	3	9	Bajo	1	1	3	1.5	Bajo	USO OBLIGATORIO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL				
	Ruido										1	1	3	3	Bajo									INSTRUCTIVO DE USO DE OREJERAS						
RIESGO QUÍMICO	Exposición a químicos					6	1	3	18	Bajo				6	1	3	18	Bajo					INSTRUCTIVO USO DEL RESPIRADOR FACIAL DE MEDIA CARA, USO OBLIGATORIO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL							
RIESGO ERGONÓMICO	Posiciones forzadas	3	1	3	9	Bajo	0.5	5	1	2.5	Bajo								1	1	3	3	Bajo	Procedimientos de inspección	N/A	N/A				

ANEXO 2

1. INSTRUCTIVOS DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

1.1. DEFINICIÓN

Los equipos de protección personal (E.P.P.) (fig.A3-1) comprenden todos aquellos dispositivos, accesorios y vestimentas de diversos diseños que emplea el trabajador para protegerse de posibles lesiones. Los EPP no eliminan el riesgo protegen a la persona.

1.2. REQUERIMIENTOS

- a. El equipo de protección personal (EPP) debe proporcionar un máximo confort y su peso debe ser el mínimo compatible con la eficiencia en la protección.
- b. Utilizar los equipos durante la jornada de trabajo en las zonas cuya obligatoriedad de su uso se encuentre señalizada.(fig.A3-2)
- c. Hacer uso correcto de los mismos, no introduciendo en ellos ningún tipo de reforma o modificación.
- d. Atender a una perfecta conservación de sus medios de protección personal, prohibiéndose su empleo fuera de las horas de trabajo.
- e. Cambiar el equipo ante cualquier efecto, anomalía o daño, que suponga una pérdida de eficacia, para que, en su caso.
- f. El EPP No debe restringir los movimientos del trabajador.
- g. El EPP Debe ser durable y de fácil limpieza.
- h. Es obligado tener un aseo diario.

- i. Al terminar de trabajar en el área asignada, cada trabajador debe limpiar su equipo de protección personal y ubicar los mismos en fundas individuales separando todos los mismos. (fig.A3-3)



(Figura: A3-3)

1.3. PUNTOS CRÍTICOS

- a. Es importante conocer las áreas de trabajo, los procesos, las tareas y actividades y los riesgos.
- b. Analizar lo que conocemos, planificar el trabajo, las actividades, hacer recorridos, visitar los puestos y priorizar actividades.
- c. Ejecutar tomando en cuenta los riesgos y medidas preventivas establecidas.
- d. Utilice siempre lo EPP diagnosticados para cada área.

1.4. REFERENCIAS

- a. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo Decreto Ejecutivo 2393

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	TIPO DE PROTECCIÓN
	<p style="text-align: center;">Protección a la cabeza</p>
	<p style="text-align: center;">Protección para los ojos</p>
	<p style="text-align: center;">Protección de cara y vías respiratorias</p>
	<p style="text-align: center;">Protección de vías respiratorias</p>
	<p style="text-align: center;">Protección de vías respiratorias (filtros y cartuchos)</p>
	<p style="text-align: center;">Protección de oídos</p>
	<p style="text-align: center;">Protección de manos y brazos</p>
	<p style="text-align: center;">Protección de piernas y pies</p>
	<p style="text-align: center;">Arnés de seguridad</p>
	<p style="text-align: center;">Ropa protectora</p>

(Figura: A3-1)

SIMBOLOGÍA DE OBLIGATORIEDAD DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

SIMBOLOGÍA DE OBLIGATORIEDAD DE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL			
SIMBOLO	EQUIPO DE PROTECCIÓN	SIMBOLO	EQUIPO DE PROTECCIÓN
	CASCO DE SEGURIDAD		EQUIPO DE PROTECCIÓN ANTICÍDAS
	PROTECTORES AUDITIVOS		GAFAS DE SEGURIDAD CONTRA IMPACTOS DE MONTURA UNIVERSAL
	PROTECTORES RESPIRATORIOS CON FILTROS PARA VAPORES ORGÁNICOS Y VAPORES INORGÁNICOS		PROTECCIÓN OCULAR
	PROTECTORES RESPIRATORIOS DESECHABLES		ROPA DE TRABAJO
	GUANTE DE PROTECCIÓN PARA MANEJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS		ROPA DE TRABAJO SOLDADOR
	GUANTES DIELECTRICOS		MASCARA PARA SOLDAR CON PROTECCION RESPIRATORIA
	ZAPATOS DE SEGURIDAD		PANTALLA FACIAL
	ZAPATOS / BOTAS DE SEGURIDAD DIELECTRICAS		FAJA LUMBAR
	DELANTAL PARA MANEJO DE QUÍMICOS		

(Figura: A3-2)

2. INSTRUCTIVO DE USO DEL RESPIRADOR FACIAL DE MEDIA CARA, FILTROS Y CARTUCHOS

2.1. OBJETIVO

Usar correctamente el Respirador Pieza Facial de Media Cara para proporcionar protección respiratoria contra contaminantes suspendidos en el aire con filtros y cartuchos. A demás de diferenciar el uso de mascarillas.

2.2. COLOCACIÓN Y CAMBIO DE LOS CARTUCHOS O FILTROS EN EL RESPIRADOR

El inspector debe armar el respirador con los filtros 6003 y P100 cuidadosamente siguiendo los pasos que se describen a continuación:

- a. El armado debe ser realizado cuando el trabajador no se encuentre utilizando el respirador y colocarlo siempre indicando la parte externa del respirador hacia al trabajador.
- b. Colocar suavemente la correa de seguridad en el filtro celeste o central cuidando que los seguros estén fijos y colocados en sus respectivos broches.
- c. Alinear la abertura del filtro (6003 o P100) con la marca (dispositivo de ajuste) de la pieza facial y presionar suavemente para poder juntarlos.
- d. Para colocar los cartuchos o filtros (6003 o P100) girar en sentido horario hasta que no gire más el filtro (1/4" de vuelta).
- e. Para sacar los cartuchos o filtros (6003 o P100) girar en sentido anti horario hasta que salgan suavemente del respirador (1/4" de vuelta).

