



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, A
TRAVÉS DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA
23.01.29:05**

Fabián Eduardo Salatino Díaz

Asesorado por el Ing. Luis Aroldo Ayala Vargas

Guatemala, septiembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, A
TRAVÉS DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA
23.01.29:05**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

FABIÁN EDUARDO SALATINO DÍAZ

ASESORADO POR EL ING. LUIS AROLD O AYALA VARGAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Edwin Danilo González Trejo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, A
TRAVÉS DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA
23.01.29:05**

Fabián Eduardo Salatino Díaz

Asesorado por el Ing. Luis Aroldo Ayala Vargas

Guatemala, septiembre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, A
TRAVÉS DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA
23.01.29:05**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

FABIÁN EDUARDO SALATINO DÍAZ

ASESORADO POR EL ING. LUIS AROLD O AYALA VARGAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruíz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADOR	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Edwin Danilo González Trejo
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE
ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, A
TRAVÉS DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA
23.01.29:05,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, en enero de 2007.

Fabián Eduardo Salatino Díaz

Hago constar que asesore al estudiante universitario Fabián Eduardo Salatino Díaz, que se identifica con No.de Cédula A-1 1112630 extendida en la ciudad de Guatemala, en la elaboración del Trabajo de Graduación titulado: DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, A TRAVÉS DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 23.01.29:05, y apruebo el contenido del mismo.

Ing. Luis Araldo Ayala Vargas
Asesor Ministerio de Energía y Minas



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 27 de agosto de 2007
Ref. EPS. C. 512.08.07

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

Por este medio atentamente le informo que como Asesor - Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, **FABIÁN EDUARDO SALATINO DÍAZ**, procedí a revisar el informe final de la práctica de EPS, cuyo título es **"DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, A TRAVÉS DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 23.01.29:05"**.

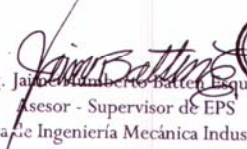
Cabe mencionar que las soluciones planteadas en este trabajo, constituyen un valioso aporte de nuestra Universidad a uno de los muchos problemas que padece el país, principalmente en el apoyo de la búsqueda de soluciones viables a los problemas que atraviesan y que al final beneficiarán a la sociedad en general.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"D y Enseñad a Todos"


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor - Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/jm

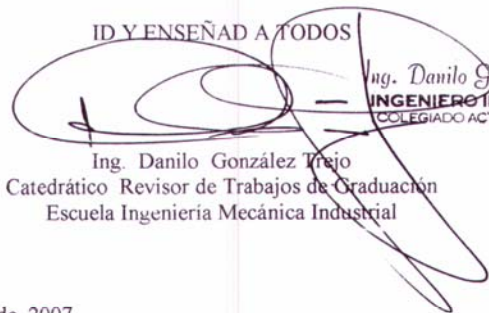
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, A TRAVÉS DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 23.01.29:05**, presentado por el estudiante universitario **Fabián Eduardo Salatino Díaz**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

DI Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Danilo González Trejo
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO ACTIVO No. 6.182

Ing. Danilo González Trejo
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2007

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA
UNIDAD DE EPS

Guatemala, 27 de agosto de 2007
Ref. EPS C. 512.08.07

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Director Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Gómez Rivera.

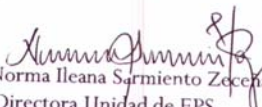
Por este medio atentamente le envió el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado "DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, A TRAVÉS DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 23.01.29:05" que fue desarrollado por el estudiante universitario **FABIÁN EDUARDO SALATINO DÍAZ**, quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor – Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido; solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Inga. Norma Ileana Sarmiento Zecena
Directora Unidad de EPS



NISZ/jm

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DIAGNÓSTICO Y REDISEÑO DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS DEL MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS A TRAVÉS DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 23.01.29:05**, presentado por el estudiante universitario **Fabián Eduardo Salatino Díaz**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2007.

/mgp

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por permitirme alcanzar esta meta tan importante en mi vida, sin Él a mi lado esto no sería posible.
- Mi madre** Nancy Johana Díaz López, quien es la luz de mi vida, gracias por amarme, apoyarme y creer en mí en todo momento, este triunfo es tuyo.
- Mis abuelos** José Hipólito Díaz Arango (+), Laura Catalina López de Díaz, Irene Encarnación Sousa Vairinho (+), por transmitirme toda su sabiduría y darme todo su amor incondicionalmente.
- Mis hermanos** Andrea Johana Salatino Díaz y Adrián Esteban Salatino Díaz, quienes siempre estuvieron a mi lado dándome todo su apoyo.
- Mi novia** Ana Beatriz García García, por ser mi inspiración y brindarme ese amor tan grande que me motiva a ser cada vez mejor.

Mis amigos

Ángel, Rolando, Gabriel, Diego, Carlos Alfonso, Hugo Fernando, Hugo José, Manuel, Steve; por ayudarme dentro y fuera de las aulas de la facultad.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XV

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN Y DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROCARBUROS

1.1 Generalidades de la institución.....	1
1.1.1 Reseña histórica.....	1
1.1.2 Visión y misión de la institución	2
1.1.3 Servicios que presta.....	2
1.2 Generalidades de la Dirección General de Hidrocarburos.....	3
1.2.1 Actividades.....	4
1.2.2 Organigrama.....	5
1.2.3 Servicios que presta.....	6
1.2.4 Ubicación.....	8
1.3 Generalidades del laboratorio.....	9
1.3.1 Reseña histórica.....	9
1.3.2 Actividades	10

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos del reglamento técnico centroamericano RTCA 23.01.29:05 para evaluar las condiciones y

diseñar mejoras del laboratorio.....	11
2.2 Generalidades acerca de los cilindros de gas licuado de petróleo (GLP).....	12
2.2.1 Definiciones.....	12
2.3 Clasificación de los defectos en los cilindros.....	17
2.3.1 Defectos críticos.....	17
2.3.2 Defectos mayores.....	18
2.3.3 Defectos menores.....	19
2.4 Descripción del equipo, métodos de prueba y resultados	
Esperados.....	19
2.4.1 Inspección visual.....	20
2.4.2 Espesor de lámina.....	20
2.4.3 Ensayo de tara.....	23
2.4.4 Pruebas a presión.....	24
2.4.4.1 Prueba de hermeticidad.....	24
2.4.4.2 Expansión volumétrica.....	25
2.4.4.3 Prueba de ruptura.....	27
2.4.5 Ensayo radiográfico.....	28
2.4.6 Capacidad de agua.....	31

3. SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Análisis de laboratorio.....	33
3.2 Situación actual de los ensayos.....	34
3.2.1 Inspección visual.....	35
3.2.1.1 Ventajas y desventajas del procedimiento.....	36
3.2.1.2 Ventajas y desventajas del equipo.....	37
3.2.1.3 Ventajas y desventajas del personal.....	37
3.2.2 Espesor de lámina.....	38

3.2.2.1	Ventajas y desventajas del procedimiento.....	40
3.2.2.2	Ventajas y desventajas del equipo.....	41
3.2.2.3	Ventajas y desventajas del personal.....	42
3.2.3	Ensayo de tara.....	43
3.2.4	Prueba de hermeticidad.....	43
3.2.5	Prueba de ruptura.....	46
3.2.5.1	Ventajas y desventajas del procedimiento.....	49
3.2.5.2	Ventajas y desventajas del equipo.....	51
3.2.5.3	Ventajas y desventajas del personal.....	52
3.2.6	Expansión volumétrica.....	52
3.2.7	Examen radiográfico.....	53
3.2.7.1	Ventajas y desventajas del procedimiento.....	58
3.2.7.2	Ventajas y desventajas del equipo.....	59
3.2.7.3	Ventajas y desventajas del personal.....	60
3.2.8	Capacidad de agua.....	61
3.3	Plano de situación actual del laboratorio.....	62

4. PROPUESTA DE REDISEÑO DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS A TRAVÉS DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 23.01.29:05

4.1	Generalidades del muestreo de los cilindros a ensayar en el laboratorio.....	63
4.1.1	Método de muestreo.....	63
4.1.2	Tamaño de la muestra general.....	63
4.1.3	Tamaño de la muestra a inspeccionar.....	64
4.2	Propuesta de mejoramiento del laboratorio.....	66
4.2.1	Inspección visual.....	67
4.2.1.1	Recomendaciones para el procedimiento.....	68

4.2.1.2 Recomendaciones para el equipo.....	69
4.2.1.3 Recomendaciones para el personal.....	69
4.2.2 Espesor de lámina.....	70
4.2.2.1 Recomendaciones para el procedimiento.....	72
4.2.2.2 Recomendaciones para el equipo.....	73
4.2.2.3 Recomendaciones para el personal.....	73
4.2.3 Ensayo de tara.....	75
4.2.3.1 Recomendaciones para el procedimiento.....	76
4.2.3.2 Recomendaciones para el equipo.....	77
4.2.3.3 Recomendaciones para el personal.....	77
4.2.4 Pruebas a presión.....	78
4.2.4.1 Prueba de hermeticidad.....	78
4.2.4.1.1 Recomendaciones para el procedimiento.....	80
4.2.4.1.2 Recomendaciones para el equipo.....	81
4.2.4.1.3 Recomendaciones para el personal.....	81
4.2.4.2 Expansión volumétrica.....	83
4.2.4.2.1 Recomendaciones para el procedimiento.....	84
4.2.4.2.2 Recomendaciones para el equipo.....	85
4.2.4.2.3 Recomendaciones para el personal.....	86
4.2.4.3 Prueba de ruptura.....	87
4.2.4.3.1 Recomendaciones para el procedimiento.....	89
4.2.4.3.2 Recomendaciones para el equipo.....	90
4.2.4.3.3 Recomendaciones para el personal.....	90
4.2.5 Examen radiográfico.....	91
4.2.5.1 Recomendaciones para el procedimiento.....	96
4.2.5.2 Recomendaciones para el equipo.....	97
4.2.5.3 Recomendaciones para el personal.....	97

4.2.6 Capacidad de agua.....	98
4.2.6.1 Recomendaciones para el procedimiento.....	100
4.2.6.2 Recomendaciones para el equipo.....	100
4.2.6.3 Recomendaciones para el personal.....	100
4.3 Costos.....	101
4.3.1 Costos directos.....	101
4.3.2 Costos indirectos.....	102
4.3.3 Costos de oportunidad.....	103
4.3.4 Beneficios del desarrollo del proyecto.....	103

5. EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAS A LA SEGURIDAD E HIGIENE EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

5.1 Diagnóstico general del laboratorio.....	105
5.2 Diagnóstico de los ensayos.....	107
5.2.1 Inspección visual.....	107
5.2.2 Espesor de lámina.....	107
5.2.3 Ensayo de tara.....	109
5.2.4 Pruebas a presión.....	109
5.2.4.1 Prueba de hermeticidad.....	110
5.2.4.2 Expansión volumétrica.....	111
5.2.4.3 Prueba de ruptura.....	111
5.2.5 Examen radiográfico.....	112
5.2.6 Capacidad de agua.....	114

6. PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL LABORATORIO

DE ANÁLISIS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

6.1 Rutinas de mantenimiento.....	115
6.2 Personal.....	120
6.3 Controles.....	121
6.4 Costos de mantenimiento.....	127
6.5 Beneficios.....	128
CONCLUSIONES.....	131
RECOMENDACIONES.....	133
BIBLIOGRAFÍA.....	135
APÉNDICES.....	137
ANEXOS.....	153

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Organigrama de la Dirección General de Hidrocarburos	5
2	Mapa de ubicación de la Dirección General de Hidrocarburos	8
3	Partes de un cilindro	16
4	Puntos de medición de espesor en los cilindros vista lateral	21
5	Vista de planta de puntos de medición en cilindros	22
6	Bomba hidráulica para llevar a cabo la prueba de ruptura	27
7	Tubo de rayos X	29
8	Carretes para revelado de placas radiográficas	29
9	Negatoscopio	30
10	Diagrama causa-efecto para análisis del laboratorio	32
11	Diagrama de flujo del proceso del ensayo de inspección visual	34
12	Diagrama de flujo del proceso del ensayo de espesor de lámina	37
13	Diagrama de flujo del proceso de la prueba de hermeticidad	43
14	Diagrama de flujo del proceso de la prueba de ruptura	46
15	Diagrama de flujo del proceso del examen radiográfico	54
16	Plano del laboratorio situación actual	60
17	Plano del laboratorio con su área de almacenaje	64
18	Diagrama de flujo del proceso de ensayo de inspección visual	65
19	Diagrama de flujo del proceso del ensayo de espesor de lámina	68
20	Diagrama de flujo del proceso de ensayo de tara propuesto	73
21	Diagrama de flujo del proceso de la prueba de hermeticidad	76
22	Diagrama de flujo del proceso de la prueba de expansión volumétrica	79
23	Diagrama de flujo del proceso de la prueba de ruptura	85

24	Diagrama de flujo del proceso del ensayo radiográfico	89
25	Diagrama de flujo del proceso del ensayo de capacidad de agua	96
26	Diagrama causa efecto diagnóstico de seguridad e higiene del laboratorio	103
27	Rutina de mantenimiento de ensayo de espesor de lámina	111
28	Rutina de mantenimiento de la báscula	112
29	Rutina de mantenimiento de bomba hypro	113
30	Rutina de mantenimiento de tubo de rayos x	114
31	Rutina de mantenimiento de negatoscopio	115
32	Formato para control de mantenimiento de ensayo de medición de espesores	117
33	Formato para control de mantenimiento de la báscula	118
34	Formato para control de mantenimiento de bomba hypro	119
35	Formato para control de mantenimiento de tubo de rayos x	120
36	Formato para control de mantenimiento del negatoscopio	121

Tablas

I	Capacidad de los cilindros para una relación máxima de llenado del 42%	18
II	Ejemplo de determinación del tamaño de la muestra general	62
III	Ejemplo de determinación del tamaño de la muestra especial	63
IV	Plan de capacitación de personal para el ensayo de espesor de lámina	72
V	Plan de capacitación de personal para la prueba de ruptura	80
VI	Costos directos	99
VII	Costos indirectos	100

GLOSARIO

Gas Licuado de Petróleo

El Gas Licuado de Petróleo es un combustible compuesto químicamente por los hidrocarburos propano y butano o sus mezclas y que contienen propileno o butileno o mezclas de estos como impurezas principales. Se obtiene durante el proceso de refinación de otro derivado del petróleo denominado gasolina.

Cilindro GLP

Recipiente metálico, con o sin cordones de soldadura, hermético, rellenable, utilizado para almacenar y transportar gas licuado de petróleo, el cual, por su masa y dimensiones, puede manejarse manualmente y cumple con los requisitos del Reglamento Técnico Centroamericano 23.01.29:05. Está formado por los siguientes componentes: cuello protector, válvula, brida, cuerpo cilíndrico y base de sustentación.

Ensayos destructivos

Son aquellos que se realizan sobre piezas acabadas semiacabadas, interfiriendo con el uso futuro de las mismas.

Prueba de ruptura	Consiste en someter el cilindro a presión interna hasta que este presente rotura, con la finalidad de poder registrar el último valor de presión alcanzado en ese momento.
Ensayo de expansión volumétrica	Consiste en determinar la expansión permanentemente de un cilindro después de ser sometido a alta presión.
Lote	Es la cantidad específica de envases cilíndricos de un mismo tamaño y diseño, fabricados en una misma tanda, bajo condiciones de producción presumiblemente uniformes y se somete a inspección como un conjunto unitario.
Tara	Es la masa del envase cilíndrico vacío, incluyendo la masa de la válvula.
Palpador del medidor	Parte del medidor de espesores que entra en contacto con la lámina del cilindro para determinar el espesor de la misma.
Negatoscopio	Equipo que genera un campo uniforme de luz para visualizar la película radiográfica.
Báscula	Aparato que se utiliza para medir pesos grandes.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación fue desarrollado a través del ejercicio profesional supervisado (E.P.S.) en el Ministerio de Energía y Minas, con la finalidad de evaluar el estado actual del Laboratorio de Ensayos No Destructivos y elaborar la propuesta de mejoras adecuada para la correcta adaptación del mismo al **Reglamento Técnico Centroamericano 23.01.29:05 Recipientes a presión. Cilindros Portátiles para contener GLP. Especificaciones de fabricación**, el cual está a punto de ser implementado.

Por lo tanto, se analizarán los ensayos llevados a cabo en el laboratorio, los cuales permiten establecer un control de calidad sobre los productos de las empresas ubicadas en el país que se dedican a la producción de cilindros.

Se pretende determinar las deficiencias, ya sean por equipo, personal o procedimientos en los ensayos para corregirlas previo a la implementación del reglamento, así como, también se pretende determinar si el equipo de laboratorio debe ser renovado o mejorado para que los ensayos se lleven a cabo correctamente y si el personal necesita capacitación al respecto.

Después de llevar a cabo el respectivo análisis del laboratorio se pretende proporcionar a la Dirección General de Hidrocarburos las respectivas recomendaciones para llevar a cabo un control de calidad adecuado sobre los cilindros.

Dentro de los ensayos del laboratorio se encuentra el ensayo de espesor de la lámina utilizada en la elaboración de cilindros que contienen GLP; el ensayo de Tara que es en la cual se corrobora la masa del cilindro vacío, incluyendo la válvula del mismo; la prueba de hermeticidad del cilindro para verificar que este se encuentre libre de fugas; las pruebas de expansión volumétrica para verificar

la expansión volumétrica de los cilindros cuando estos se someten a cierta presión; la prueba de ruptura para verificar la presión a la cual los cilindros fallan; el examen radiográfico es en el cual se determina si los cilindros tienen fallas en su superficie y el ensayo de capacidad de agua para establecer la capacidad del cilindro cuando este contiene agua en su interior.

Las áreas en las cuales se analizará cada ensayo son: el área de equipo, para determinar si el ensayo se lleva a cabo con el equipo adecuado; el área de personal para establecer si el personal que lleva a cabo los ensayos está capacitado, adecuadamente, y el área de procedimientos en la cual se verifica si existen procedimientos adecuados al momento de llevar a cabo cada ensayo.

OBJETIVOS

GENERAL

Realizar un diagnóstico y el rediseño del Laboratorio de Análisis de Ensayos No Destructivos del Ministerio de Energía y Minas para determinar si este se encuentra en condiciones para adaptarse al **Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01.29:05**, y obtener las recomendaciones respectivas si estas fueran necesarias.

ESPECÍFICOS

1. Determinar los aspectos de cada ensayo que no se ajustan al nuevo reglamento.
2. Determinar las ventajas de la metodología actual del laboratorio.
3. Evaluar las normas de seguridad e higiene bajo las cuales se trabaja en el laboratorio y elaborar las respectivas recomendaciones para el mejoramiento de dichas normas.
4. Elaborar recomendaciones para mejorar los procedimientos mediante los cuales se lleva a cabo cada uno de los ensayos.
5. Elaborar las recomendaciones que establezcan el equipo a utilizar en el laboratorio.

6. Generar un plan de mantenimiento para el equipo que debe usarse en el laboratorio.
7. Elaborar las recomendaciones para que se pueda capacitar al personal en materia de los ensayos que indica el nuevo reglamento.

INTRODUCCIÓN

El Ministerio de Energía y Minas, mediante la Dirección General de Hidrocarburos es el ente encargado del control de calidad de los cilindros de Gas Licuado Petróleo (GLP) en el país. Durante muchos años, este control se ha realizado siguiendo los lineamientos que establecía la norma COGUANOR NGO 51 009, sin embargo, para el año 2006 se tiene previsto que entre en vigencia el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01.29:05, el cual ha sido creado con la finalidad de mejorar la calidad de los cilindros de la región.