2.3. VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL RESPIRADOR

- a. Colocar el respirador facial de media cara en el rostro del trabajador de tal forma que este perfectamente ubicado y logrando un sellado hermético entre el rostro y el respirador.
- b. Se debe realizar una prueba de sellado fácil y sencilla pero efectiva para verificar el buen estado de los pre filtros, siguiendo los pasos que a continuación se describen siempre colocado el respirador en el rostro.
- c. Prueba de sellado con presión positiva:

- Coloque la palma de la mano sobre la tapa de la válvula de exhalación y exhale suavemente. Si la pieza facial se hincha (bombea) ligeramente y no se detectan fugas entre su cara y la pieza facial, se ha logrado un buen ajuste.
 - Si detecta alguna fuga de aire, vuelva a acomodar el respirador en el rostro y/o vuelva a ajustar la tensión de las correas para eliminar las fugas.
 - Si el trabajador no puede obtener un sello hermético correcto debe cambiar los pre filtros antes de ingresar al área contaminada.
- d. Prueba de sellado con presión negativa Sin Filtros:
- Coloque las palmas de las manos sobre las tapas de las válvulas de inhalación, esto restringirá el flujo de aire.
 - Inhale suavemente. Si se siente que la pieza facial se hunde levemente y se acerca al rostro, sin haber fugas entre el rostro y la pieza facial, entonces se ha logrado un buen ajuste.
 - Si se detecta alguna fuga de aire del sella facial, vuelva acomodar el respirador sobre su rostro y vuelva ajustar la tensión de las correas para eliminar fugas.
 - Si el trabajador no puede obtener un sello hermético correcto debe cambiar los pre filtros antes de ingresar al área contaminada.

2.4. LIMPIEZA PARA EL USO DEL RESPIRADOR

- a. El trabajador no debe usar el respirador si tiene barba u otro vello facial u otras condiciones que eviten el buen sello entre el rostro y el respirador.
- b. Para mantener un buen funcionamiento del respirador hay que realizar unas pequeñas prácticas de aseo que a continuación se describen:
 - Una vez que el trabajador haya dejado de utilizar el respirador con sus respectivos cartuchos debe depositar este, dentro de una funda plástica y sellarla, para de esta manera evitar posibles ingresos de partículas volátiles o

polvos químicos al interior del respirador en el momento que el trabajador no está usando el respirador.

- Al momento que el trabajador vuelva a utilizar el respirador debe realizar una pequeña limpieza utilizando un trapo de tela con agua y frotándole por todo el interior (cuidando de no dañar los pre filtros que se encuentran dentro del respirador) y el borde del respirador para que no se queden impregnadas ciertas partículas (que perjudican al trabajador) dentro del respirador.

2.5. PUNTOS CRÍTICOS

- a. En toda actividad en donde se trabaje con ciertos contaminantes ambientales suspendidos en el aire, es importante y obligatorio el uso del respirador.
- b. Antes de usar el respirador, revisar que los pre filtros y el empaque de sellado, estén en perfectas condiciones para poder usar el respirador caso contrario deben ser cambiados.
- c. Siguiendo las instrucciones y limitaciones del uso del respirador en forma adecuada, se reduce los posibles daños causados por la inhalación de los agentes tóxicos.
- d. El trabajador que observe que los pre filtros o pulmones del respirador estén en malas condiciones debe obligatoriamente cambiarlos antes de su uso.
- e. El respirador con cartuchos o filtros no suministran oxígeno.

2.6. REFERENCIAS

- a. Instrucciones de uso del Catálogo 3M 6000 para Respirador Pieza Facial de Media Cara
- b. Instrucciones de uso del catálogo 3M 6300/07047 para el cartucho contra Vapores Orgánicos/Gases.
- c. Instrucciones de uso de la caja de AMC “Mascarilla para polvos no tóxicos”.