El Laboratorio de Análisis de Ensayos No Destructivos es la unidad responsable de evaluar la calidad de los cilindros a través de los ensayos que se aplican a las diversas muestras. Un laboratorio en malas condiciones y con poca capacidad de evaluación de los cilindros representa un cuello de botella al momento de generar la licencia de comercialización de los cilindros.

Actualmente, el laboratorio no cumple con los requisitos que el nuevo reglamento exige y, por lo tanto, se debe llevar a cabo un diagnóstico que permita determinar los aspectos que necesitan cambios o refuerzos. Este diagnóstico conduce a la generación de una propuesta de mejoras que buscan cumplir con lo que el reglamento establece.

La finalidad de este trabajo de graduación es elaborar el diagnóstico y la propuesta de mejoras anteriormente mencionados, haciendo uso de las herramientas y conocimientos que proporciona la Ingeniería Mecánica Industrial.

1. INFORMACIÓN GENERAL DE LA INSTITUCIÓN Y DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE HIDROCARBUROS

1.1 Generalidades de la institución

En este capítulo se presenta información de la institución y de la Dirección General de Hidrocarburos.

1.1.1 Reseña histórica

El Ministerio de Energía y Minas fue elevado a categoría de Ministerio el 1 de julio de 1983 a través del Decreto Ley 106-83, publicado en el Diario Oficial. Anterior a esto, conforme a la Ley del Organismo Ejecutivo, correspondía al Ministerio de Economía conocer todo lo relativo a los hidrocarburos, minas y canteras. Por sus complejas atribuciones y funciones, dicho ministerio no estaba en real posibilidad de atender debidamente los numerosos temas relacionados con la exploración, explotación, transformación, transporte y comercialización de los hidrocarburos, así como lo concerniente a la exploración y explotación de minerales metálicos y no metálicos; por lo que para llegar a esta categoría se dieron dos momentos importantes: Por iniciativa del Organismo Ejecutivo, en 1978 se emitió el Decreto 57-78 del Congreso de la República, mediante el cual se creó la Secretaría de Minería, Hidrocarburos y Energía Nuclear, llamada por esa ley a conocer las actividades que dejaron de ser competencia del Ministerio de Economía. Posteriormente, en 1983 se emite el Decreto 106-83, mediante el cual se nombra Secretaría de Energía y Minas y se amplían al mismo tiempo sus funciones y atribuciones.

1.1.2 Visión y misión de la institución

VISIÓN

Somos la institución rectora de los sectores energético y minero, que fomenta el aprovechamiento adecuado de los recursos naturales del país.

Conformamos un equipo de trabajo multidisciplinario capacitado que cumple con la legislación y la política nacional, propiciando el desarrollo sostenible; en beneficio de la sociedad.

MISIÓN

Propiciar y ejecutar las acciones que permitan la inversión destinada al aprovechamiento integral de los recursos naturales, que proveen bienes y servicios energéticos y mineros velando por los derechos de sus usuarios y de la sociedad en general.

1.1.3 Servicios que presta

El Ministerio de Energía y Minas presta una diversidad de servicios a través de sus diferentes direcciones, las cuales son: Dirección General de Minería, Dirección General de Hidrocarburos, Dirección General de Servicios Administrativos y Dirección General de Energía. De forma bastante general podemos decir que estos servicios son:

- Brindar información acerca de hidrocarburos, recursos mineros y energéticos a las personas que lo necesiten.

- Controlar y fiscalizar los recursos mineros, energéticos y de hidrocarburos a nivel nacional.
- Servicios de laboratorio para cumplir con los programas de control de calidad de importación y exportación de productos y comercialización de los mismos.

1.2 Generalidades de la Dirección General de Hidrocarburos

La Dirección General de Hidrocarburos es la encargada de cumplir con los objetivos operativos que se derivan de los objetivos estratégicos del Ministerio de Energía y Minas. Entre estos objetivos se citan:

- Promover la inversión para lograr el aprovechamiento de los recursos petroleros del país, con la finalidad que a través de la exploración, explotación y refinación de los mismos, se logre el autoabastecimiento.
- Impulsar la inversión privada en la libre comercialización del petróleo productos petroleros, que genere beneficios para la población guatemalteca.
- Promover una sana competencia en la cadena de comercialización de combustibles, que beneficie al consumidor por medio de la fiscalización y control de las especificaciones de calidad y cantidad de los combustibles comercializados promoviendo el suministro continuo de ellos.
- Estudiar y analizar el comportamiento de los combustibles en el mercado internacional, velando que los precios nacionales respondan a las variaciones que se generen.
- Fortalecer la profesionalización del personal guatemalteco y capacidad de gestión en el subsector Hidrocarburos.

El cumplimiento de estos objetivos se logra a través de las actividades y servicios que detallamos en este capítulo.

1.2.1 Actividades

Las principales actividades de la Dirección General de Hidrocarburos, son las de proponer al Ministerio de Energía y Minas, la política petrolera del país. Sin embargo, para poder llevarla a cabo tiene necesariamente que supervisar, controlar y fiscalizar a todas las empresas que se desenvuelven en el subsector de hidrocarburos.

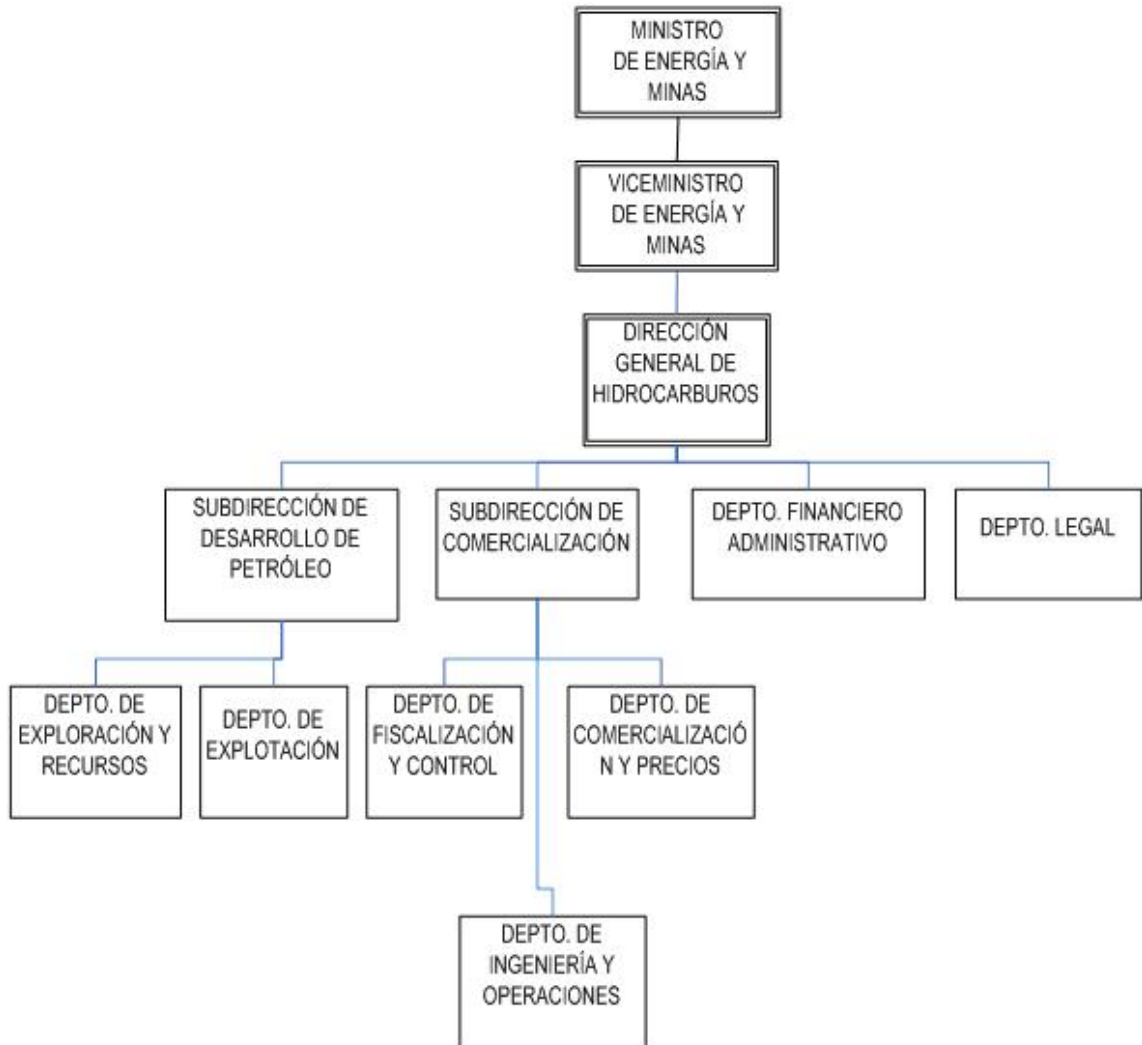
Las actividades de la Dirección General de Hidrocarburos son las siguientes:

- Cumplir y hacer que se cumplan las leyes, reglamentos y estipulaciones contractuales concernientes a operaciones petroleras.
- Inspeccionar, vigilar, supervisar y fiscalizar las operaciones petroleras, inclusive la determinación de los volúmenes de hidrocarburos y sus calidades.
- Servir de órgano de información del Ministerio, para el inversionista nacional o extranjero.
- Efectuar los cálculos para monitorear que los precios de los hidrocarburos estén dentro de un rango razonable, tomando en cuenta los factores externos e internos que lo integran.
- Efectuar, controlar y verificar la liquidación y el pago de regalías, participación en la producción.
- Estudiar y emitir dictámenes sobre operaciones de exploración y explotación de hidrocarburos.

1.2.2 Organigrama

Al observar el organigrama se aprecia que el tipo de estructura organizacional es departamentalizada jerárquica.

Figura 1. Organigrama de la Dirección General de Hidrocarburos
1.2.3 Servicios que presta



La Dirección General de Hidrocarburos brinda información en forma gratuita a las entidades o personas que así lo requieran, específicamente en el área de los hidrocarburos, entre estas podemos mencionar:

- Compañías operadoras en el país
- Compañías interesadas en áreas de interés petrolero que no poseen contrato con el Estado.
- Consultores individuales nacionales o extranjeros de las diferentes especialidades que comprende la industria petrolera, como son, geólogos, geofísicos, ingenieros petroleros, etc.
- Estudiantes de Derecho de las diferentes universidades del país cuya consulta se refiere al proceso administrativo que requiere un expediente que es presentado al MEM por las compañías operadoras.
- Estudiantes del nivel básico y diversificado de las instituciones educativas del país, sean estas, públicas o privadas, que tienen interés en el tema del petróleo producido en el país o en el petróleo en términos generales.

También presta apoyo a las diferentes Direcciones del Ministerio de Energía y Minas para el control y fiscalización de los hidrocarburos que se comercializan en el país. Además, presta el servicio a empresas y personas particulares que requieran verificar la calidad de sus combustibles.

Tiene capacidad de realizar análisis físico y químicos de tipo instrumental y de vía húmeda a muestras de, gasolina superior y regular, av-gas, kerosina, jet-A1, diesel 2D, búnker C, Orimulsión, petróleo, alcohol, aceite lubricante, carbón, aserrín y otros.

Los procedimientos de análisis se han implementado con base a normas ASTM (American Society for Testing and Materials, Sociedad Americana de Ensayos y

Materiales por su traducción al español), que son aceptadas internacionalmente dentro de la industria del petróleo y que aparecen definidos en el Acuerdo Gubernativo AG 218-2004, (especificaciones de productos derivados del petróleo). Por lo tanto, los equipos, instrumentos, accesorios, etc. que se utilizan cumplen con los requisitos establecidos para cada prueba.

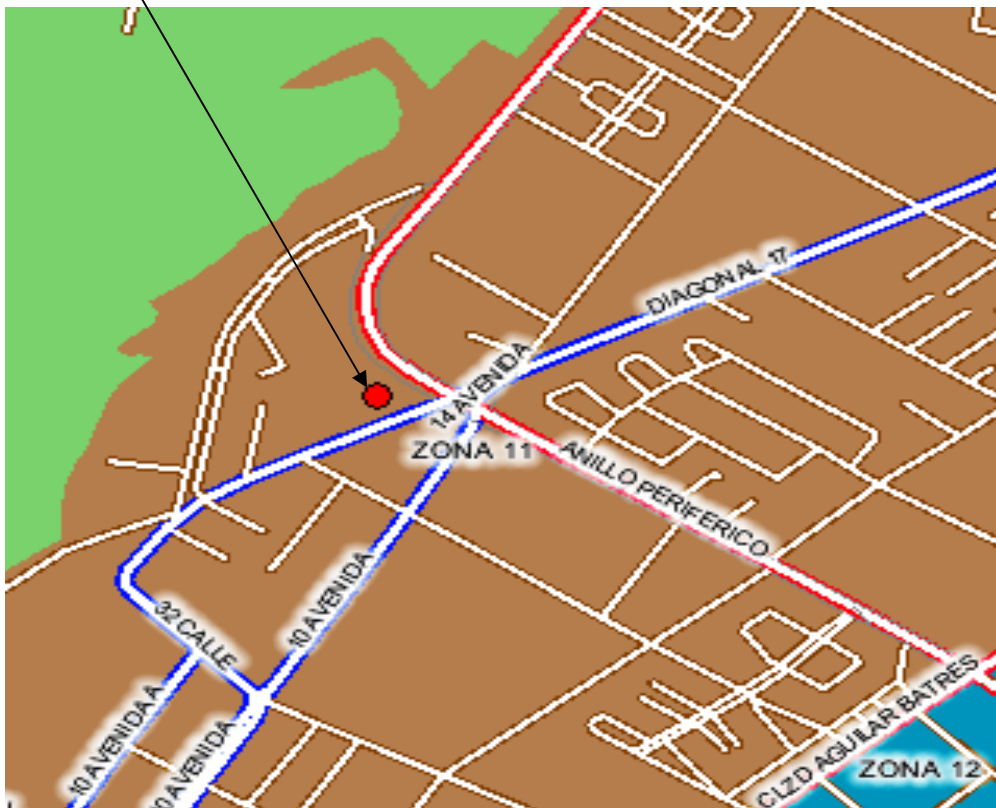
Dentro de las pruebas que se realizan rutinariamente se pueden mencionar los siguientes: destilación, presión de vapor, corrosión en lámina de cobre, gravedad API, octanaje, inflamabilidad, viscosidad, poder calorífico, cenizas, índice de cetano, agua y sedimento, agua por destilación, azufre, humedad, color, índice de viscosidad y cenizas sulfatadas, gravedad específica, acidez y otros.

1.2.4 Ubicación

La Dirección General de Hidrocarburos, al igual que la Dirección General de Minería y la Dirección General de Servicios Administrativos, se encuentra ubicada en la **Diagonal 17 29-78 zona 11, colonia Las Charcas**. Ver figura 2.

Figura 2. Mapa de ubicación de la Dirección General de Hidrocarburos

**Dirección General
De Hidrocarburos**



Fuente: <http://www.mapasred.com>

1.3 Generalidades del laboratorio

A continuación se presenta la reseña histórica y las actividades del laboratorio:

1.3.1 Reseña histórica

El laboratorio de Ensayos No Destructivos de la Dirección General de Energía del Ministerio de Energía y Minas presta sus servicios de control de calidad de cilindros GLP (Ver definición en Glosario) desde el año 1987 en conjunto con la Dirección General de Hidrocarburos, la cual se encarga de velar por el cumplimiento de los requisitos necesarios para la comercialización y circulación de cilindros GLP como producto, para lo cual realiza muestreos aleatorios en la empresas que importan y fabrican este tipo de cilindros, como parte de los trámites correspondientes para la obtención de la licencia de comercialización. Los cilindros tomados de las muestras son trasladados al laboratorio de Ensayos No Destructivos para que se sometan a las pruebas respectivas que revelarán si estos cilindros cumplen con los requisitos de fabricación establecidos en el reglamento respectivo.

En el año 2005 se publicó el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01.29:05, que es una adaptación del Código de Regulaciones Federales del Departamento de Transporte de Estados Unidos de Norteamérica a nuestra región.

Este documento fue creado por los Comités Técnicos de Normalización a través de los Entes de Normalización de los Estados Miembros que integran la Unión Aduanera Centroamericana y sus sucesores, con la finalidad de mejorar todas aquellas especificaciones establecidas en la Norma NGO 51 009, y de esta forma hacer de los países que integran la región centroamericana, países competitivos en este ramo.

Sin embargo, el laboratorio no está completamente preparado para cumplir con los requisitos de este reglamento ya que en este solo se llevan a cabo ensayos de Radiografía Industrial, Espesor de Lámina, Hermeticidad y Prueba de Ruptura. Estas técnicas no satisfacen las necesidades de análisis que el nuevo reglamento exige y debe existir una propuesta de mejoras de las mismas, cuestión que este ejercicio profesional tiene como objetivo alcanzar, tanto en el logro de un diagnóstico de la situación actual como en la propuesta de las mejoras de los ensayos que se llevan a cabo y la propuesta para la implementación de los nuevos ensayos.

El Ministerio de Energía y Minas es el ente encargado del control de calidad de los cilindros GLP en el país, y la adecuación del laboratorio al nuevo reglamento tiene como finalidad prestar un servicio de inspección eficiente sobre los cilindros, que por la falta de este control han provocado numerosos accidentes en nuestro país.

1.3.2 Actividades

El laboratorio de Ensayos No Destructivos lleva a cabo pruebas sobre productos como lo son los cilindros GLP o aeronaves de la Aeronáutica Civil Guatemalteca como parte de las actividades relativas a la Dirección General de Energía y a la Dirección General de Hidrocarburos.

Entre estas actividades encontramos las pruebas de radiografía industrial, pruebas de espesor de lámina, prueba de hermeticidad y ruptura de recipientes.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentos del reglamento técnico centroamericano RTCA

23.01.29:05 para evaluar las condiciones y diseñar mejoras del laboratorio

Los respectivos Comités Técnicos de Normalización a través de los Entes de Normalización de los Estados Miembros que integran la Unión Aduanera Centroamericana y sus sucesores, son los organismos encargados de realizar el estudio o la adopción de las Normas Técnicas o Reglamentos Técnicos. Está conformado por representantes de los sectores Académico, Consumidor, Empresa Privada y Gobierno.

El Reglamento Técnico Centroamericano, RTCA 23.01.29:05 fue aprobado por el Subgrupo de Medidas de Normalización de Centroamérica.

El objeto del este reglamento es establecer las especificaciones de diseño y fabricación, así como los métodos de prueba y ensayo a que deben someterse los envases cilíndricos portátiles para contener gas licuado de petróleo (Ver definición en Glosario).

El campo de aplicación de este reglamento es el de los envases cilíndricos portátiles con capacidad desde 4.5 kg (10 lb) hasta 45.4 kg (100 lb) de propano comercial, butano comercial o sus mezclas, los cuales se fabrican con una presión de diseño de 1655 kPa (240 psi) y que se utilizan para el almacenamiento y transporte de gas licuado de petróleo para consumo doméstico, industrial y comercial.

No se aplica a los envases cilíndricos de acero diseñados para almacenar gas licuado de petróleo utilizado como combustible de automotores, ni a los

envases desechables para gas licuado de petróleo, ni a los cilindros portátiles para contener GLP que se encuentren en servicio.

La teoría proporcionada en este documento es un extracto de lo referente a los métodos de prueba y ensayo a que deben someterse los envases cilíndricos portátiles para contener gas licuado de petróleo (GLP).