PARTES DEL RESPIRADOR DE MEDIA CARA



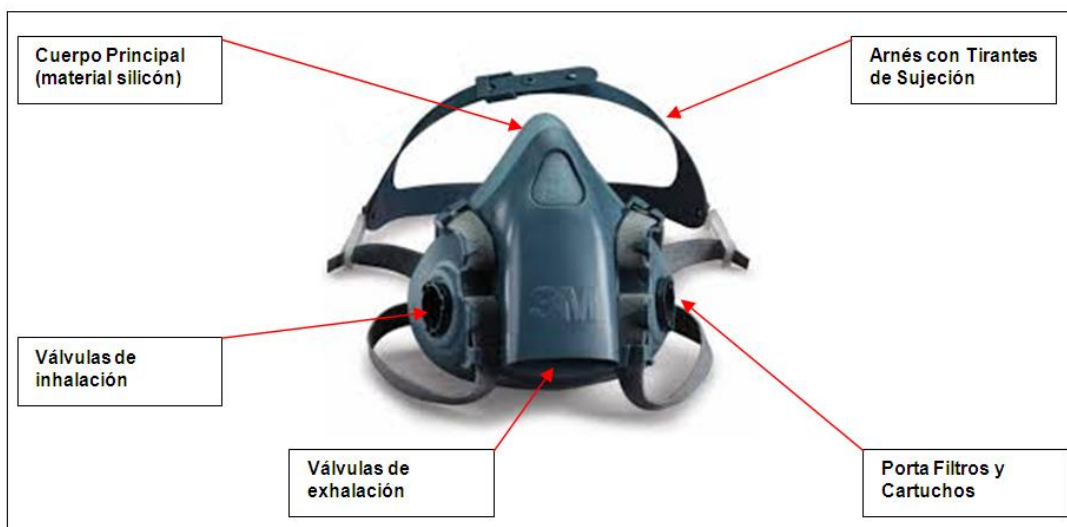
PREFILTOS



FILTROS Y CARTUCHOS



PARTES DEL RESPIRADOR DE MEDIA CARA



CORRECTA COLOCACIÓN DE FILTROS Y CARTUCHOS



CORRECTA COLOCACIÓN DEL RESPIRADOR DE MEDIA CARA



2.7. FILTRO P 100

- a. En los ambientes de trabajo que existan partículas sólidas, polvos químicos, o partículas en spray base aceite que no produzcan vapores, es obligatorio el uso del respirador con filtro P100, dependiendo del nivel de exposición al que se encuentra expuesto el trabajador.
- b. NO SE DEBE: aspirar, lavar o usar aire comprimido.
- c. Almacenar los filtros lejos de áreas contaminadas cuando no estén en uso, y siempre dentro de una funda plástica.
- d. El filtro P100 (fig.A3-4), debe ser cambiado una vez que el trabajador sienta una partícula de polvo o cada vez que observe en el reverso del filtro o en el interior partículas contaminantes, tomando el cuenta que los filtros P100 deben ser cambiados obligatoriamente máximo una vez cada mes.
- e. Estos filtros no suministran oxígeno, es decir, no tienen la capacidad de almacenar aire dentro de los mismos. Si el trabajador utiliza estos filtros en lugares donde no exista la presencia de una buena cantidad de oxígeno o aire, puede asfixiarse dentro del respirador con los filtros o cartuchos puestos.
- f. Al terminar el uso del filtro, retirar del respirador y proceder a unas sacudidas para eliminar los polvos que se almacenaron en este.



Figura: A3-4

2.8. CARTUCHO DE CARBÓN 6003 Y FILTRO P95

- a. En toda actividad donde se trabaje con olores fuertes como solventes, vapores y combustibles, es obligatorio el uso del cartucho de carbón 6003.
- b. Si se trabaja con olores fuertes y polvos químicos, es necesario el uso del filtro de carbón con el suplemento o filtro P95 para partículas de polvo acompañado con el retenedor para filtro 501
- c. Colocar el filtro P95 en el cartucho de carbón de manera que el lado impreso del filtro quede apuntando hacia el cartucho de carbón y colocar el retenedor para filtro, el cual debe cubrir completamente el cartucho de carbón.
- d. Cambiar el cartucho de carbón máximo cada dos meses a menos que requiera un cambio antes de ese periodo y los filtros P95 debe ser cambiado obligatoriamente una vez cada mes.
- e. Para mantener un buen funcionamiento del respirador con los cartuchos de carbón y el filtro P95 (fig.A3-5) hay que realizar las prácticas de aseo que a continuación se describen:
 - Una vez que el trabajador haya terminado de utilizar el respirador debe desmontar los filtros P95 del respirador siguiendo y limpiarlos dando pequeños golpes para retirar el exceso de polvo químico. NO SE DEBE: lavar, aspirar o usar aire comprimido.
 - Desmontar los cartuchos de carbón 6003 del respirador y limpiarlos únicamente con un limpión seco por el exterior. NO SE DEBE: lavar, aspirar o usar aire comprimido.
 - El trabajador que se encuentre utilizando el cartucho de carbón y que perciba por el olfato o por el sabor los contaminantes o si ocurre mareo, irritación u otro malestar, debe salir inmediatamente del área contaminada.
 - Estos cartuchos y filtros son exclusivamente para evitar el paso de todo tipo de gases, vapores, polvos químicos, partículas volátiles, etc.



Figura: A3-5

3. INSTRUCTIVO DE USO DE OREJERAS Y TAPONES

3.1. OBJETIVO

Usar correctamente los tapones y orejeras para proporcionar protección auditiva contra altos niveles de ruido.

3.2. COLOCACIÓN Y CAMBIO DE LOS TAPONES

- a. Agarrar el vástago del tapón firmemente con una mano.
- b. Pase la otra mano alrededor de la cabeza y tirar su oreja hacia arriba para abrir el canal auditivo. (fig.A3-6)
- c. Insertar la parte redonda completamente en el canal auditivo.
- d. De esta manera se obtiene un protector correctamente insertado en el canal auditivo.
- e. Repetir este procedimiento para la otra oreja que quedo sin tapón.

- f. Para tapones desechables, repetir el punto b), aplastar o arrollar con los dedos el tapón e introducirlo en el canal auditivo.

3.3. COLOCACIÓN Y USO DE LAS OREJERAS

- a. Tirar las copas hacia afuera y colocar los cojines protectores sobre las orejas, de modo que los cojines las encierren y se forme un sello. Partes de las orejeras. (fig.A3-7)
- b. Ajustar la altura de las copas en ambos lados a la vez.

3.4. VERIFICACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

El trabajador debe seguir al pie correctamente las instrucciones de ajuste para no tener problemas con los tapones y orejeras y no sufrir futuros daños auditivos.

3.5. LIMPIEZA DE LOS TAPONES Y OREJERAS

- a. Lavar los tapones con agua caliente y jabón suave. No limpiar los tapones con alcohol o cualquier otro desinfectante o químico que pueda dañarlos.
- b. Enjuagar bien los tapones después de lavarlos.
- c. Dejar que los tapones se sequen a temperatura ambiente, no les ponga calor para secar.
- d. Para la limpieza de las orejeras, lavar solamente la parte externa de las mismas usando paño húmedo en agua y jabón suave pero sin sumergirlas.
- e. No limpiar las orejeras con solventes o limpiadores para manos sin agua o productos que contengan lanolina.
- f. No guardar las orejeras a temperaturas mayores a 55°C.

3.6. PUNTOS CRÍTICOS

- a. Utilizar en ambientes en donde se trabaje con exposiciones a altos niveles de ruido, es decir, ruido mayor a 85 dB en 8 horas de exposición, ya que las orejeras ayudan a reducir 24 dB (decibeles) de ruidos existentes en el área de trabajo.
- b. La limpieza correcta de los tapones y orejeras para evitar molestias y/o irritaciones en la piel del canal auditivo.
- c. Para una mejor reducción del ruido, las almohadillas deben sellarse firmemente; cualquier cosa que interfiera con el sello como por ejemplo el cabello, patillas largas, lápices, artes, etc. interfieren con el sello de protección.
- d. Cambiar las almohadillas mínimo dos veces al año.

3.7. REFERENCIAS

- a. Instrucciones de uso del Catálogo 3M

COLOCACIÓN Y PARTES DE LOS TAPONES





Figura: A3-6



Figura: A3-7

4. INSTRUCTIVO DE USO DE OREJERAS Y TAPONES

Usar correctamente las gafas anti empañantes para protección visual contra contaminantes suspendidos en el aire.

4.1. COLOCACIÓN Y CAMBIO DE GAFAS

- a. Colocar las gafas en el rostro cuidando que este bien ubicado entre la nariz y los ojos y hasta la mitad de la frente.
- b. Halar la liga por encima de la cabeza hasta que se ubique en la parte posterior de ésta para obtener un sellado hermético. (fig.A3-8)

4.2. LIMPIEZA DE LAS GAFAS

- a. Limpiar la parte interna de las gafas únicamente con agua y frotar suavemente ya que se puede perder la lámina anti empañante.
- b. La parte externa de las gafas se pueden limpiar y desinfectar con alcohol al 70%.
- c. Una vez finalizado el trabajo guardar las gafas dentro de una funda plástica y sellar bien.

4.3. PUNTOS CRÍTICOS

- a. En los ambientes de trabajo existen partículas volátiles o polvos químicos, obligando el uso de las gafas, dependiendo del nivel de exposición del trabajador, por posible irritación y daño físico.
- b. El Trabajador debe concientizar el uso de las gafas para evitar posibles irritaciones en los ojos.

4.4. REFERENCIAS

- a. Normas ANSI z87.1.



Figura: A3-8

5. INSTRUCTIVO DE INSPECCIÓN Y USO DEL ARNÉS DE SEGURIDAD

5.1. OBJETIVO

Usar y verificar correctamente el arnés de seguridad con el fin de prevenir caídas de distinto nivel y concientizar a la utilización del mismo para trabajos a diferentes alturas.

5.2. ARNÉS DE SEGURIDAD

- a. Todo trabajo realizado en las inspecciones de tanques a presión, a partir de un metro ochenta centímetros del nivel del suelo, requerirá del uso de un arnés anti caídas.
- b. Si el trabajo se realiza en un puesto fijo será suficiente anclar a un punto resistente de la estructura.
- c. Si el trabajador tiene que cambiar de lugar de trabajo deberá utilizar cuerdas de amarre fijadas entre dos puntos resistentes de la estructura u otros sistemas de

- sujeción horizontal o vertical a las cuales amarrará el arnés a través de un sistema deslizante o línea de vida.
- d. Los puntos de amarre del arnés de seguridad y línea de vida deberán ser independientes.
 - e. Cuando no existen medidas de prevención de caídas se vuelve obligatorio el uso de medidas de protección personal, hablamos del arnés de seguridad, un equipo personal que evitará un daño mayor en caso de caída. El arnés de seguridad, frena y detiene la caída libre de un trabajador.
 - f. Es primordial que este Equipo de Protección Personal esté apto para ser usado y que brinde el grado de protección requerido.
 - g. El arnés por sí solo no cumple ninguna función si no se encuentra sujeto por medio de una eslinga a un punto seguro.

5.3. INSPECCIÓN VISUAL DEL ARNÉS ANTES DE SU USO

- a. Inspeccionar el arnés para verificar que está en condiciones de ser usado

Examine las correas del arnés centímetro por centímetro, en busca de señales de desgaste, cortes, quemaduras, bordes deshilachados, abrasión y otros daños.

Examine las costuras, verifique que no estén desgarrados ni flojos.

Cualquier tipo de novedad sobre el equipo de protección personal (arnés) deberá ser comunicado inmediatamente al jefe inmediato.

5.4. COLOCACIÓN DEL ARNÉS

- a. Suspenda el arnés en alto tomándolo del anillo de espalda o elemento de enganche. Antes de empezar arregle todas las correas que estén retorcidas. (Figura: A3-9)

- b. Tome las correas de hombros por encima de la pieza de colocación de la correa delantera y levante el arnés por sobre su cabeza. Los brazos deberán pasar a través de las correas de los hombros.
- c. Continúe bajando el arnés hasta que las correas de los hombros se apoyen en sus hombros. Las correas de los muslos quedarán colgando en la parte del frente de sus muslos.
- d. Pasando la mano por entre las piernas tome una de las correas de los y llévela hacia adelante. Asegúrese de no torcer ni cruzar las correas entre las piernas.
- e. Inserte la hebilla en la abertura de la misma hasta que pase por completo y ajuste.
- f. Inserte la correa de muslos en la hebilla y ajústela hasta que la correa esté ceñida pero cómoda. Repita el mismo proceso en el otro muslo.
- g. Para quitarse el arnés, desabroche las correas de los muslos, pase los brazos por debajo de las correas de los hombros y tomando el arnés por la parte del frente, elévelo por encima de la cabeza. Después de usarlo guardarlo cuidadosamente sin enredar las correas y prepararlo para limpieza cuando se lo requiera.