2.2 Generalidades acerca de los cilindros de gas licuado de petróleo (GLP)

Para una fácil comprensión de este documento es importante conocer la terminología usada en el campo de los cilindros GLP. A continuación se presenta dicha información:

2.2.1 Definiciones

A continuación encontramos una serie de definiciones que son de mucha utilidad al momento de hablar de los cilindros GLP.

Cilindro clase 1	envase cilíndrico de acero, sin cordones de soldadura.
Cilindro clase 2	envase cilíndrico de dos piezas unidas por un cordón de soldadura circunferencial, de aleación de acero.
Cilindro clase 3	envase cilíndrico de tres piezas, con cordón de soldadura longitudinal, de acero o aleación de acero.

Cilindro clase 4	envase cilíndrico de dos piezas de aluminio, unidas por un cordón de soldadura circunferencial.
Ensayos no destructivos	los ensayos no destructivos permiten obtener indicaciones de discontinuidades tanto superficiales como en el interior del material ensayado; pero, al evaluar si esa discontinuidad interfiere con el buen uso de la pieza dependerá de las condiciones de diseño, estudios de fractura mecánica y parámetros de aceptación o rechazo característicos del material y del proceso en el cual se utilizará la pieza inspeccionada.
Ensayo de inspección visual	consiste en revisar el cilindro visualmente para detectar cualquier tipo de defecto en el mismo.
Ensayo de espesor de lámina	consiste en determinar si la lámina utilizada para la fabricación de los cilindros cumple con los requisitos de espesor establecidos en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01.29:05.
Ensayo de tara	consiste en verificar si la Tara indicada en el cilindro es correcta.

- Prueba de hermeticidad** consiste en determinar si el cilindro tiene fugas a través del método hidrostático o el método neumático.
- Examen radiográfico** consiste en tomar una radiografía del cordón de soldadura del cilindro para determinar si este es bueno o defectuoso.
- Ensayo de capacidad de agua** consiste en determinar la máxima capacidad de agua que el cilindro soporta y con este dato se obtiene la máxima capacidad de GLP que tiene el mismo cilindro.

PARTES DE UN CILINDRO GLP

A continuación se da la descripción de las partes constitutivas de un cilindro GLP. Se puede observar las partes en la figura 3.

- Cuerpo cilíndrico** es la parte del cilindro que contiene el producto y que puede estar formado por: casquete superior, casquete inferior y sección cilíndrica o bien por dos casquetes semicapsulados.
- Casquetes** partes metálicas del cilindro GLP, de forma semiesférica o semielíptica.

Base de sustentación

pieza metálica de forma circular, rebordeada hacia el interior en su parte inferior, soldada al casquete inferior del recipiente, para sostenerlo y posicionarlo verticalmente; con orificios que permiten la ventilación para disminuir los efectos de corrosión por humedad en el mismo.

Cuello protector

parte metálica de forma cilíndrica abierta o cerrada, soldada al casquete superior del cilindro, que sirve para manipular el mismo y para proteger la válvula contra daños por impacto; tiene aberturas que permiten su conexión con el regulador, así como la operación, ventilación y drenaje.

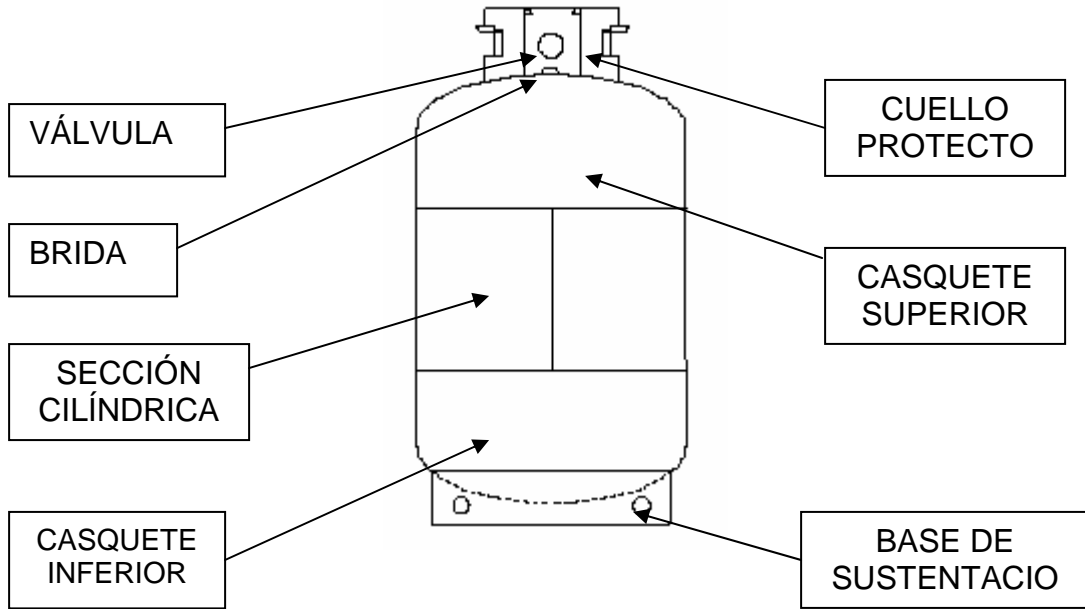
Válvula

elemento mecánico de operación manual o automática que integra en su cuerpo un dispositivo para carga y descarga de GLP y un dispositivo para alivio de presión; con o sin dispositivo de máximo nivel de llenado.

Brida

reborde circular y metálico que sirve para ensamblar vigas o tubos metálicos como el casquete superior de los cilindros GLP.

Figura 3. Partes de un cilindro



2.3 Clasificación de los defectos en los cilindros

La clasificación de los defectos en los cilindros según el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01.29:05 es la siguiente:

2.3.1 Defectos críticos

Dentro de los defectos críticos que pueden presentarse en los cilindros GLP encontramos los siguientes:

- Falta de hermeticidad
- Porosidad, grietas, escoria entrampada en la soldadura, discontinuidad, falta de penetración, mala fusión de los bordes, fisuras y cordones de soldadura no uniformes o en zigzag que comprometan la unión de las láminas en las soldaduras circunferenciales, longitudinales y en la brida.
- Falta de fusión, falta de penetración, socavaciones en las soldaduras con una profundidad mayor a un 10% de la expansión total del espesor mínimo del casquete.
- No cumplir con las especificaciones de espesor de lámina definido para cada clase de cilindro.
- No cumplir con las especificaciones del material de la lámina definidas para cada clase de cilindro.
- No cumplir con la especificación de ruptura que dice que el cilindro debe soportar una presión hidráulica o neumática mayor de 6,620 kPa (960 psi), cuatro veces la presión de diseño, y romperse siempre por la lámina, la ruptura no debe iniciar en la soldadura ni en las marcas en alto relieve practicadas en los casquetes.
- No cumplir con la capacidad nominal de GLP y la capacidad de agua establecida. Ver tabla I.

Tabla I Capacidad de los cilindros para una relación máxima de llenado del 42%

CAPACIDAD NOMINAL DE GLP		CAPACIDAD MÍNIMA DE AGUA	
Kg	Lb	Kg	Lb
4,5	10	10,71	23,81
9,1	20	21,67	47,62
11,3	25	26,90	59,52
15,9	35	37,86	83,33
18,1	40	43,10	95,24
27,2	60	64,76	142,86
45,4	100	108,10	238,10

Fuente: Reglamento técnico centroamericano RTCA 23.01.29:05

2.3.2 Defectos mayores

- No cumplir con la especificación de expansión volumétrica permanente en la cual se establece que esta no debe exceder del 10% en los cilindros de acero y del 12% en cilindros de aluminio respecto a la expansión volumétrica total, a una presión de prueba de 3,310 kPa (480 psi), dos veces la presión de diseño durante un tiempo mínimo de 30 segundos.
- Relleno incompleto de soldadura, exceso de rebaba en la brida.
- Deformación en la rosca de la brida.
- Cuando se detecten defectos en alguna(s) de las partes que componen el cuerpo del cilindro que impidan la operación segura del mismo y que no se haya(n) rechazado.
- No cumplir con las especificaciones de la brida con rosca tipo NGT 3/4" – 14 y que están establecidas en el reglamento.

2.3.3 Defectos menores

- No cumplir con los acabados del cilindro establecidos en el reglamento.
- Salpicaduras de soldadura, uniones no soldadas total o parcialmente en las soldaduras de cuellos y bases.
- No cumplir con la información que debe ir marcada en el cilindro y que está establecida en el reglamento.
- Poros que no afecten el material base del cuerpo en la zona de las soldaduras de cuellos y bases.
- No cumplir con las dimensiones de los cilindros establecidas en el reglamento.
- Tara marcada pero ilegible, ausencia de tara o no cumplir con la tolerancia de la misma.
- No cumplir con las especificaciones que el reglamento indica para el cuello protector, la base de sustentación y el acabado del cilindro.
- No presentar el certificado de calidad del material como lo indica el reglamento.

2.4 Descripción del equipo, métodos de prueba y resultados esperados

A continuación se hace una descripción del equipo, métodos de prueba y resultados esperados de cada ensayo, tomando como base el reglamento RTCA 23.01.29:05.

2.4.1 Inspección visual

El ensayo de inspección visual es un ensayo bastante fácil de realizar y con pocos requerimientos en comparación al resto de ensayos.

- Equipo

Este ensayo no necesita equipo.

- Método de prueba

La persona encargada de llevar a cabo la inspección puede utilizar cualquier método siempre y cuando verifique que todos los aspectos que el reglamento indica se cumplan correctamente.

- Resultados esperados

En este ensayo se debe verificar que los cilindros cumplan con las especificaciones de fabricación, dimensiones, cuello protector de la válvula, base de sustentación del cilindro, rosca hembra para la válvula (brida), acabado del cilindro, marcado de los cilindros e instalación de la válvula.

2.4.2 Espesor de lámina

Cumpliendo con los requerimientos necesarios el ensayo de espesor de lámina proporciona la información necesaria para determinar si la lámina utilizada en la fabricación de los cilindros es la adecuada o no.

- Equipo

Medidor ultrasónico de espesores por contacto, con pulso-eco de haz recto, con una resolución no menor a 0,01mm.

Este medidor envía ondas sonoras imperceptibles al oído humano en una dirección predecible y a una velocidad específica, y cuando las ondas encuentran límite con un medio distinto y con diferente impedancia mecánica se reflejan o transmiten. Este reflejo es procesado por el medidor para proporcionarnos el espesor de la lámina de los cilindros a ensayar.

o Método de prueba

Se deben llevar a cabo como mínimo dieciséis mediciones en todo el cilindro.

Ver figuras 4 y 5.

Figura 4. Puntos de medición de espesor en los cilindros.

Vista lateral

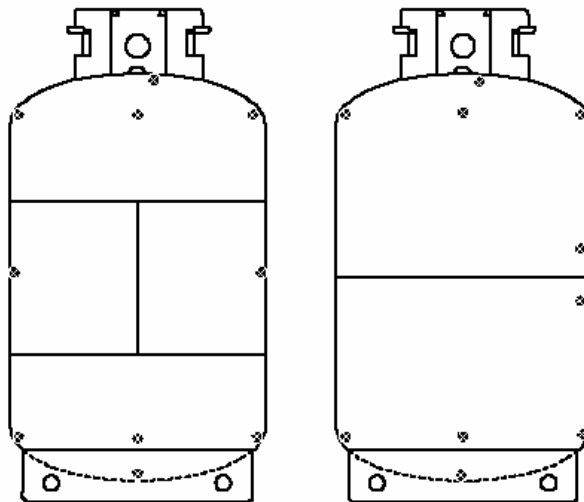
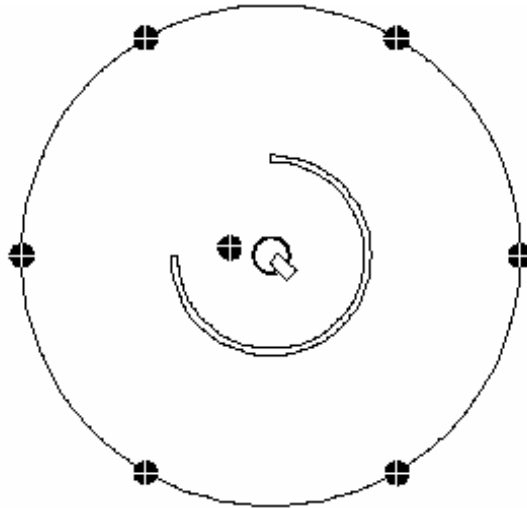


Figura 5. Vista de planta de puntos de medición en cilindros



○ Resultados esperados

Para los cilindros de clase 2 con diámetro externo mayor de 152.4 mm (6 pulgadas) el espesor de pared debe ser mayor o igual a 1.98 mm (0.078 pulgadas),

Para los cilindros de clase 3 de acero con diámetro externo mayor de 15.24 cm (6 pulgadas), el espesor de pared mínimo debe ser 2.28 mm (0.090 pulgadas).

Para los cilindros de clase 3 de aleación de acero con diámetro externo mayor de 15.24 cm (6 pulgada), el espesor mínimo de la pared debe ser 1.98 mm (0.078 pulgada).

2.4.3 Ensayo de tara

El valor obtenido de este ensayo se compara con el dato indicado en el cilindro y de esta forma se verifica que la información proporcionada por el fabricante es verídica (Ver definición de tara en Glosario).

- Equipo

Una báscula con división mínima de 100 gramos.

- Método de prueba

Se debe determinar la tara del cilindro, tomando en cuenta que el cilindro debe ser pesado con la válvula incluida, sin producto y libre de cualquier cuerpo extraño. El valor obtenido en la báscula debe compararse con el valor indicado en el cuello del cilindro.

- Resultados esperados

Obtener un valor para compararlo con el valor de la tara indicado en el cuello del cilindro, con una tolerancia de ± 113.5 gramos.

2.4.4 Pruebas a presión

Se dividen en 3: prueba de hermeticidad, expansión volumétrica y prueba de ruptura.

2.4.4.1 Prueba de hermeticidad

Esta prueba determina si el cilindro es hermético o no a través del método neumático o el método hidrostático.

○ Equipo

- Dispositivo hidráulico o neumático que proporcione una presión mínima de 3310 kPa.
- Un Manómetro con escala de 0 a 4900 kPa.
- Una cámara de prueba blindada, en el caso de que la prueba se lleve a cabo a través del método neumático.

○ Métodos de prueba

Para la prueba hidrostática el recipiente debe ser presurizado internamente hasta llegar a una presión de prueba de 3310 kPa, que es el equivalente a dos veces la presión de diseño del cilindro, manteniéndose esta presión durante 30 segundos, como mínimo, para revisar las uniones.

Para la prueba neumática el recipiente se debe colocar dentro de una cámara de prueba blindada, se eleva la presión interna del cilindro hasta 3310 kPa, manteniéndola por un tiempo mínimo de 10 segundos, se reduce la presión a 1660 kPa, se retira el recipiente de la cámara blindada y se sumerge en agua para revisar si existen fugas.

○ Resultados esperados

Se espera que el ensayo revele la existencia de fugas en los cilindros, sobre todo en las uniones soldadas.

2.4.4.2 Expansión volumétrica

En este ensayo se determina la expansión volumétrica del cilindro bajo condiciones de presión establecidas en el reglamento.

○ Equipo

- Tubo graduado para medir volúmenes con las siguientes características:
 - El diámetro interno del tubo graduado debe ser lo suficientemente uniforme para que dé lecturas de volúmenes constantes a través de la escala.
 - Un tubo con diámetro interno promedio de 6.35 mm que sirve para probar el límite normal de los cilindros.
 - Los tubos de diámetro interno diferente de 6.35 mm deben dar una precisión del 1% de la expansión volumétrica total.

- Como mínimo se debe utilizar un manómetro calibrado con una precisión de 1% y de una resolución del 10% de la presión máxima que se va a medir.

○ Métodos de prueba

Esta prueba se lleva a cabo a través del método de la camisa de agua, que consiste esencialmente en un recipiente lleno de agua (camisa de agua), en el cual se sumerge el cilindro y luego se eleva la presión hidráulica del mismo desde la presión atmosférica hasta una presión de 3310 kPa, se sostiene esta

presión por lo menos durante 30 segundos, se mide la expansión volumétrica y luego la presión se regresa a cero para determinar la expansión volumétrica permanente. Es importante tomar en cuenta que el cilindro a sumergir dentro del recipiente también tiene que estar lleno de agua.

Lecturas

- Se toma una primera lectura (C0) del nivel de agua en el tubo graduado, se toma con el recipiente (camisa de agua) completamente lleno de agua y sin aplicar presión hidráulica al cilindro.
- Se toma una segunda lectura (C1) que corresponde al máximo nivel de agua en el tubo, alcanzado durante los primeros 30 segundos después de obtener y mantener la presión hidráulica de prueba.
- Después de que la presión de prueba ha sido aplicada por al menos 30 segundos, se suspende y se toma del tubo graduado una tercera lectura (C2).

○ Resultados esperados

Determinar la expansión volumétrica elástica del cilindro mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$C1 - C0 = \text{expansión elástica (volumen)}$$

Determinar la expansión volumétrica permanente mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$C2 - C0 = \text{expansión permanente (volumen)}$$

Determinar la expansión volumétrica porcentual. Si la primera lectura de C0 es diferente a cero en la escala, la expansión volumétrica porcentual es la siguiente:

$$\frac{C2 - C1}{C1 - C0} \times 100 = \text{Expansión volumétrica } \%$$

2.4.4.3 Prueba de ruptura

Consiste en someter el cilindro a presión interna para determinar el valor al cual presenta ruptura.

o Equipo

- Un dispositivo hidráulico que proporcione una presión mínima de 6630 kPa (Figura 6).
- Manómetro con escala de 0 a 9760 kPa como mínimo.

Figura 6. Bomba hidráulica para llevar a cabo la prueba de ruptura



- Métodos de prueba

Después de acoplar el respectivo equipo al cilindro se procede a aumentar la presión interna hasta alcanzar cuatro veces la presión de diseño, es decir 6620 kPa, manteniéndola por 30 segundos como mínimo. Luego se inspecciona visualmente todo el cilindro para detectar fugas.

Posteriormente, se sigue aumentando gradualmente la presión interna al cilindro, hasta que este presente rotura; se registra el último valor de presión alcanzado en este momento.

- Resultados esperados

Determinar la presión a la cual el cilindro falla. La presión mínima a la cual debe fallar el cilindro es 4 veces la presión de diseño, o sea 6,620 kPa, por lo tanto debe analizarse el dato obtenido para establecer si el cilindro es aceptado o rechazado según lo que dicta el reglamento.

2.4.5 Ensayo radiográfico

Este ensayo permite detectar discontinuidades en el cordón de soldadura del cilindro.

- Equipo

Un tubo de rayos X para poder radiografiar la soldadura de los cilindros. Entre mas avanzado sea el equipo mejores resultados se obtendrán de la ejecución del ensayo.

- Métodos de prueba

El cilindro se coloca en un banco de trabajo y se debe colocar el tubo de rayos X de tal forma que se pueda tomar una radiografía de un tramo de la soldadura.

Se debe ir acomodando tanto el tubo de rayos X, así como el cilindro, de tal forma que se obtengan placas radiográficas de todo el cordón de soldadura que fue aplicada a cada cilindro (Ver figura 7)

Figura 7. Tubo de rayos x



Las placas radiográficas se adhieren al cilindro con cinta adhesiva y estas deben ser removidas antes de que la siguiente placa sea colocada. Estas placas vienen en un rollo sellado y deben ser cortadas con una guillotina de acuerdo a la capacidad del equipo. Después de haber radiografiado el cilindro, las placas deben ser llevadas al cuarto oscuro para ser reveladas.