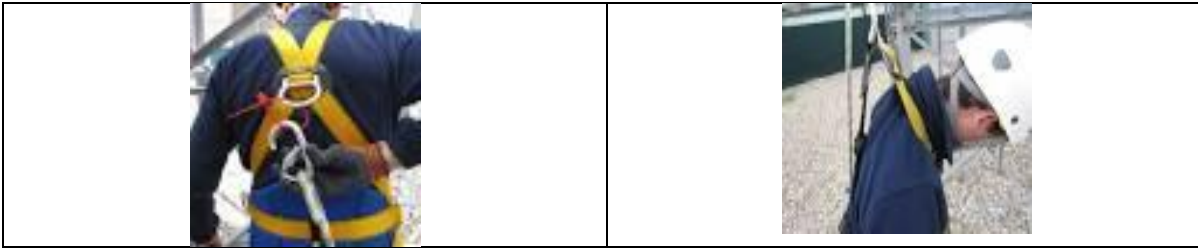


Figura: A3-9

5.5. VERIFICACIÓN DEL ARNÉS (frecuencia de inspección)

- a. La verificación del Arnés de Seguridad se lo realizará cada 6 meses según los puntos del formato de inspección del arnés de seguridad.
- b. Se vigilará especialmente la resistencia del punto de anclaje y su seguridad. El usuario deberá trabajar lo más cerca posible del punto de anclaje o de la línea vertical al mismo.
- c. Todo cinturón que haya soportado una caída deberá ser desechado, aun cuando no se le aprecie visualmente ningún defecto.
- d. No se colocarán sobre los cinturones pesos de ningún tipo que puedan estropear sus elementos componentes, ni se someterán a torsiones o plegados que puedan mermar sus características técnicas y funcionales.
- e. Los cinturones se mantendrán en perfecto estado de limpieza, y se almacenarán en un lugar apropiado preservado de radiaciones solares, altas y bajas temperaturas, humedad, agresivos químicos y agentes mecánicos.

5.6. PUNTOS CRÍTICOS

- a. Es importante que el arnés de seguridad este correctamente ajustado al cuerpo.
- b. Un error puede provocar un grave accidente o incluso la muerte
- c. Observar la importancia de la información suministrada por el fabricante para la utilización correcta de sistemas de anclaje.

- d. Conocer la normativa legal vigente acerca de la prevención de accidentes en trabajos a diferente nivel.
- e. Identificar el equipo de protección individual a utilizar, conocer medidas de seguridad para la manipulación, almacenamiento e inspección de los equipos utilizados.

5.7. REFERENCIAS

DECRETO 2393 Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo, Art. 183.

ANEXO 3

1. TRABAJOS ESPECIALES

Trabajos cuya realización exponga a los trabajadores a riesgos de especial gravedad para su seguridad y salud, es decir, se considera que el trabajador está expuesto a un riesgo de especial gravedad cuando de dicha exposición, puede derivarse un daño grave para su salud.

Entre los trabajos especiales que intervienen en las inspecciones de los tanques a presión tenemos:

1.1. TRABAJOS EN ALTURAS

1.1.1. OBJETIVO

Salvaguardar y concientizar a todos los inspectores de los peligros de trabajos en altura y a los riesgos que están expuestos al realizar este tipo de trabajos, determinando responsabilidades y regularizando actividades que se realicen a una altura de 1.8 m. (Figura:A4-1)

A más de reducir lesiones causadas por caídas, promover actitudes positivas de seguridad y de salud, estimulando la cooperación y participación de todos los trabajadores implicados en este tipo de tareas.



Figura: A4-1

1.1.2. CRITERIOS MANDATORIOS

- a. Será obligatorio el uso de arnés anti caídas en todos aquellos trabajos que impliquen riesgos de lesión por caída de altura, es decir si se trabaja a mas de 1,80 m de altura será obligado el uso del arnés anti caídas. Al igual, de manera obligatoria la utilización del casco de seguridad.
- b. Antes de proceder a su utilización, el trabajador que va hacer uso del arnés debe inspeccionar visualmente el mismo, sus medios de anclaje y el dispositivo amortiguador, debiendo cambiar de arnés inmediatamente.
- c. Utilizar el arnés con la línea de vida o sistema retráctil sin importar las condiciones climáticas.
- d. Todo arnés que haya soportado una caída deberá ser desechado, aun cuando no se le aprecie visualmente ningún defecto.

1.1.2.1. Trabajo con escaleras

- a. Las escaleras ofrecerán siempre las garantías de solidez, estabilidad, seguridad y de aislamiento o incombustión en caso de riesgo de incendio. (Figura: A4-2)



Figura: A4-2

- b. Cuando las escaleras de mano sean de madera, los largueros serán de una sola pieza y los peldaños estarán ensamblados y no solamente clavados. La madera empleada será sana, sin corteza, sin nudos que puedan mermar la resistencia de la misma y debe estar sin pintura ni con ningún tipo de barniz.
- c. Se prohíbe el empalme de dos escaleras, a no ser que en su estructura cuenten con dispositivos especiales preparados para ello.
- d. El personal que realiza actividades de inspección en las partes altas de los tanques, debe colocar la escalera de tijera o la escalera de mano, cuando el piso este completamente seco, igualmente los escalones deben estar secos para evitar posibles resbalones.
- e. Para trabajos en altura, es necesaria la presencia de dos personas, la primera para sostener la escalera y ser un apoyo en las actividades de la segunda persona que es la que realiza la actividad.
- f. Se apoyarán las escaleras de mano y las escaleras móviles con ruedas en superficies planas y sólidas o en su defecto sobre placas horizontales de suficiente resistencia y fijeza.

- g. Para el acceso a los lugares elevados la escalera de mano y móvil debe sobrepasar en un metro los puntos superiores de apoyo.
- h. El ascenso, descenso y la realización de actividades, se hará siempre de frente a la escalera.
- i. Cuando se apoyen las escaleras de mano en postes se emplearán amarres o abrazadoras de sujeción. No se utilizará simultáneamente la escalera con dos trabajadores.
- j. Nunca se colocará una escalera de mano frente a una puerta de forma que pudiera interferir la apertura de ésta, a menos que estuviera bloqueada o convenientemente vigilada.
- k. Las escaleras dobles o de tijera estarán provistas de topes que fijen su apertura en la parte superior y de cadenas, cables o tirantes a moderada tensión como protección adicional. . (Figura:A4-3)

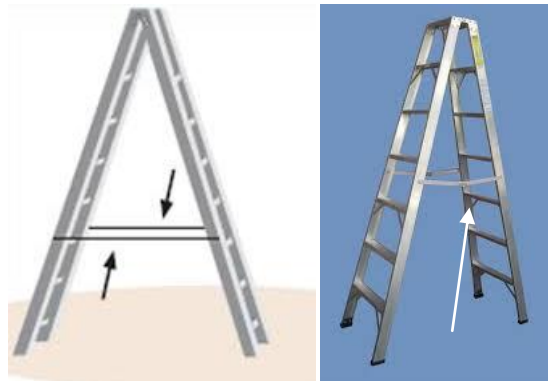


Figura: A4-3

- l. Las escaleras de mano deberán ser almacenadas bajo cubierta, en sitios secos y colocados horizontalmente.
- m. Las escaleras de mano quedan prohibidas para uso de alturas superiores a 7 metros.

- n. Al utilizar las escaleras fijas, el inspector debe utilizar el arnés retráctil. El uso del arnés anti caídas es obligatorio al subir y bajar las escaleras.

1.1.3. PUNTOS CRÍTICOS

- a. Se debe hacer una verificación visual previa a la realización del trabajo de todos los equipos a utilizar como: andamios, escaleras, etc.
- b. Se debe verificar visualmente el estado de los elementos de protección como arnés anti caídas, líneas de vida, desgaste de costuras, etc.

1.1.4. REFERENCIAS

- a. Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. DECRETO 2393
- b. Reglamento de seguridad y salud para la construcción y obras publicas

1.2. TRABAJOS EN ESPACIOS CONFINADOS

1.2.1. OBJETIVO

Establecer actividades de trabajo seguro y definir puntos claves de seguridad para proteger a los inspectores de los riesgos asociados con el trabajo en espacios confinados.

1.2.2. DEFINICIÓN DE ESPACIO CONFINADO

Se entiende por espacio confinado cualquier espacio con aberturas limitadas de entrada y salida y ventilación desfavorable, en el que puedan acumularse contaminantes tóxicos o inflamables, o tener una atmósfera deficiente de oxígeno, y

que no está concebido para una ocupación continuada por parte del trabajador (tanques, depósitos, pozos, silos, alcantarillas, túneles, fosos, etc.) (Figura: A4-4)



Figura: A4-4

1.2.3. CRITERIOS MANDATORIOS

- a. El inspector que trabaja en espacios confinados debe conocer los riesgos que se expone al realizar estas tareas.
- b. Verificar que se dispone de los equipos de trabajo necesarios. Entre los equipos a utilizar tenemos:

No	NOMBRE DEL EQUIPO
1	Ventilador de manga
2	Linterna anti chispa
3	Escaleras
4	Herramienta menor

- c. El uso de los equipos de protección serán obligatorios. Entre los equipos de protección personal a utilizar tenemos:

No	NOMBRE DEL EQUIPO
----	-------------------

1	Ropa de trabajo
2	Prendas de señalización
3	Casco
4	Guantes de seguridad
5	Gafas de seguridad
6	Mascarilla con filtros para gases
7	Protección auditiva
8	Arnés de Seguridad

- d. Revisar que no exista dentro o fuera del espacio confinado ningún agente inflamable.
- e. Ventilar el espacio confinado por lo menos 1 hora mediante sistema de renovación forzada de aire (ventilador manga), si este ha contenido sustancias peligrosas. (Figura:A4-5)



Figura: A4-5

- f. Verificar el estado de la atmósfera interior, para asegurarse que ésta es respirable.
- g. Aislamiento del espacio confinado frente suministro energético intempestivo.
- h. Utilizar obligatoriamente la señalización normalizada de que se están realizando trabajos en el interior. (Figura:A4-6)



Figura: A4-6

- i. Acordonar el área de trabajo con cinta de seguridad y tener a la mano material absorbente (aserrín, tierra, salchichas absorbentes, etc.) para el caso de algún derrame y se procederá con la remediación inmediata si la situación lo amerita.
- j. Acceder al interior mediante cinturón de seguridad y arnés, con vigilancia continua desde el exterior. El trabajo en espacios confinados siempre se lo realizará por lo menos con dos personas.
- k. Utilización de escaleras de acceso seguras o medios de acceso que faciliten la entrada y salida lo más cómoda posible.
- l. Utilización de la linterna anti chispa en la parte interna.
- m. El personal de la parte externa deberá tener una permanente comunicación verbal con el personal que se encuentre en el espacio confinado.

1.2.4. PUNTOS CRÍTICOS

- a. Comprobar estado de atmósfera interior.
- b. Señalización exterior de realización de trabajos en espacios confinados.
- c. Asegurarse que los equipos reúnen los requisitos de seguridad establecidos.
- d. Obligatorio el control del trabajo en el interior desde el exterior por otra persona.