Para revelar las placas, estas deben ser colocadas en unos carretes plásticos (Ver figura 8) que son sumergidos en químico revelador y posteriormente en químico fijador para obtener las placas deseadas. Las placas deben secarse por un tiempo de aproximadamente 1 ó 2 minutos en un horno de secado para poder manipularlas posteriormente y analizarlas en un negatoscopio (Ver figura 9).

Figura 8. Carretes para revelado de placas radiográficas



Figura 9. Negatoscopio



o Resultados esperados

Placas radiográficas de alta calidad que permitan detectar fallas en los cordones de soldadura de los cilindros analizados.

2.4.6 Capacidad de agua

A través de este ensayo se determina la capacidad de agua que tiene un cilindro y con este dato se calcula la capacidad de GLP del mismo.

- Equipo

Báscula con división mínima de 100 gramos.

- Métodos de prueba

Primero se debe determinar el peso del cilindro (sin válvula), luego se llena el cilindro de agua y se determina su peso. Al valor del peso del cilindro lleno de agua se le resta el valor del peso del cilindro sin válvula y esto nos proporciona el valor de la capacidad de agua del cilindro.

- Resultados esperados

El valor obtenido por el procedimiento anterior corresponde a la capacidad agua del cilindro, este valor se multiplica por la relación máxima de llenado que es de un 42%, y se obtiene la capacidad de GLP del cilindro, el valor obtenido debe ser igual o mayor a la capacidad nominal marcada en el cuello del mismo.

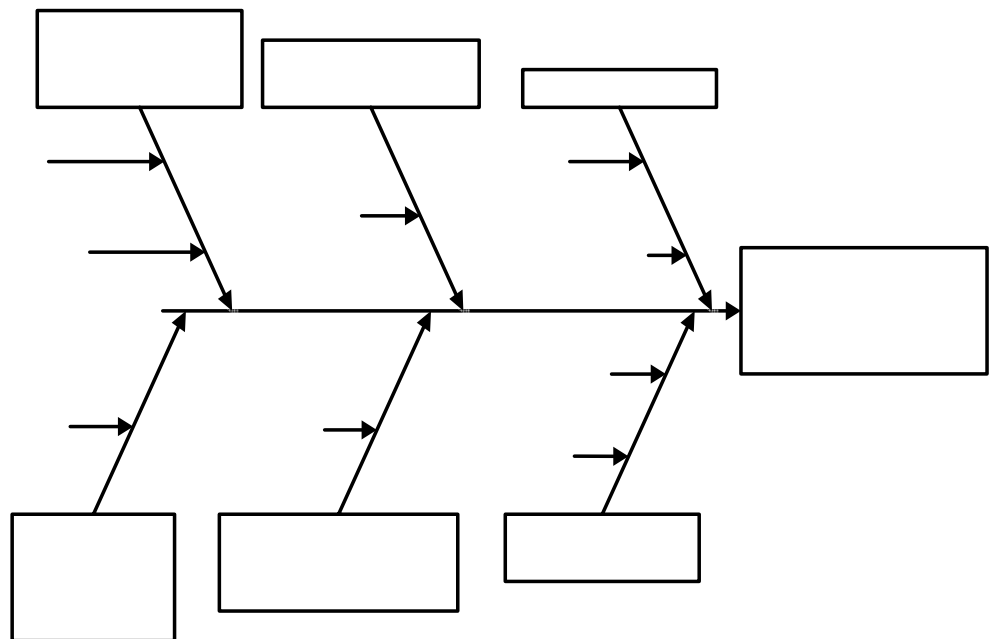
3. SITUACIÓN ACTUAL

3.1 Análisis del laboratorio

El diagrama muestra de forma general las causas por las cuales el laboratorio no se encuentra en la capacidad de adaptarse al reglamento RTCA en la actualidad.

Se debe analizar profundamente cada una de ellas y encontrar la solución adecuada para la correcta adaptación del laboratorio a la nueva reglamentación.

Figura 10. Diagrama causa-efecto para análisis del laboratorio



Fuente: Análisis llevado a cabo por Fabián Salatino en base a los lineamientos que dicta el Reglamento Técnico RTCA 23.01.29:05

El equipo y los procedimientos inadecuados para realizar los ensayos, cilindros a ensayar sucios, resultados ambiguos de las pruebas y otras causas producen la no adaptación del laboratorio al Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 23.01.29:05.

3.2 Situación actual de los ensayos

La metodología utilizada para la estandarización de los tiempos es la siguiente:

- Determinación del número de mediciones a realizar mediante la aplicación del método estadístico
- Toma de lectura de tiempos
- Toma de factor de actuación del operario (0.80)
- Determinación de tolerancia para realización de las operaciones (20%)
- Cálculo de tiempo promedio
- Cálculo de tiempo normal
- Cálculo de tiempo estándar (Ver tabla en apéndice A)

Notación utilizada:

TN = Tiempo Normal

TP = Tiempo Promedio

TE = Tiempo Estándar

F = Factor de Actuación

Fórmulas:

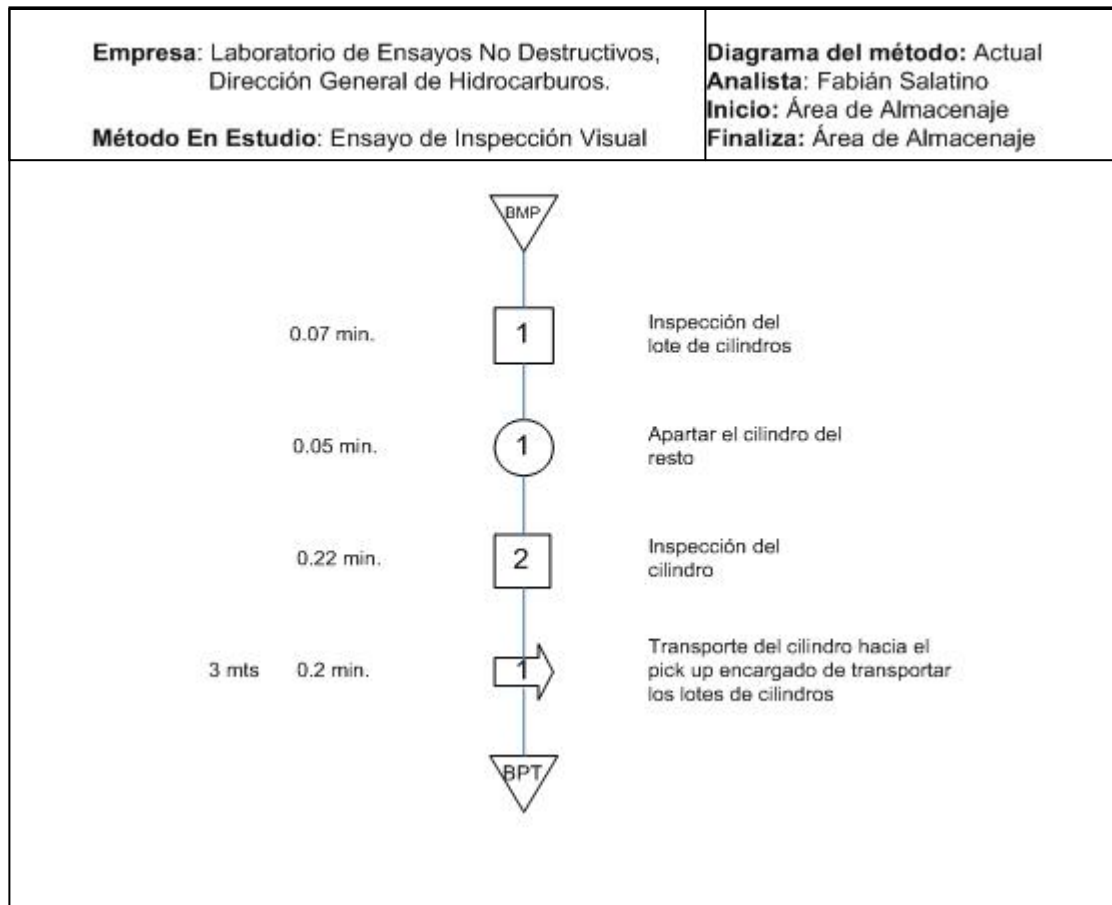
$TN = F \times TP$

$TE = TN \times (1 + \text{tolerancia})$

3.2.1 Inspección visual

El ensayo de inspección visual no se lleva a cabo en el laboratorio. Es realizado por las personas encargadas de tomar la muestra de cilindros a ensayar.

Figura 11. Diagrama de flujo del proceso del ensayo de inspección visual



RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	1	0.05	
Inspección	2	0.29	
Combinada	0	0	
Transporte	1	0.2	3
Demora	0	0	
TOTAL	4	0.54	3

3.2.1.1 Ventajas y desventajas del procedimiento

El procedimiento consta de pocas actividades, lo cual lo convierte en un ensayo relativamente rápido en relación al resto.

◆ Ventajas

La rapidez con la cual se ejecuta el ensayo es una ventaja del procedimiento actual.

◆ Desventajas

- El casquete inferior no se examina correctamente y las fisuras o mala calidad de la lámina en esa parte del cilindro son pasadas por alto.
- Las especificaciones para el cuello protector y de las medidas de cada cilindro suelen pasarse por alto.
- Las condiciones del lugar donde se inspeccionan los cilindros no son las adecuadas porque este ensayo se lleva a cabo en las fábricas de

cilindros al momento de recoger las muestras. En muchas ocasiones este ensayo se lleva a cabo en espacios al aire libre.

- Las condiciones ergonómicas para llevar a cabo el ensayo son malas.
- Las pequeñas abolladuras son pasadas por alto.
- El marcado en los cilindros no se inspecciona como indica el reglamento.

3.2.1.2 Ventajas y desventajas del equipo

El ensayo no utiliza equipo, por lo tanto no es posible hacer el respectivo análisis.

3.2.1.3 Ventajas y desventajas del personal

◆ Ventajas

- El encargado de tomar las muestras tiene conocimientos para detectar las fallas más comunes en la lámina de los cilindros.
- Rápida detección de fallas en los cordones de soldadura.
- El encargado manipula los cilindros rápidamente y sin dañarlos.

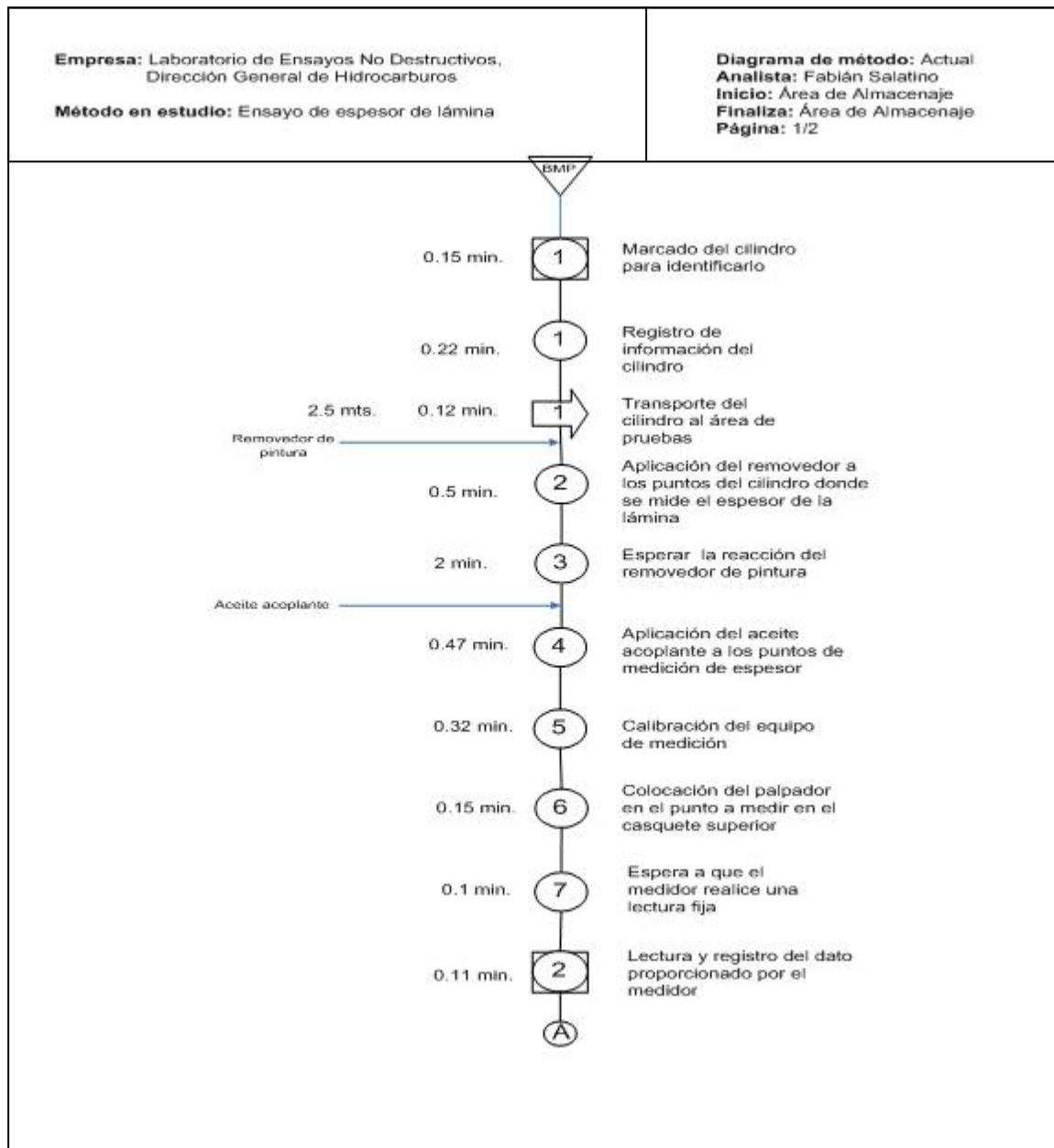
◆ Desventajas

- Falta de conocimiento profundo del nuevo reglamento que rige la ejecución del ensayo.
- El personal asume que el ensayo es irrelevante y por lo tanto no lo llevan a cabo correctamente.

3.2.2 Espesor de lámina

A continuación se presenta el diagrama de flujo actual del proceso del ensayo. Ver metodología de tiempos en tabla IX del apéndice A.

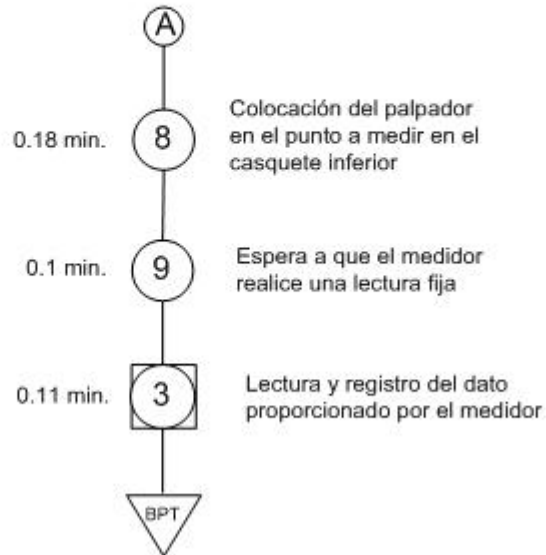
Figura 12. Diagrama de flujo del proceso del ensayo de espesor de lámina



Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos,
Dirección General de Hidrocarburos

Método en estudio: Ensayo de espesor de lámina

Diagrama de método: Actual
Analista: Fabián Salatino
Inicio: Área de Almacenaje
Finaliza: Área de Almacenaje
Página: 2/2



RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	9	3.04	
Inspección	0	0	
Combinada	3	0.37	
Transporte	1	0.12	2,5
Demora	0	0	
TOTAL	13	3.53	2,5

3.2.2.1 Ventajas y desventajas del procedimiento

A continuación se presentan las ventajas y desventajas del procedimiento del ensayo de espesor de lámina:

◆ Ventajas

- La remoción de pintura de los diversos puntos para llevar a cabo las mediciones hacen que el ensayo proporcione datos confiables.
- Remover la pintura de los puntos de medición por parejas (un punto en cada casquete) y después realizar las mediciones hace que el ensayo se ejecute con mayor rapidez y evita confusiones con los puntos de medición.
- La utilización de aceite para que el palpador del medidor de espesores se acople mejor al cilindro y tome medidas exactas.

◆ Desventajas

- Se toman menos de las 16 mediciones que el reglamento establece.
- Las condiciones del área de trabajo no son adecuadas porque se trabaja en un escritorio y no en un área diseñada especialmente para el ensayo.
- El removedor de pintura se aplica con wiper amarrado a una pequeña rama de árbol y esto hace que el procedimiento sea lento y la aplicación del removedor incómoda.
- El aceite que se utiliza para que el palpador del medidor de espesores se acople mejor a la lámina no se encuentra en muy buen estado y se almacena en un bote viejo.

- El encargado del laboratorio no utiliza mascarilla ni guantes al momento de aplicar el removedor de pintura y esto puede ocasionar algún accidente debido a que el removedor contiene metanol (alcohol metílico) que es un químico que ocasiona daño grave a la piel y al sistema nervioso de los seres humanos.
- En algunas ocasiones el ensayo se lleva a cabo al aire libre y en condiciones de trabajo incómodas.
- Los diferentes espesores son anotados en hojas de cuaderno y sería mejor tabularlos en hojas que contengan un formato especial.

3.2.2.2 Ventajas y desventajas del equipo

A continuación se presentan las ventajas y desventajas del equipo utilizado para la ejecución del ensayo de espesor de lámina:

♦ Ventajas

- El medidor ultrasónico es un equipo que se compró nuevo y por lo tanto el único desgaste que sufre el acople del mismo es el causado por el uso que se le da con los cilindros.
- El medidor es de un tamaño considerablemente pequeño y por lo tanto no dificulta su manipulación o adaptación a las diferentes condiciones de trabajo.
- El medidor posee un manual de uso que se puede consultar en caso de cualquier duda.

◆ Desventajas

- El medidor ultrasónico se mantiene empolvado y la película de polvo que se produce en el palpador afecta la exactitud de las mediciones.
- La tecnología del medidor es antigua en relación a la que encontramos actualmente en el mercado y esto afecta la precisión de los resultados requerida por el nuevo reglamento.

3.2.2.3 Ventajas y desventajas del personal

El encargado del laboratorio fue capacitado a través de la lectura del manual de uso del equipo como una actividad paralela al desarrollo de este proyecto de E.P.S.

◆ Ventajas

- El encargado del laboratorio está capacitado para el correcto uso del medidor.
- El encargado está consciente de la importancia de la remoción de la pintura de los cilindros para obtener mejores resultados.
- El encargado del laboratorio tiene la experiencia necesaria para interpretar correctamente los datos obtenidos.

◆ Desventajas

- El encargado no tiene un conocimiento adecuado del actual reglamento y por lo tanto no toma las 16 mediciones requeridas para la consecución de los resultados esperados.
- El encargado no posee una capacitación relativa a la seguridad e higiene en el laboratorio y por lo tanto toma riesgos tales como utilizar el removedor sin guantes y sin mascarilla.