1.2.5. REFERENCIAS

- a. Norma Industria de la Construcción 1926.21 (b)(6)

ANEXO 4

(SECUENCIA DE PROCEDIMIENTOS SEGUN NORMA API 510 ART. 5, ARTÍCULOS Y PÁRRAFOS DONDE SE INDICA LOS CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO)

Periodicidad de las inspecciones no debe pasar un intervalo de 5 años¹⁰				
	PROCEDIMIENTO	NORMA	ARTICULO	PARAMETROS ESTABLECIDOS
1	Procedimiento inspección por líquidos penetrantes para tanques de GLP.	ASME SECTION IX CALIFICACION DE SOLDADURAS.	PARTE QW SOLDADURA ARTICULO I LITERAL QW-195.2 PARRAFOS QW-195.2.1 QW-195.2.2	<p>QW-195.2 Criterios de Aceptación para tintas penetrantes.</p> <p>QW-195.2.1 Terminología(Descripción de las indicaciones o fallas)</p> <p>(a) indicaciones importantes Indicaciones con dimensiones principales mayores que 1 / 16 pulg.</p> <p>(b) indicaciones lineales Una indicación que tiene una longitud mayor que tres veces el ancho.</p> <p>(c) indicaciones redondeadas Una indicación de forma circular o elíptica con la longitud igual a o menos que tres veces el ancho.</p> <p>QW-195.2.2 Normas de Aceptación (Parámetros de Aceptación). Las pruebas de procedimiento y de habilidad con examen por técnicas de líquidos penetrantes serán juzgadas inaceptables cuando el examen exhiba una indicación en exceso de los límites especificados</p>

¹⁰ API 510 Código de Inspección de recipientes a presión artículo 6 párrafo 4

		ASME SECTION V	ARTICULO 6	<p>abajo:</p> <p>(a) Indicaciones lineales importantes;</p> <p>(b) indicaciones redondeadas importantes mayores que 3/ 16 pulg.</p> <p>(c) cuatro o más indicaciones redondeadas importantes en una línea separada por 1/ 16 pulg. O menos (orilla a orilla).</p> <p>Examinación por líquidos penetrantes</p>
2	Procedimiento de inspección técnica de tanques a presión para GLP.	API 510 Código de Inspección de recipientes a presión: Inspección de mantenimiento, clasificación, reparación y alteración.	6.4	<p>Criterio para aceptación por medio de la medición del espesor para determinar la vida remanente del tanque.</p> <p style="text-align: center;">t actual-t mínimo</p> <p>Vida Remanente : ----- Grado de corrosión</p> <p style="text-align: center;">t previo-t actual</p> <p>Grado de corrosión : ----- Edad del tanque</p> <p>La inspección se realiza con mayor frecuencia desde que el cálculo de vida remanente sea 4 años, y el límite de operación del tanque es cuando el cálculo de la vida remanente del tanque es 2 años.</p>

3	Procedimiento de inspección técnica de prueba hidrostática de tanques para GLP.	ASME VIII DIV.2 Reglas para construcción de recipientes a presión	PARTE AT Artículo T-3 Párrafo AT-300	La presión de prueba debe ser de 1.25 veces la presión de diseño del tanque.(En este caso para los recipiente a presión de GLP están diseñados para una presión de 250 PSI , por lo tanto la presión de prueba es de 312.5)
4	Procedimiento inspección con propósito de calibración geométrica de tanques horizontales para GLP.	API MPMS 2.2.E Calibración De Tanques cilíndricos horizontales. Métodos manuales.	12	Indica que un taque debe ser recalibrado después de haber sido sometido a ciclos de pruebas o si a sufrido modificaciones principalmente en lo que es volumen muerto (tuberías y acoples).
5	Procedimiento de inspección de válvulas de alivio de presión para recipientes de GLP.	ASME VIII DIV.2 Reglas para construcción de recipientes a presión	PARTE AR Artículo R-1 Párrafo AR-120	La presión de apertura de una válvula de alivio de presión no debe exceder el 5% de lo marcado en la misma al momento de la prueba de verificación de disparo.

ANEXO 5

SOLDADURAS ESPECIALES

ELECTRODOS PARA SOLDAR ACEROS AL CARBÓN (AWS A 5.1)

Descripción
<p>XL 610 – Clase AWS E 6010 Para soldar aceros de bajo carbono, lámina ordinaria y galvanizada, calderas, estructuras, tuberías de presión y acero fundido.</p>
<p>ZIP 10T – Clase AWS E 6010 Especialmente diseñado para soldadura de oleoductos y gasoductos, construcciones navales, estructuras de acero y recipientes de presión principalmente.</p>
<p>ACP 611 SS – Clase AWS E6011 Se emplea para soldar todo tipo de aceros de bajo carbono en tuberías, estructuras, construcciones navales, recipientes a presión, etc., especialmente en pases de penetración cuando no se utiliza platina de respaldo y en filetes en donde no se dispone de equipos rectificadores, también se usa con corriente directa cuando se quiere obtener la mayor suavidad y el mínimo de chisporroteo característicos del electrodo.</p>
<p>SW 11 Clase AWS E6011 Se emplea para soldar todo tipo de aceros de bajo carbono y está particularmente indicado en aplicaciones de ornamentación y carpintería metálica.</p>
<p>FP 612 Clase AWS E6012 Adecuado para la soldadura de aceros de bajo carbono en aplicaciones donde se requiere una penetración media.</p>
<p>SUPER SW 613 Clase AWS 6013 Construcciones de hierro en general, carpintería metálica con lamina delgada, fabricación de puertas, ventanas, rejas, ductos, ensamblaje de carrocerías y ornamentación en general.</p>
<p>SW 10 Clase AWS E6013 Construcciones de hierro en general, carpintería metálica con lámina delgada, fabricación de puertas, ventanas, rejas, ductos, ensamblaje de carrocerías y ornamentación en general.</p>
<p>SW 613 Clase AWS E6013 Carrocerías, muebles metálicos, ductos de aire acondicionado, rejas, ventanas y ornamentación en general. Puede usarse en tanques y estructuras teniendo en cuenta las limitaciones establecidas en los códigos de construcción aplicables.</p>
<p>ZIP 14 Clase AWS E7014 Construcción de maquinaria, marcos de máquinas,</p>