3.2.3 Ensayo de tara

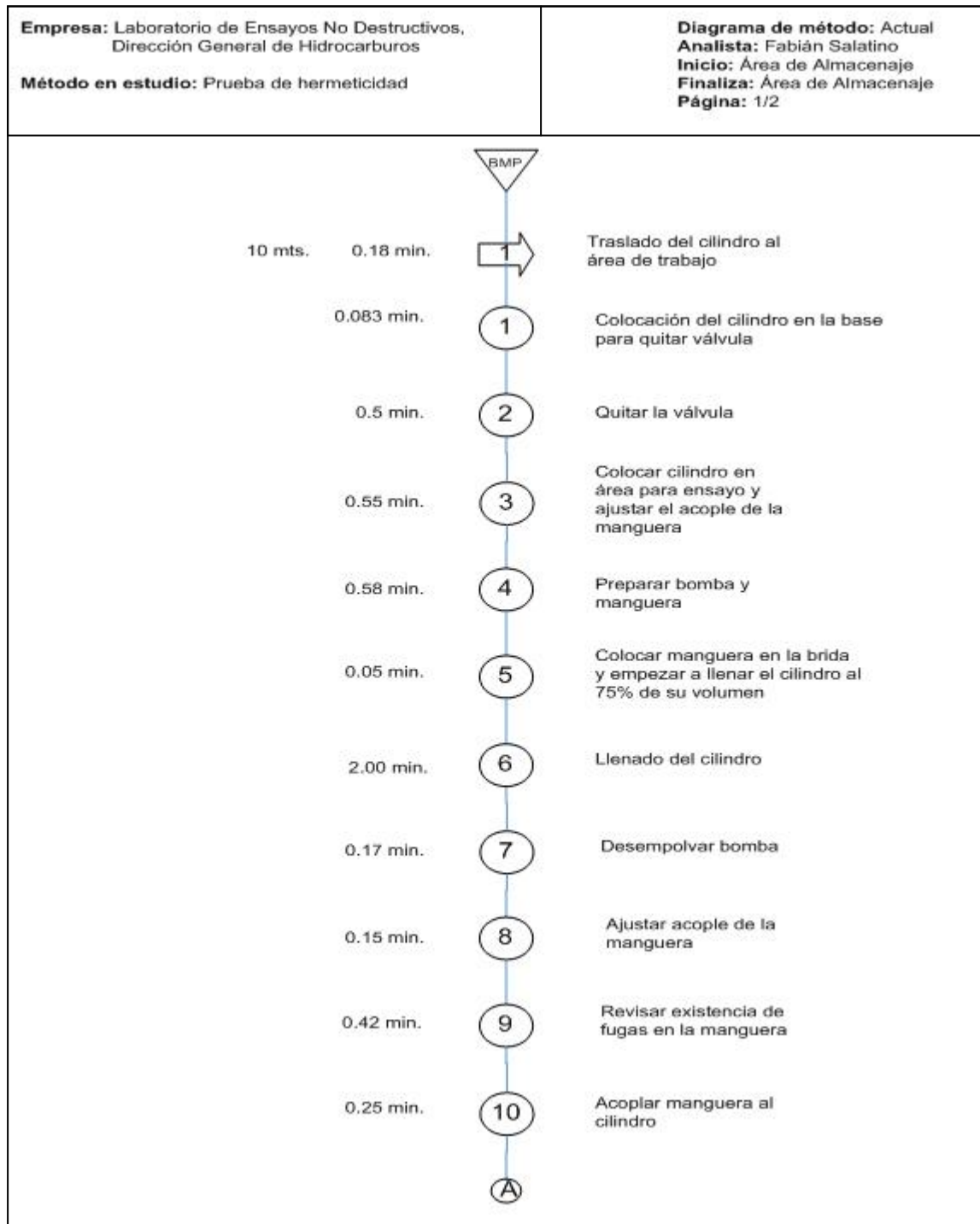
El ensayo de tara no se realiza en el laboratorio. Es realizado por personal perteneciente a la Dirección General de Hidrocarburos, por lo tanto la institución debe buscar la forma de adquirir el equipo y capacitar al personal adecuado para que el laboratorio se encuentre en condiciones óptimas de llevar a cabo el control de calidad de los cilindros GLP.

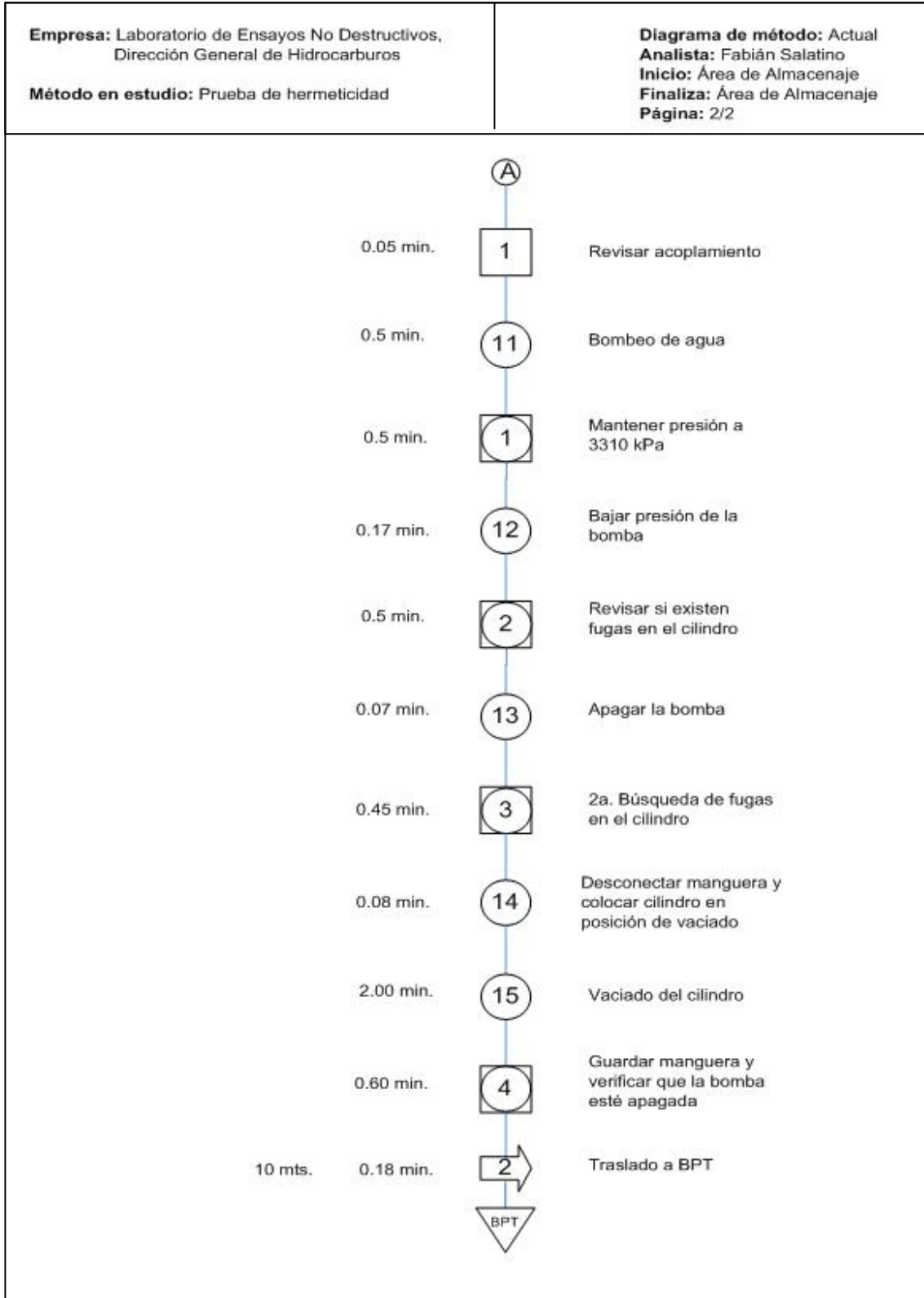
3.2.4 Prueba de hermeticidad

A continuación se tiene el diagrama de flujo de la situación actual del ensayo de hermeticidad.

Este diagrama está sujeto a cambios debido a que no existe un procedimiento establecido para llevar a cabo el ensayo y por esta razón hay operaciones que se realizan en distinto orden para las diversas repeticiones del mismo.

Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de la prueba de hermeticidad





RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	15	7.53	
Inspección	1	0.05	
Combinada	4	2.05	
Transporte	2	0.36	20
Demora	0	0	
TOTAL	22	9.99	20

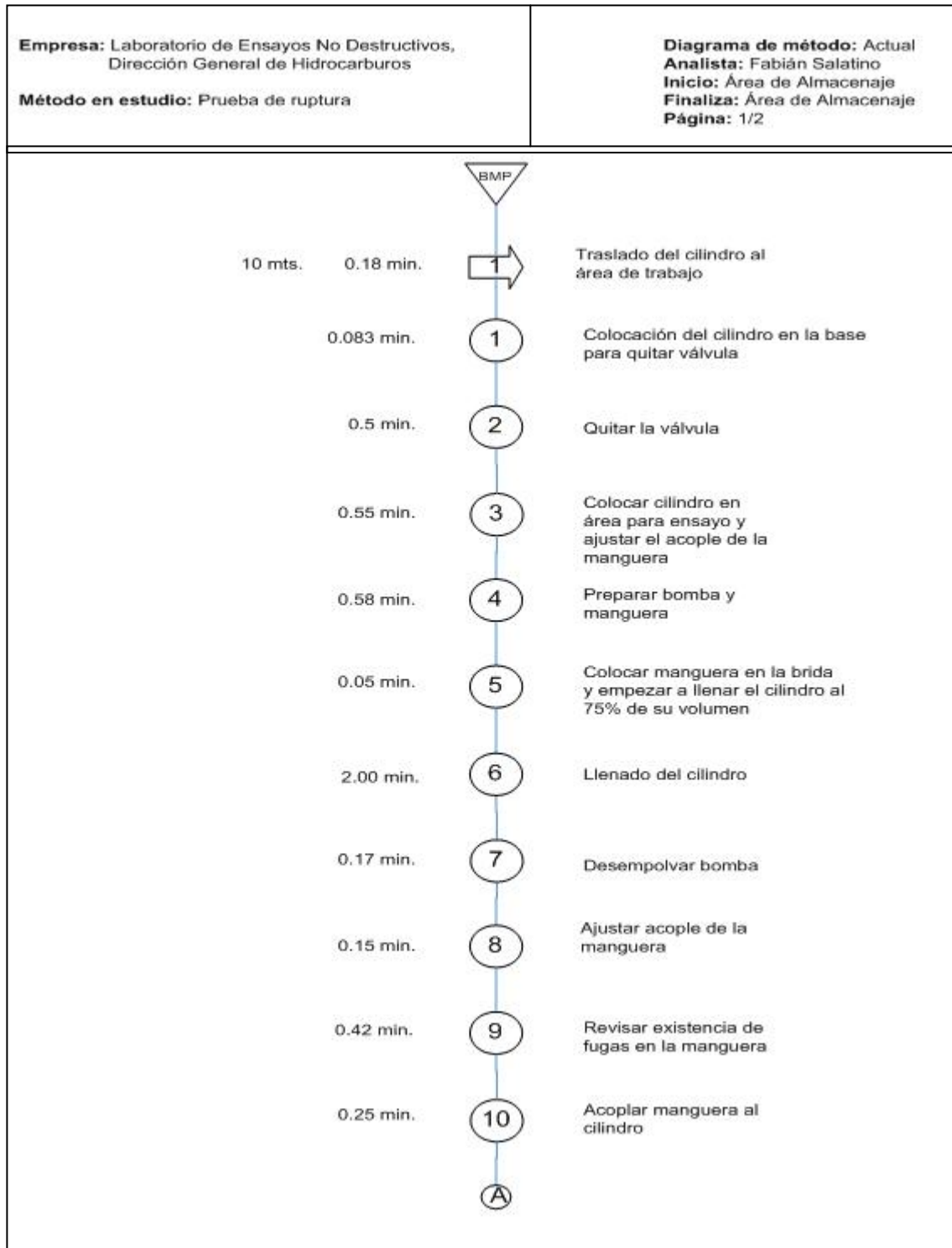
NOTA: El listado de ventajas y desventajas para el ensayo de hermeticidad se presenta después del diagrama de la prueba de ruptura y es el mismo listado, ya que el proceso de ejecución de ambos ensayos es muy parecido. La diferencia consiste en que para la prueba de ruptura la presión es elevada hasta que el cilindro falla y en la prueba de hermeticidad esta presión se eleva únicamente hasta 3310 kPa.

3.2.5 Prueba de ruptura

A continuación se presenta el diagrama de flujo de proceso del ensayo de ruptura.

Este diagrama está sujeto a cambios debido a que no existe un procedimiento establecido para llevar a cabo el ensayo y por esta razón hay operaciones que se realizan en distinto orden para las diversas repeticiones del mismo.

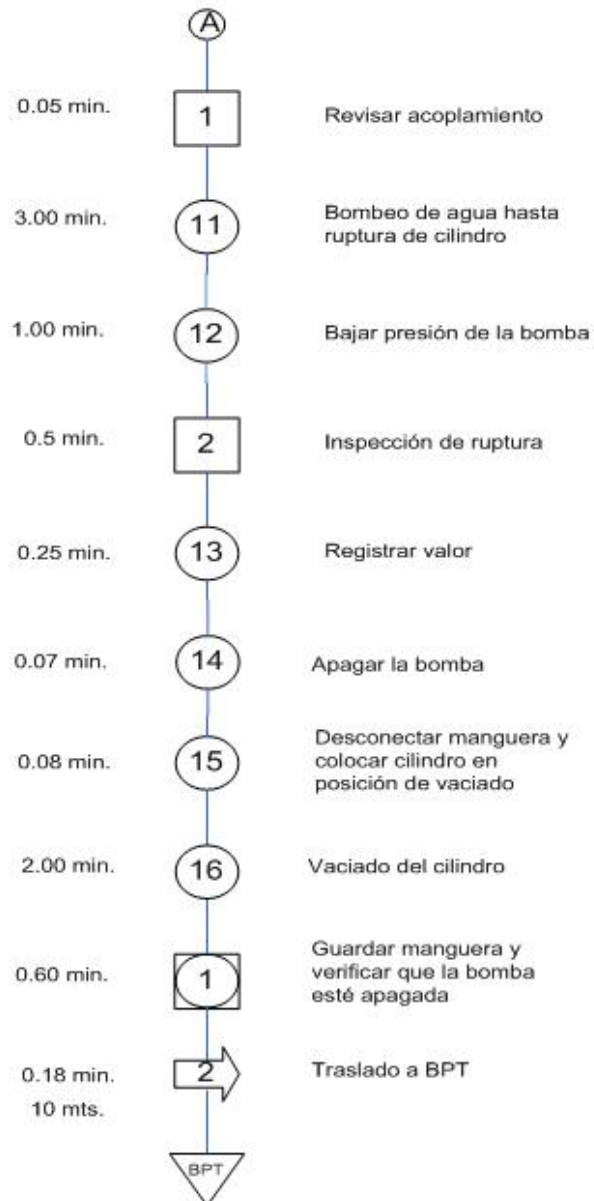
Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de la prueba de ruptura



Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos,
Dirección General de Hidrocarburos

Método en estudio: Prueba de ruptura

Diagrama de método: Actual
Analista: Fabián Salatino
Inicio: Área de Almacenaje
Finaliza: Área de Almacenaje
Página: 2/2



RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	16	11.153	
Inspección	2	0.55	
Combinada	1	0.6	
Transporte	2	0.36	20
Demora	0	0	
TOTAL	21	12.663	20

3.2.5.1 Ventajas y desventajas del procedimiento

A continuación se presentan las ventajas y desventajas del ensayo de hermeticidad y de ruptura:

◆ Ventajas

- Los acoples utilizados para la adaptación de las respectivas mangueras provenientes de la bomba son colocados con las llaves adecuadas.
- El acople de la manguera se cambia cada 20 pruebas para evitar accidentes.
- Los acoples que son colocados a la brida tienen un recubrimiento de teflón para evitar fugas en la misma.
- Al llenar el cilindro inicialmente se deja una recámara de aproximadamente $\frac{1}{4}$ del volumen del mismo para evitar que la bomba se dispare al ponerla en funcionamiento.

- El encargado somete el cilindro a una presión hidrostática de 480-500 psi y posteriormente apaga la bomba y se dirige hacia el cilindro para revisar si existen fugas. Sería muy peligroso acercarse al cilindro con la bomba encendida proporcionándole presión al mismo (Esta es una ventaja que aplica únicamente para el ensayo de hermeticidad).
- Antes de tener contacto con el cilindro sometido a presión, el encargado lleva a cabo una breve inspección visual para evitar algún accidente (Esta es una ventaja que aplica únicamente para el ensayo de hermeticidad).

◆ Desventajas

- El ensayo se lleva a cabo en un área al aire libre, por lo tanto las condiciones climáticas afectan la ejecución del mismo.
- Si el ensayo se lleva a cabo en un día soleado el encargado se expone al mismo y esto no es bueno para la salud ni para su desempeño laboral.
- El área donde se encuentra ubicada la bomba está sucia.
- El área en donde se lleva a cabo el ensayo se encuentra considerablemente retirada del lugar donde se almacenan los cilindros y por lo tanto el traslado de los mismos representa una pérdida de tiempo.

3.2.5.2 Ventajas y desventajas del equipo

El equipo utilizado para las pruebas es exactamente el mismo.

◆ Ventajas

- Se utiliza una bomba Hypro (eléctrica) que puede levantar hasta 3000 Lbs de presión con una potencia de 3 HP. Por lo tanto podemos decir que el equipo utilizado es adecuado para los requerimientos del ensayo.
- Se tienen las llaves necesarias para poder ajustar los acoples que permiten la conexión de las mangueras al cilindro.
- El manómetro de la bomba funciona perfectamente.

◆ Desventajas

- No se le da mantenimiento a la bomba. Se le debería cambiar aceite por lo menos 1 vez al año.
- No se tiene manguera de repuesto en caso de que existan fugas en la manguera que se usa normalmente.
- El equipo se encuentra sucio y esto puede causar mal funcionamiento en determinado momento.
- No se utiliza un cronómetro para la medición de tiempos. La medición se hace con un reloj de pulsera que no proporciona un dato exacto del tiempo al cual se somete cada cilindro a presión.

3.2.5.3 Ventajas y desventajas del personal

◆ Ventajas

- El encargado manipula cuidadosamente la bomba para evitar que esta se dispare.
- El encargado posee el conocimiento adecuado para el uso de las llaves que son utilizadas para ajustar los acoples de la manguera al cilindro.

◆ Desventajas

- El encargado tiene conocimientos acerca de la manipulación de la bomba de agua, sin embargo, no posee conocimientos acerca de las causas de fallas en la misma.
- No se aplican medidas de seguridad al momento de ejecutar la prueba.

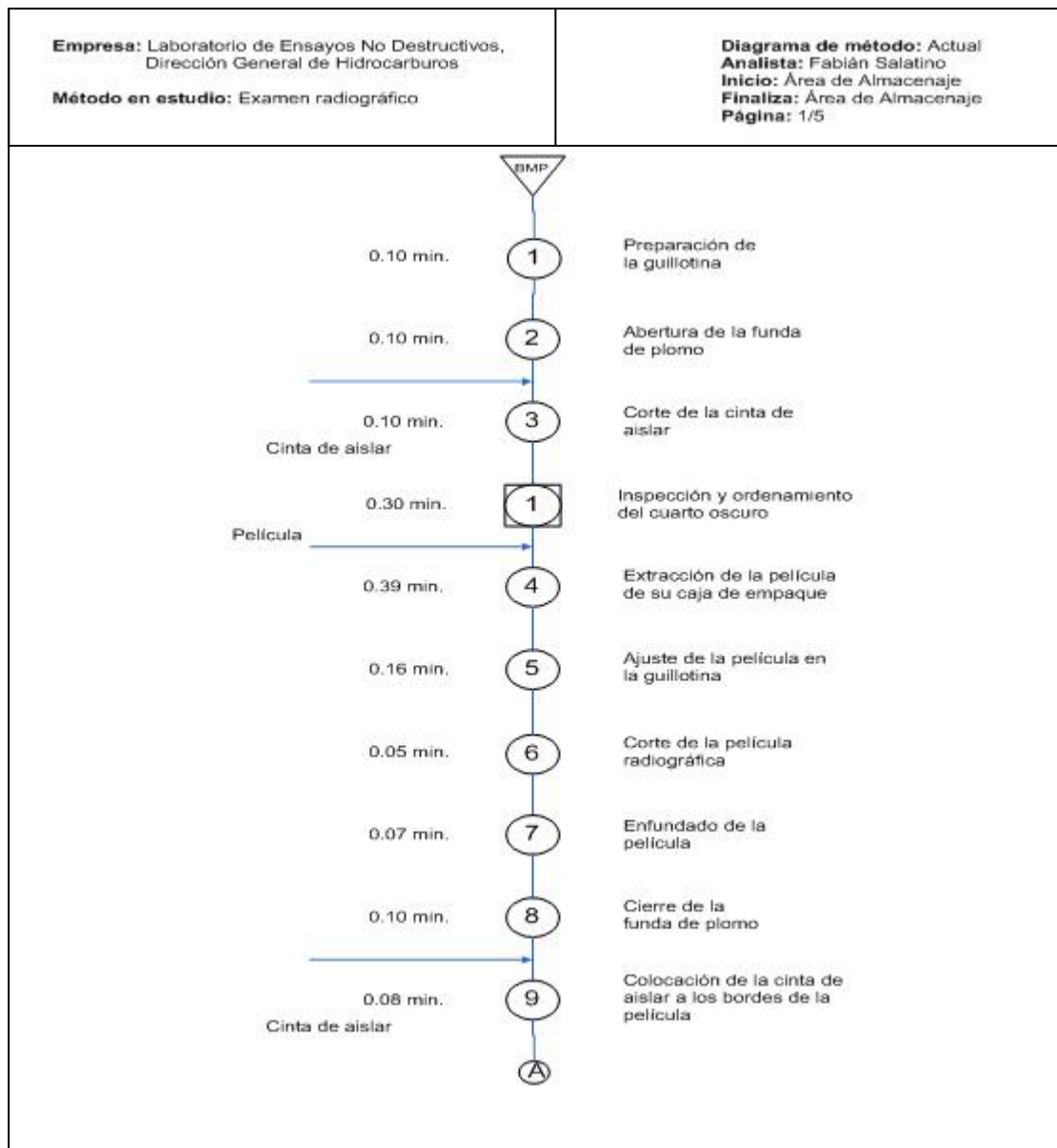
3.2.6 Expansión volumétrica

El ensayo de expansión volumétrica no se realiza en el laboratorio y tampoco lo lleva a cabo personal de la institución. Por lo tanto esta debe buscar la forma de adquirir el equipo y capacitar al personal adecuado para que el laboratorio se encuentre en condiciones óptimas de llevar a cabo el control de calidad de los cilindros.

3.2.7 Examen radiográfico

A continuación se presenta el diagrama de flujo actual del proceso del ensayo. Ver metodología de tiempos en tabla XII del apéndice A.

Figura 15. Diagrama de flujo del proceso del examen radiográfico



Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos,
Dirección General de Hidrocarburos

Método en estudio: Examen radiográfico

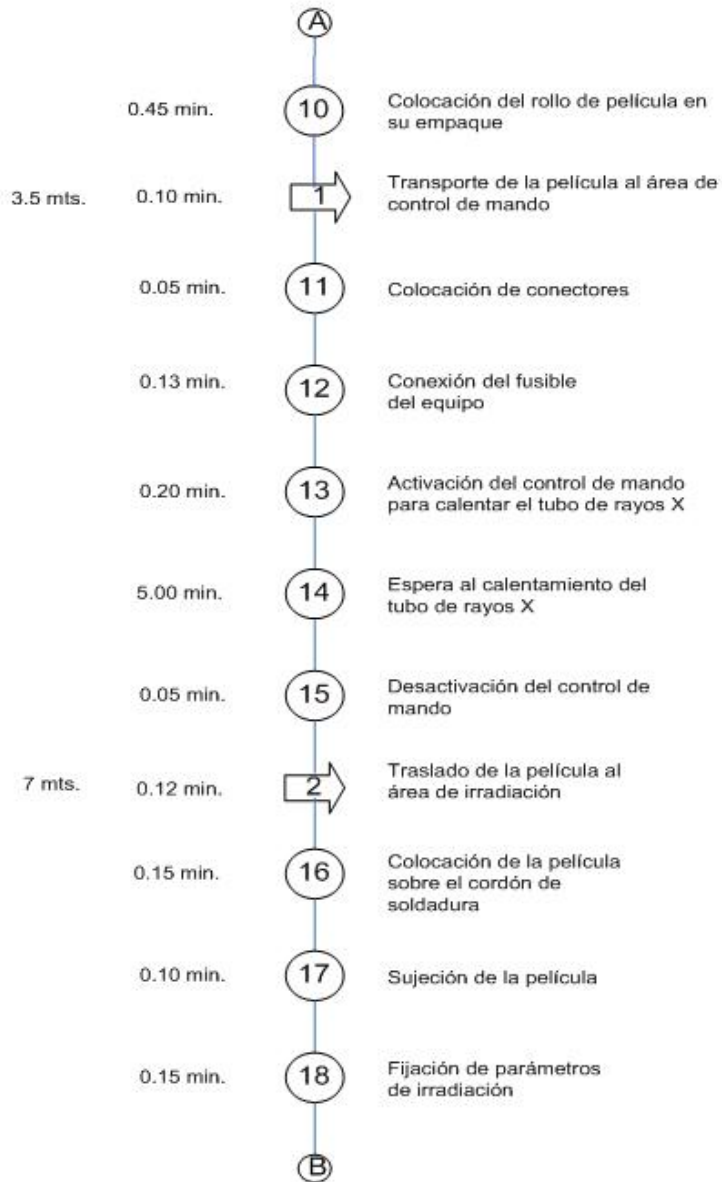
Diagrama de método: Actual

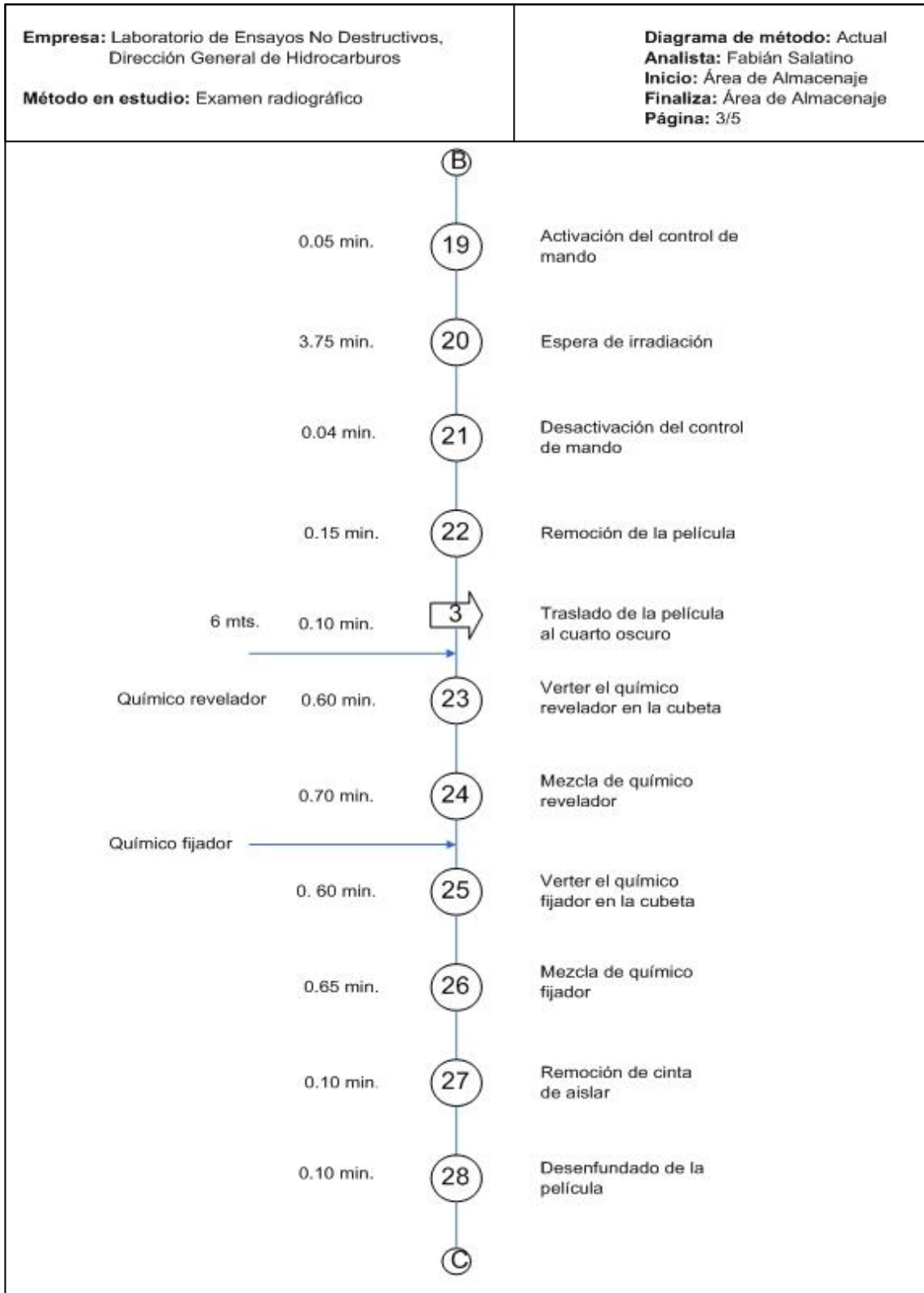
Analista: Fabián Salatino

Inicio: Área de Almacenaje

Finaliza: Área de Almacenaje

Página: 2/5





Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos,
Dirección General de Hidrocarburos

Método en estudio: Examen radiográfico

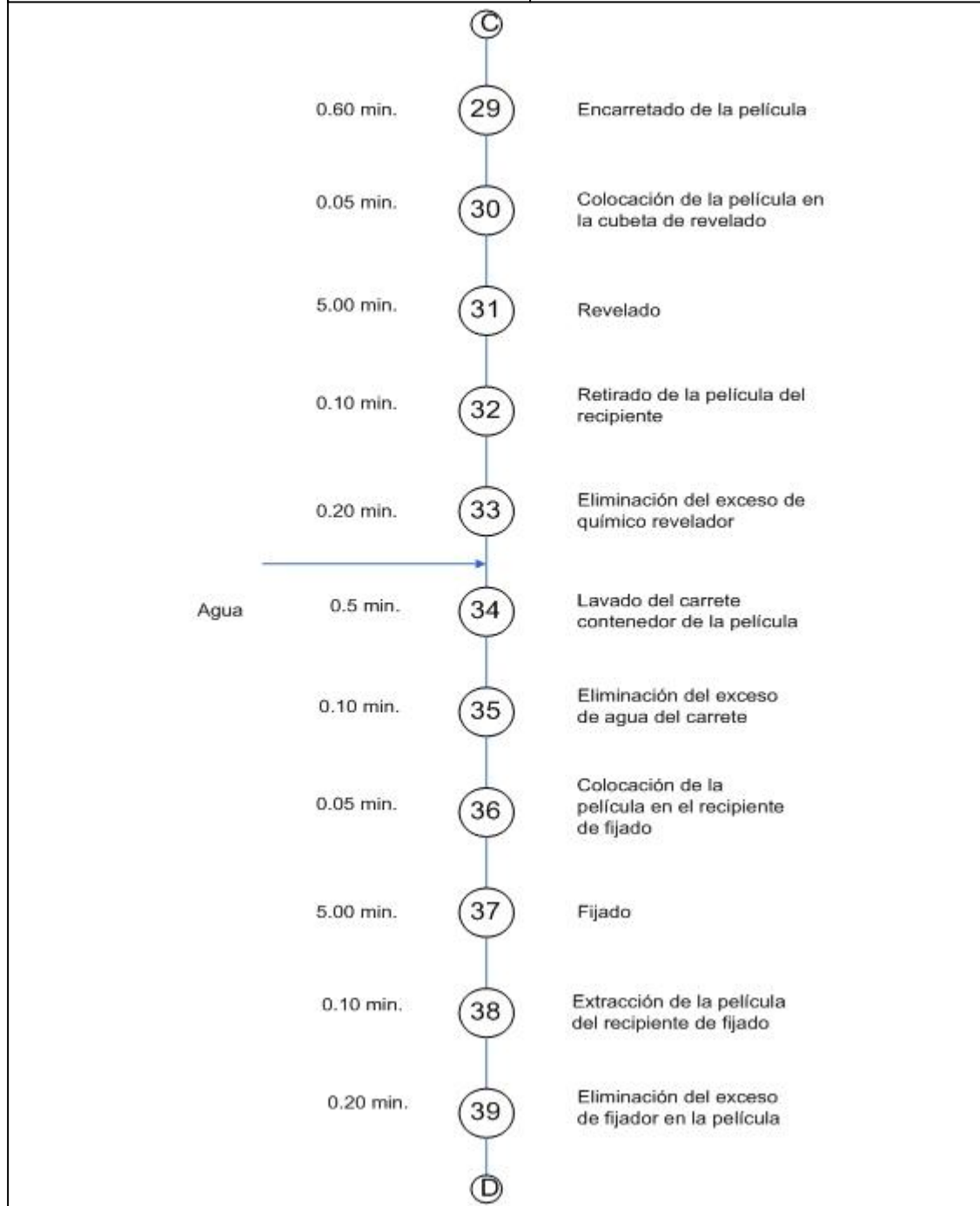
Diagrama de método: Actual

Analista: Fabián Salatino

Inicio: Área de Almacenaje

Finaliza: Área de Almacenaje

Página: 4/5



Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos,
Dirección General de Hidrocarburos

Método en estudio: Examen radiográfico

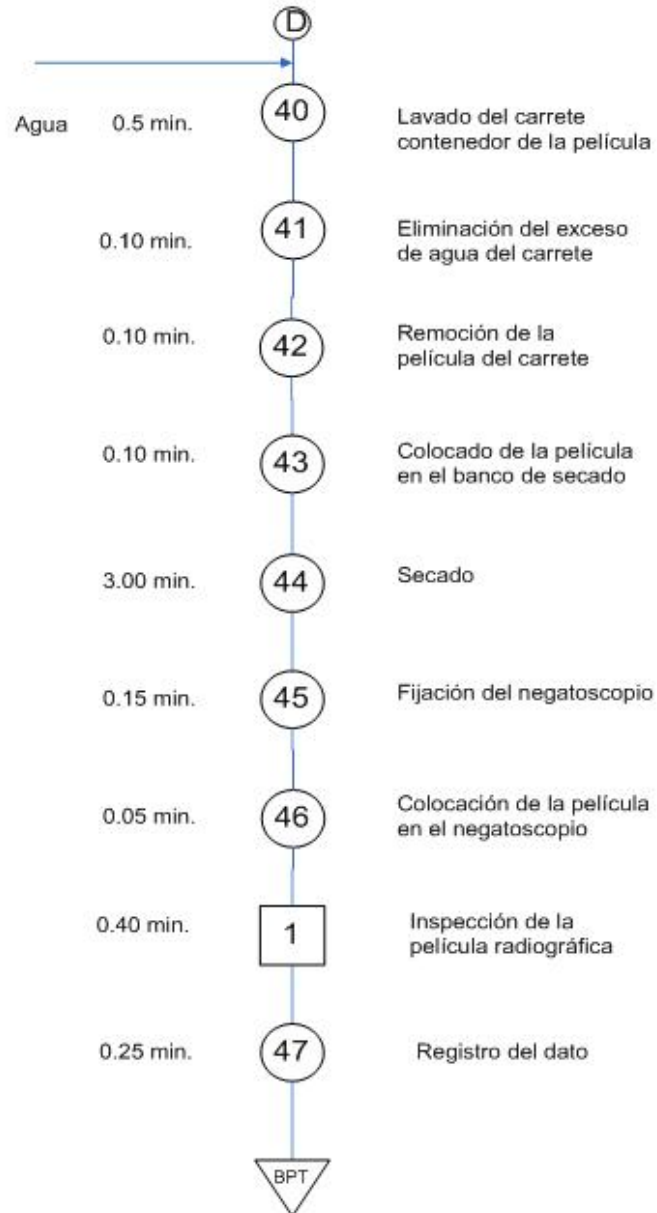
Diagrama de método: Actual

Analista: Fabián Salatino

Inicio: Área de Almacenaje

Finaliza: Área de Almacenaje

Página: 5/5



RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	47	30.32	
Inspección	1	0.4	
Combinada	1	0.3	
Transporte	3	0.32	16,5
Demora	0	0	
TOTAL	51	31.34	16,5

3.2.7.1 Ventajas y desventajas del procedimiento

Este ensayo tiene una duración relativamente grande en relación al resto.

◆ Ventajas

- El laboratorio cuenta con un cuarto oscuro que permite la manipulación y corte de la película radiográfica evitando que esta se vea.
- El mando del tubo de rayos X se encuentra a una distancia considerable para evitar que el encargado tenga que exponerse a los mismos al momento de la irradiación.
- Al momento de retirar la película radiográfica de los recipientes que contienen químico revelador y químico fijador, se elimina el exceso de estos para aprovecharlos posteriormente al revelar otras películas.

◆ Desventajas

- El cableado perteneciente al equipo de rayos X y que conecta el tubo con el control de mando pasa a través de varias puertas y por lo tanto no permite cerrarlas correctamente, lo cual pone en riesgo al operador del sistema al momento de acercarse al área de irradiación.
- El cuarto oscuro se encuentra sucio y hay botes vacíos tirados en él, lo cual entorpece el procedimiento de revelado de las placas radiográficas.
- El área de corte de la película radiográfica es muy pequeña y se encuentra desordenada.
- No se utiliza un horno para secar la película radiográfica y por lo tanto las películas se secan al aire, lo cual produce una demora innecesaria.

3.2.7.2 Ventajas y desventajas del equipo

El procedimiento de irradiación se lleva a cabo a través de un tubo de rayos X.

◆ Ventajas

- El tubo de rayos X funciona correctamente y no presenta ningún tipo de falla.
- El control de mando se encuentra limpio y en buen estado debido al buen trato que se le ha dado.
- Se cuenta con el equipo necesario para el revelado de la placa radiográfica.

◆ Desventajas

- El tubo de rayos X es antiguo.
- Los cables que conectan el tubo de rayos X con el control de mando están sucios y permanecen tirados en el piso.
- El cronómetro para medir el tiempo en el cual se sumerge la placa radiográfica en el químico revelador y el químico fijador no funciona correctamente.

3.2.7.3 Ventajas y desventajas del personal

El encargado de laboratorio ha recibido capacitación para manipular el equipo.

◆ Ventajas

- El personal está capacitado para usar el tubo de rayos X.
- El encargado tiene los conocimientos necesarios para revelar correctamente la placa radiográfica.