<p>implementos agrícolas, trabajos de ornamentación, tubería, recipientes a presión y sus accesorios. Equipos de ferrocarril, construcciones navales y soldadura de aceros estructurales.</p> <p>WIZ 16 Clase AWS E7016</p> <p>Para la soldadura de aceros de bajo carbono en aplicaciones como estructuras, tanques tuberías. Por ser de bajo hidrógeno puede emplearse con relativo éxito para soldar aceros con alto contenido de azufre, de mediano carbono, aceros susceptibles de agrietarse en frío o en caliente, empleando las técnicas apropiadas para cada caso.</p>
<p>WIZ 18 S Clase AWS E7018</p> <p>Se utiliza para soldaduras de acero al carbono de hasta 70.000 lbs/pulg2 de resistencia a la tensión, en aplicaciones en estructuras, tuberías y tanques a presión, calderas, vagones de ferrocarril, etc.</p> <p>WIZ 18 Clase AWS E70181</p> <p>Se utiliza para soldadura de acero al carbono de hasta 70.000 lbs/pulg2 de resistencia a la tensión, en aplicaciones en estructuras tuberías y tanques a presión especialmente cuando se requiere alta resistencia al impacto a bajas temperaturas.</p>
<p>ZIP 24 Clase AWS E7024</p> <p>Puentes y equipos pesados, equipo de construcción, implementos agrícolas, tanques de almacenamiento de petróleo y sus derivados, maquinaria de minería, carros de ferrocarril y construcción naval y en general para aceros de bajo contenido de carbono.</p>

PARA ACEROS INOXIDABLES.

Descripción
<p>CROMARCO Clase AWS E308L 16</p> <p>EL CROMARCO 308L-16 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L. Pueden emplearse también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 302, 308 y 308L.</p>
<p>CROMARCO Clase AWS E308L 16 PREMIUM</p> <p>EL CROMARCO 308L-16 se usa para soldar aceros de las clases AISI 304 y 304L. Puede emplearse también para la soldadura de aceros AISI 204, 301, 302, 308 y 308L.</p>
<p>CROMARCO Clase AWS E309 16</p> <p>Esta diseñado para soldadura de aleaciones tipo 309, se usa en la unión de aceros al carbono con inoxidable. Tiene propiedades de resistencia a la corrosión a temperatura ambiente. Resiste la oxidación severa a la alta temperatura. Es muy usado para unir aleaciones al 12% de Cromo con aceros al carbono. Otra aplicación es la soldadura de Clad Steel, tipo</p>

AISI 304.

CROMARCO Clase AWS E309L 16 PREMIUM

Esta diseñado para soldadura de aceros inoxidable tipo AISI 309L y 309. Tiene propiedades de resistencia a la corrosión a temperatura ambiente. Resiste la oxidación severa a la alta temperatura. Es muy usado para uniones disímiles entre aceros inoxidables y aceros al carbono o de baja aleación. Otra aplicación es la unión de soldadura. Clad Steel, tipo AISI 304L y 304.

CROMARCO Clase AWS E309Mo 16

Esta fabricado para unir aceros inoxidables austeníticos con aceros al carbono. Puede utilizarse para reparaciones de Clad Steel tipo AISI 316.

CROMARCO Clase AWS E309Mo 16 PREMIUM

Ideal para uniones disímiles entre los aceros inoxidables y aceros al carbono o de baja aleación. Se utiliza también para la unión de aceros AISI 309 MoL y para reparaciones de Clad Steel tipo AISI 316 y 316L.

CROMARCO Clase AWS E310 16

Este electrodo se utiliza para soldar acero de la clase AISI 310. Por su alta resistencia a la temperatura, se usa en la construcción de hornos y equipos de procesos químicos.

CROMARCO Clase AWS E312 16

El Cromarco 312-16 se utiliza para la unión de aceros inoxidables con aceros al carbono y otros tipos de uniones disímiles. Se usa también como colchón para recubrimientos duros. En reconstrucción de dientes de engranajes, piñones, ejes, etc.

CROMARCO Clase AWS E312 16 PREMIUM

El Cromarco 312-16 se utiliza para unión de aceros inoxidables con aceros al carbono y otros tipos de uniones disímiles. Se usa también como colchón para recubrimientos duros. En reconstrucción de dientes de engranajes, piñones, ejes, etc.

CROMARCO Clase AWS E316L 16

Para soldar aceros inoxidables AISI 316 y 316L. La resistencia al "Pitting" hace esta aleación útil en la industria textil, de papel e industrias químicas.

CROMARCO Clase AWS E316L 16 PREMIUM

Para soldar aceros inoxidables AISI 316 y 316L. La resistencia al "Pitting" hace esta aleación útil en la industria textil, de papel e industrias químicas.

CROMARCO Clase AWS E347 16

Para soldar aceros inoxidables AISI 347 y 321. Pueden utilizarse también en las mismas aplicaciones del Cromarco 308L-16

CROMARCO Clase AWS E410 16

Usado para soldar aceros inoxidables de tipo AISI 410. Sirve

para revestir aceros al carbono dando características de resistencia a la corrosión y abrasión. Las aleaciones del tipo 410 tienen propiedades de resistencia a la corrosión y oxidación hasta temperaturas de 810°C. El depósito endurece con el enfriamiento al aire, por lo tanto requiere precalentamiento (150-260°C) y tratamiento térmico después de la soldadura (840-870°C).

ELECTRODOS PARA SOLDADURA DE ALUMINIO

Descripción

WA ALUMINIO ELECTRICO Clase AWS E4043

El electrodo WA Aluminio Eléctrico es un electrodo de uso general. Se utiliza para la unión y reparación de piezas de aluminio y aleaciones tales como 1100, 1350, 3030 y aleaciones Aluminio-Magnesio (hasta 2.5%Mg).