◆ Desventajas

- Al momento de ejecutar el ensayo el personal no señala correctamente el área externa del laboratorio y tampoco cierra bien las puertas (Ver figura 16, página 60) entre el área donde se encuentra el control de mando y el área de irradiación.
- El encargado del laboratorio no se encuentra actualizado en la temática relativa al ensayo de radiografía industrial.

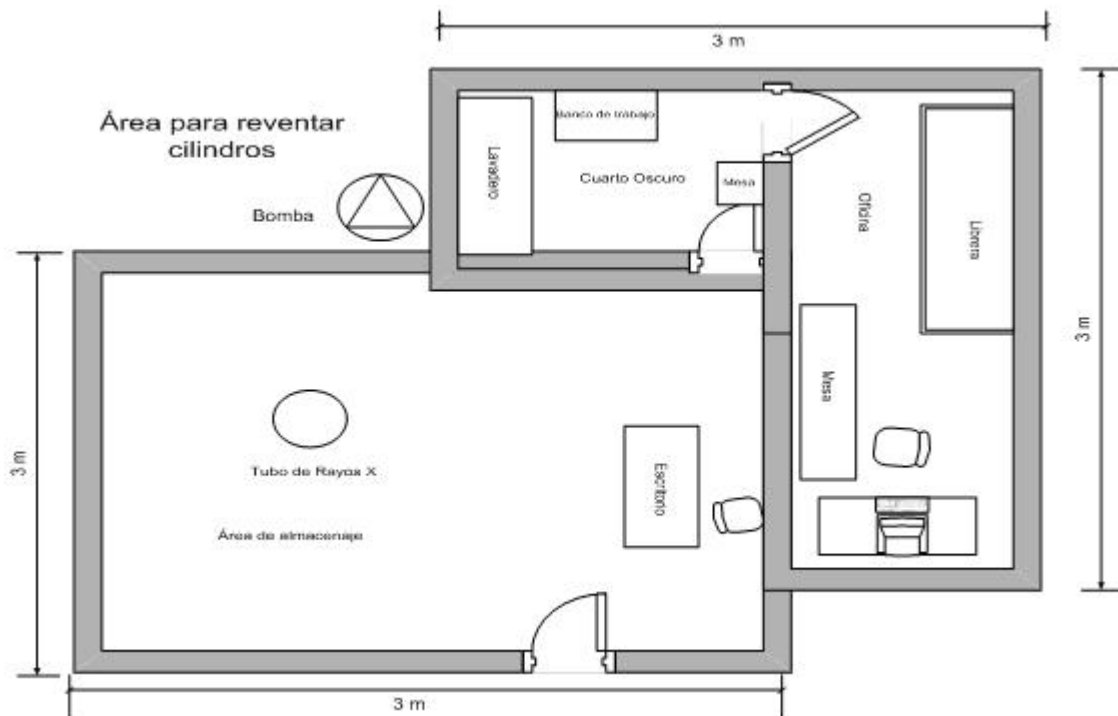
3.2.8 Capacidad de agua

El ensayo de capacidad de agua no se realiza en el laboratorio y tampoco lo lleva a cabo personal de la institución. Por lo tanto esta debe buscar la forma de adquirir el equipo y capacitar al personal adecuado para que el laboratorio se encuentre en condiciones óptimas de llevar a cabo el control de calidad de los cilindros.

3.3 Plano de situación actual del laboratorio

A continuación se presenta el plano de la distribución actual del laboratorio:

Figura 16. Plano de la situación actual del laboratorio



La distribución del equipo dentro de las instalaciones es buena, sin embargo, el laboratorio no cuenta con un área de almacenaje para los cilindros.

4. PROPUESTA DE DISEÑO DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS A TRAVÉS DEL REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 23.01.29:05

4.1 Generalidades del muestreo de los cilindros a ensayar en el laboratorio

Los cilindros utilizados en las pruebas son obtenidos a través de un método que se describe a continuación:

4.1.1 Método de muestreo

La muestra de cilindros que se toma en las diversas fábricas es aleatoria y sin reposición debido a que los cilindros son tomados al azar de la bodega de producto terminado.

Al momento de llevar a cabo el muestreo se debe tomar dos muestras en forma independiente del lote de cilindros a inspeccionar: una muestra general y una muestra especial.

4.1.2 Tamaño de la muestra general

Al lote de cilindros a inspeccionar se le aplica la Tabla I de la Norma IEC 410 o la Norma ISO 2859-1 con un Nivel de Inspección General I (Ver anexo 1 Y 2), de esta forma se obtiene el tamaño de la muestra general, la cual debe someterse a inspección visual y al ensayo de verificación de la tara.

Ejemplo:

El tamaño de una muestra general para lotes de 1201 a 3200 cilindros se determina de la siguiente forma:

Tabla II Ejemplo de determinación del tamaño de la muestra general

Muestra	Tamaño de muestra	Criterio		Pruebas a realizar
		Aceptación	Rechazo	
General	50	3	4	Inspección visual y tara

Los valores del tamaño de muestra y los de aceptación y rechazo se toman de las Tablas I y II-A de la Norma ISO 2859-1 o de la Norma IEC 410. La muestra general cuenta con un nivel de inspección general I y un AQL de 2.5.

Nota: La notación AQL significa Acceptable Quality Level (Nivel de Calidad Aceptable).

4.1.3 Tamaño de la muestra a inspeccionar

El lote de cilindros a inspeccionar se le aplica la Tabla I de la Norma IEC 410 o la Norma ISO 2859-1 con un Nivel de Inspección Especial II (Ver anexo 1 y 2), de esta forma se obtiene el tamaño de la muestra especial, la cual debe someterse a las siguientes pruebas: capacidad de agua, ensayo de hermeticidad, expansión volumétrica y espesor de lamina.

Ejemplo:

El tamaño de una muestra especial para lotes de 1201 a 3200 cilindros se determina de la siguiente forma:

Tabla III Ejemplo de determinación del tamaño de la muestra especial

Muestra	Tamaño de muestra	Criterio		Pruebas a realizar
		Aceptación	Rechazo	
Especial	8	0	1	Capacidad de agua, radiografía industrial, hermeticidad, expansión volumétrica, ruptura y espesor.

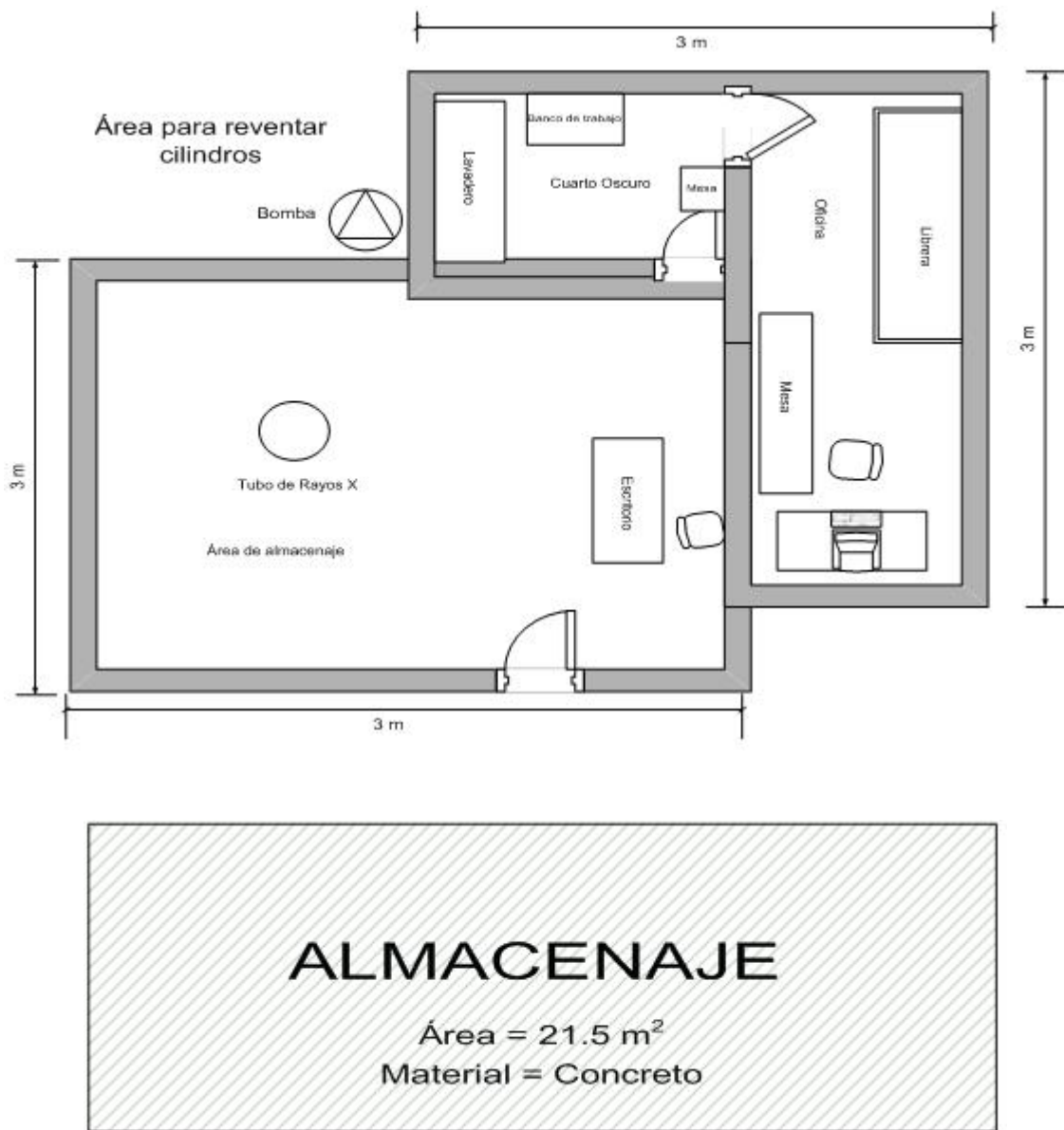
Los valores del tamaño de muestra y los de aceptación y rechazo se toman de las Tablas I y II-A de la Norma ISO 2859-1 o de la Norma IEC 410. La muestra especial cuenta con un nivel de inspección general II y un AQL de 2.5.

Nota: La notación AQL significa Acceptable Quality Level (Nivel de Calidad Aceptable).

4.2 Propuesta de mejoramiento del laboratorio

A continuación se presenta el plano de la propuesta de mejora, donde apreciamos la incorporación del área de almacenaje.

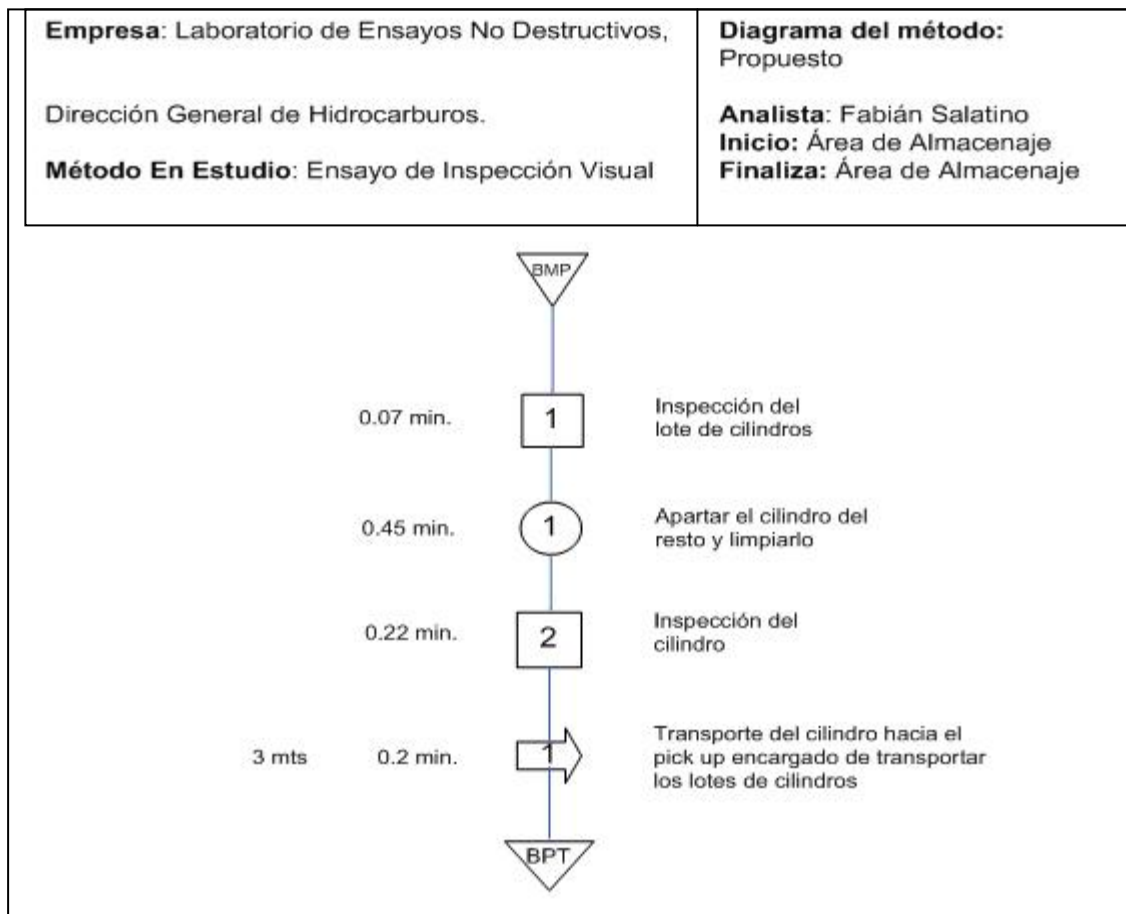
Figura 17. Plano propuesto del laboratorio con su área de almacenaje



4.2.1 Inspección visual

En base a la comparación de la situación actual del laboratorio con el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA: 23.01.29:05 se hacen las siguientes recomendaciones. Se presenta el diagrama del proceso propuesto a continuación:

Figura 18. Diagrama de flujo del proceso de ensayo de inspección visual



RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	1	0.45	
Inspección	2	0.29	
Combinada	0	0	
Transporte	1	0.2	3
Demora	0	0	
TOTAL	4	0.94	3

Al comparar los tiempos obtenidos del diagrama de situación actual y el diagrama propuesto se aprecia que el tiempo total incrementa 0.40 min. Este incremento se debe a que en la propuesta se aparta el cilindro del resto y se le limpia adecuadamente y en la actualidad esta limpieza no se realiza.

Debido a esto es aceptable un incremento en el tiempo porque mejora la calidad en el resultado de los ensayos y no afecta considerablemente la eficiencia del laboratorio.

4.2.1.1 Recomendaciones para el procedimiento

- Limpiar el cilindro previo a la inspección.
- Hacer una inspección adecuada del casquete inferior debido a que suele lastimarse mucho al momento de manipular el cilindro.
- Verificar las condiciones del cuello protector y las medidas de cada cilindro.
- Llevar a cabo el ensayo en el laboratorio y en un área de trabajo adecuada. Se recomienda el uso de una mesa de aluminio de 0.60 x 1.40 mts. de área de trabajo y con una altura de 1 m.

4.2.1.2 Recomendaciones para el equipo

El ensayo no requiere uso de equipo.

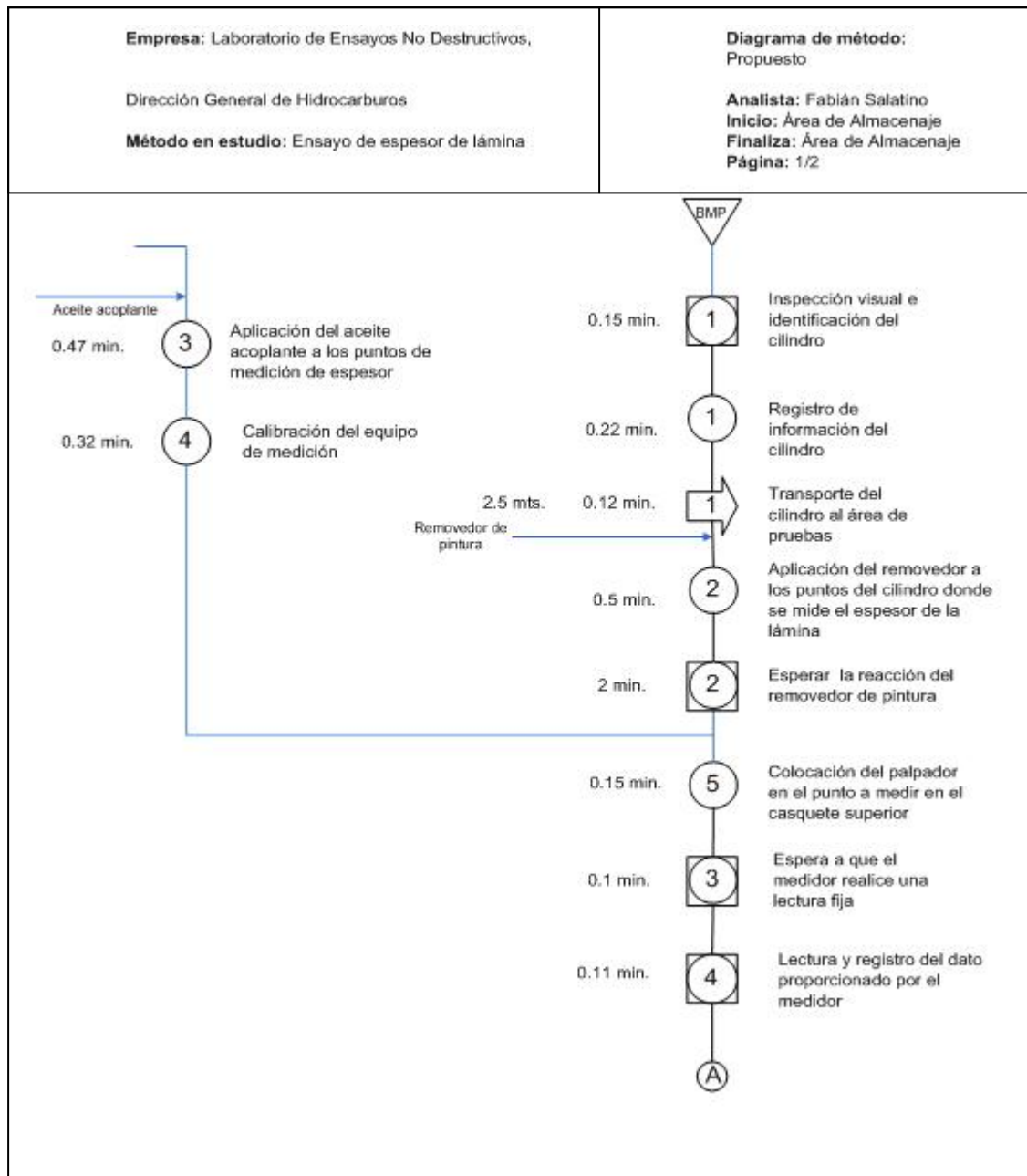
4.2.1.3 Recomendaciones para el personal

- Proporcionar al personal resúmenes del nuevo reglamento y copias de análisis comparativos del reglamento actual con el reglamento nuevo para poder establecer su nuevo método de trabajo.
- Conscientizar al personal acerca de la importancia del ensayo de inspección visual mediante capacitaciones y entrega de material de apoyo.

4.2.2 Espesor de lámina

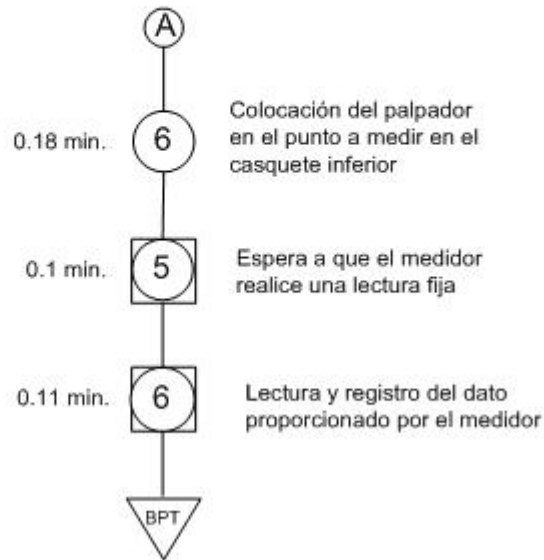
Podemos ver un diagrama del proceso propuesto a continuación. Ver metodología de tiempos en la tabla XIV del apéndice A.

Figura 19. Diagrama de flujo del proceso del ensayo de espesor de lámina



Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos,
 Dirección General de Hidrocarburos
Método en estudio: Ensayo de espesor de lámina

Diagrama de método:
 Propuesto
Analista: Fabián Salatino
Inicio: Área de Almacenaje
Finaliza: Área de Almacenaje
Página: 2/2



RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	6	1.05	
Inspección	0	0	
Combinada	6	1.57	
Transporte	1	0.12	2,5
Demora	0	0	
TOTAL	13	2.74	2,5

El procedimiento propuesto presenta una reducción de 0.79 minutos en relación al actual debido a que la aplicación del aceite acoplante a los puntos de medición de espesor y la calibración del equipo se realizan mientras el

removedor de pintura hace su efecto, y no después de que este actúe, como se hace actualmente.

4.2.2.1 Recomendaciones para el procedimiento

- Tomar las 16 mediciones de espesor que el reglamento establece. Ver apéndice D.
- Llevar a cabo el ensayo en un área de trabajo adecuada. Se recomienda el uso de una mesa de aluminio de 0.60 x 1.40 mts. de área de trabajo y con una altura de 1 m.
- Se debe utilizar una brocha convencional de 1” para la aplicación del removedor de pintura a los 16 diferentes puntos donde se realizarán las mediciones.
- Se debe adquirir aceite nuevo para que el palpador del medidor tenga un mejor acoplamiento a la lámina porque el aceite usado en la actualidad no se encuentra en buenas condiciones.
- El encargado de laboratorio debe usar guantes y mascarilla (Ver detalles en apéndice B) al momento de aplicar el removedor de pintura ya que esto hace que la aplicación del mismo sea rápida. Al utilizar la protección adecuada el encargado se siente cómodo y seguro y desempeña su trabajo con mayor eficiencia.
- El ensayo no debe llevarse a cabo al aire libre ya que las condiciones de trabajo no son las mejores. El ensayo debe llevarse a cabo en el interior del laboratorio.
- Se recomienda trabajar con un formato definido (Ver apéndice D) al momento de tabular la información obtenida de las mediciones y archivarla tanto en un lugar seguro por si se necesita consultarla en el futuro.

4.2.2.2 Recomendaciones para el equipo

- El medidor ultrasónico requiere de limpieza porque se mantiene empolvado y esto puede afectar su vida útil y la exactitud de las mediciones tomadas.
- El medidor de espesores es antiguo y a pesar de que funciona bien se recomienda la adquisición de uno nuevo.
- Se recomienda la limpieza del palpador después de haber llevado a cabo el ensayo para evitar que queden residuos de aceite o de sustancias que puedan adherirse al mismo y dañar la superficie.
- Se recomienda guardar el medidor en un lugar seguro y libre de golpes.

4.2.2.3 Recomendaciones para el personal

- Capacitar al encargado para que implemente el uso del formato utilizado en la toma de las 16 mediciones (Ver apéndice D).
- Capacitar al encargado para que aprenda a limpiar el palpador correctamente.

TABLA IV Plan de capacitación de personal para el ensayo de espesor de lámina

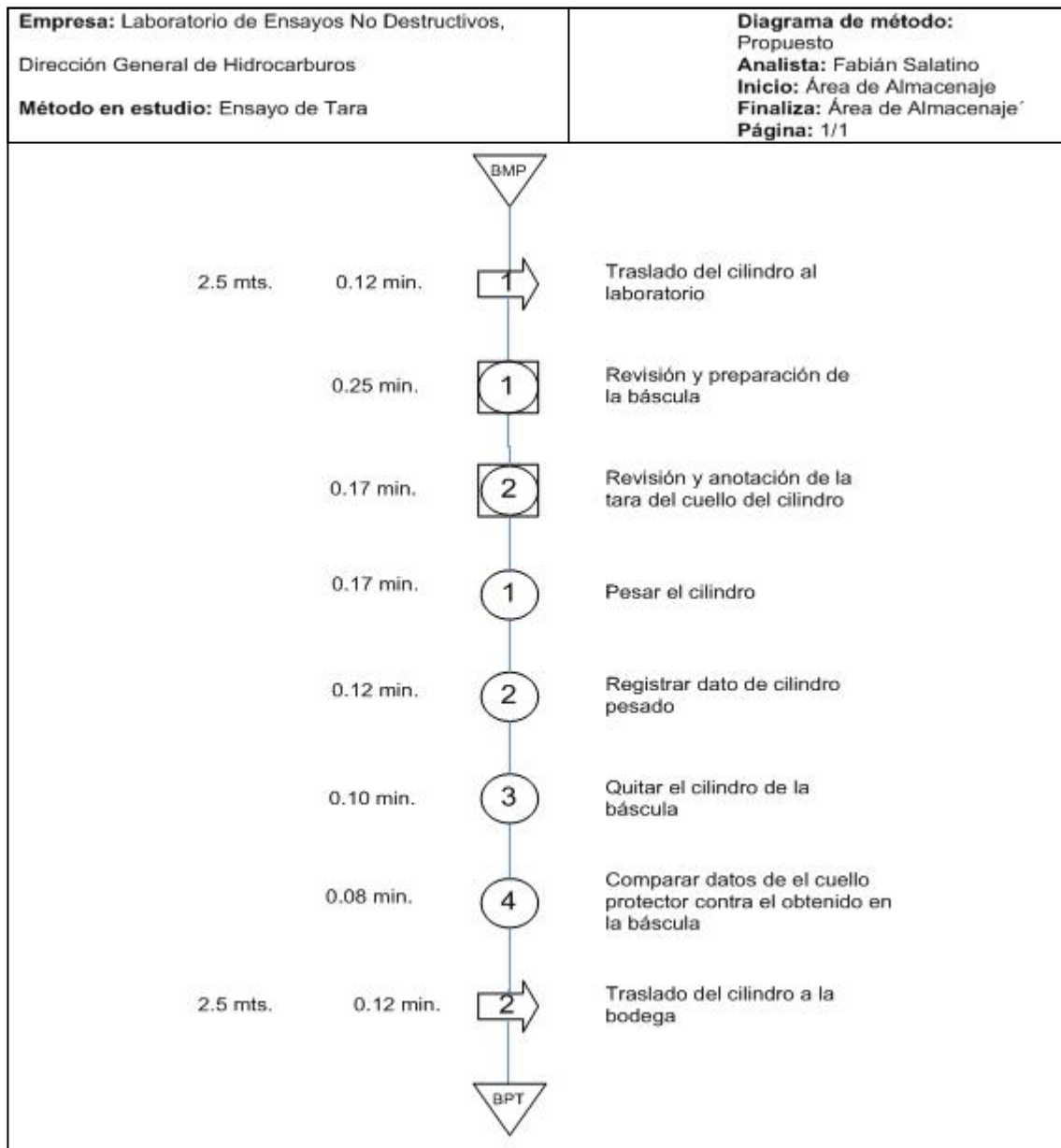
Actividades	Duración
Lectura del reglamento	20 min.
Lectura del material de apoyo (Resumen)	5 min.
Discusión del tema	30 min.
Práctica (Toma de 16 mediciones)	45 min.
Lectura de material de apoyo de seguridad e higiene del ensayo	10 min.

Nota: La duración de la capacitación es de 4 a 6 horas aproximadamente.

4.2.3 Ensayo de Tara

A continuación se presenta el diagrama de flujo propuesto para el ensayo de tara.

Figura 20. Diagrama de flujo de proceso del ensayo de tara



RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	4	0.47	
Inspección			
Combinada	2	0.42	
Transporte	2	0.24	5
Demora			
TOTAL	8	1.13	5

El ensayo de Tara no se lleva a cabo en el laboratorio y por lo tanto se debe implementar tomando en cuenta las recomendaciones que se presentan a continuación:

4.2.3.1 Recomendaciones para el procedimiento

- Seguir la secuencia de operaciones propuesta para determinar la tara del cilindro correctamente y comparar contra la indicada en el cuello del mismo.
- Evitar que objetos dentro del laboratorio puedan entorpecer el uso de la báscula.
- Revisar con mucha atención el dato obtenido en la báscula.
- Revisar que el cilindro se encuentre vacío al momento de pesarlo.

4.2.3.2 Recomendaciones para el equipo

- Adquirir una báscula con división mínima de 100 g.
- Limpiar la báscula para evitar que se deteriore rápidamente.
- Ubicar la báscula en una parte del laboratorio en donde el ensayo se pueda realizar sin que equipo para otros ensayos interfiera o viceversa.

4.2.3.3 Recomendaciones para el personal

- Proporcionar al personal la capacitación necesaria sobre como utilizar la báscula que se adquiriera para poder llevar a cabo el ensayo.
- Instruir al encargado para que pueda limpiar la báscula correctamente sin dañarla.

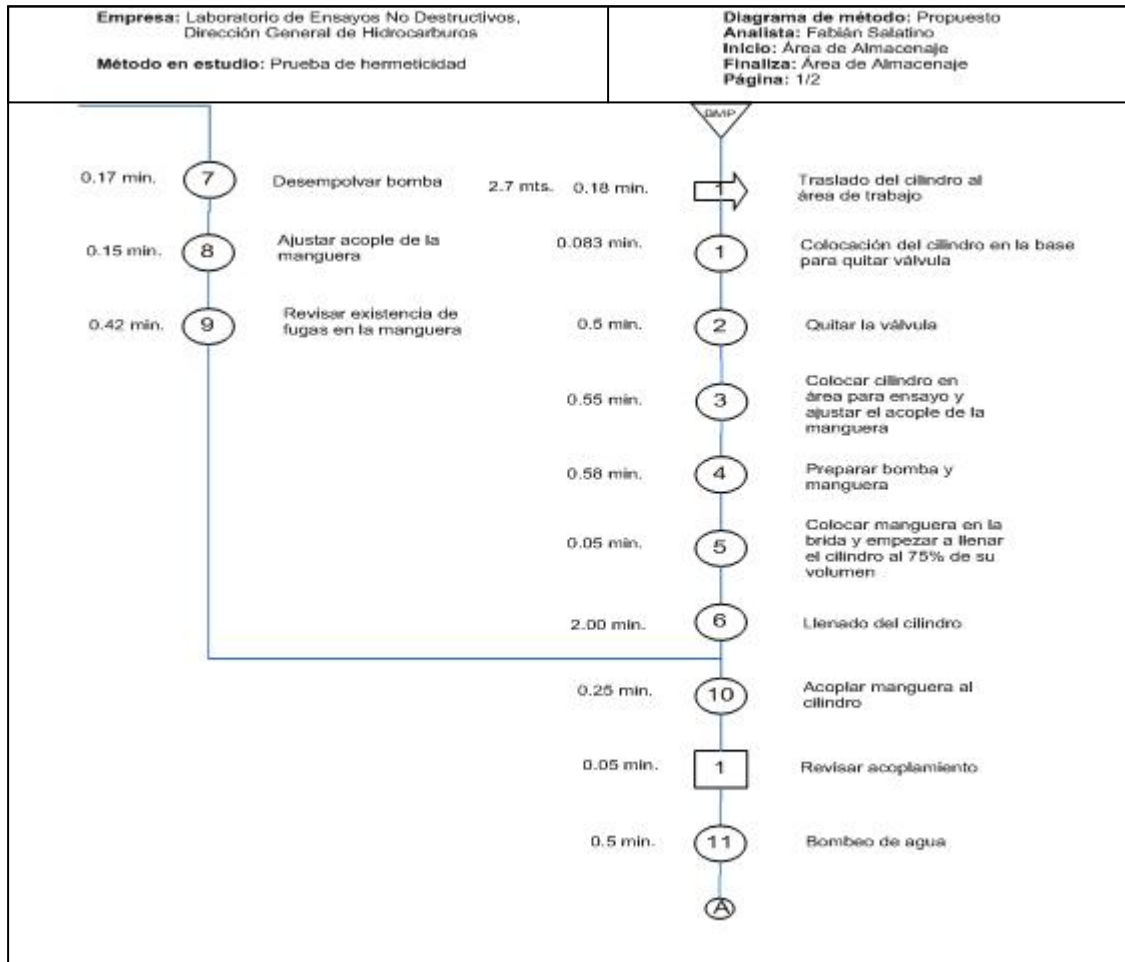
4.2.4 Pruebas a presión

Las pruebas a presión se dividen en prueba de hermeticidad, expansión volumétrica y prueba de ruptura.

4.2.4.1 Prueba de hermeticidad

A continuación se tiene el diagrama de flujo propuesto para el ensayo de hermeticidad. Ver metodología de tiempos en la tabla XVI del apéndice A.

Figura 21. Diagrama de flujo del proceso de la prueba de hermeticidad



Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos,
Dirección General de Hidrocarburos

Método en estudio: Prueba de hermeticidad

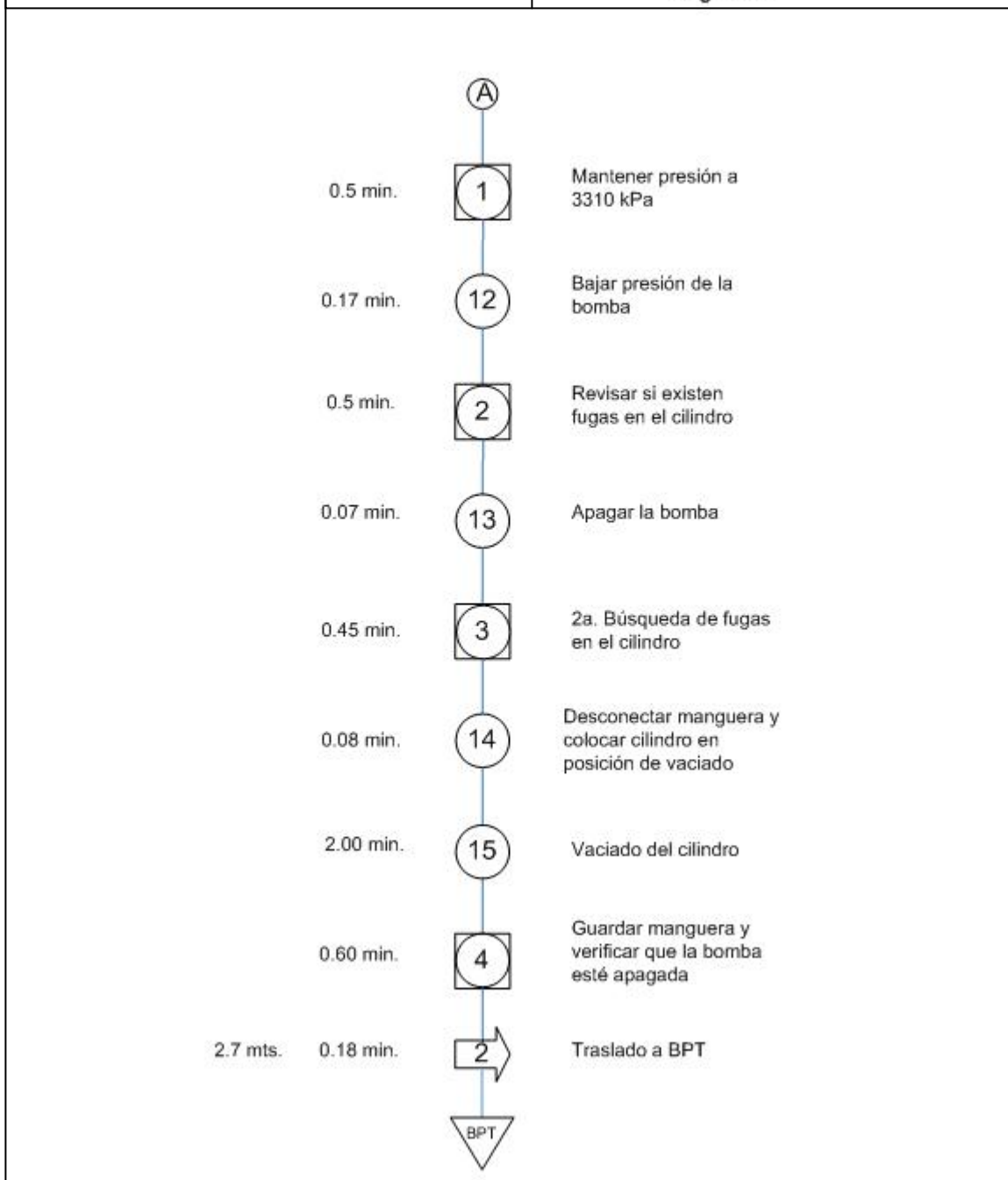
Diagrama de método: Propuesto

Analista: Fabián Salatino

Inicio: Área de Almacenaje

Finaliza: Área de Almacenaje

Página: 2/2



RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	15	6.79	
Inspección	1	0.05	
Combinada	4	2.05	
Transporte	2	0.36	5.4
Demora	0	0	
TOTAL	22	9.25	20

El procedimiento del ensayo de hermeticidad propuesto presenta una reducción de 0.74 minutos en relación al procedimiento actual ya que las operaciones 7, 8 y 9 se realizan en el lapso de tiempo en el cual se llena el cilindro y no después del llenado del mismo, como se hace actualmente.

4.2.4.1.1 Recomendaciones para el procedimiento

- Techar el área donde se lleva a cabo el ensayo.
- Colocar una plancha de cemento en el área de trabajo ya que el ensayo se lleva a cabo en un lugar en donde hay grama y esto hace que el encargado encuentre incomodidad para desplazarse desde la bomba de agua hacia el lugar donde se encuentra ubicado el cilindro.
- Limpiar el área donde se encuentra la bomba ya que la suciedad y el descuido propician un hábitat adecuado para roedores que pueden producir agujeros en las mangueras utilizadas para el transporte del agua hacia el cilindro.

- En el área de trabajo donde se lleva a cabo el ensayo se puede destinar un lugar para almacenar cilindros a los cuales se les practicará la prueba ya que estos se encuentran lejos del área y trasladarlos representa pérdida de tiempo.

4.2.4.1.2 Recomendaciones para el equipo

- Dar mantenimiento a la bomba por lo menos 1 vez al año. La compañía que vende este tipo de bombas presta este tipo de servicio.
- Cambiar el aceite de la bomba por lo menos 1 vez al año.
- Adquirir una manguera de repuesto por si la manguera original de la bomba presenta agujeros y limpiar ambas constantemente.
- Adquirir un cronómetro que permita la medición exacta de los tiempos que rigen la ejecución del ensayo.

4.2.4.1.3 Recomendaciones para el personal

- Capacitar al personal para la correcta manipulación de la bomba y la adecuada limpieza de la misma, así como la limpieza de las mangueras. Ver tabla V.
- Proporcionar material de apoyo al encargado para que conozca las medidas de seguridad que debe tomar al momento de llevar a cabo el ensayo. Ver medidas en capítulo 5, página 106 de este informe.

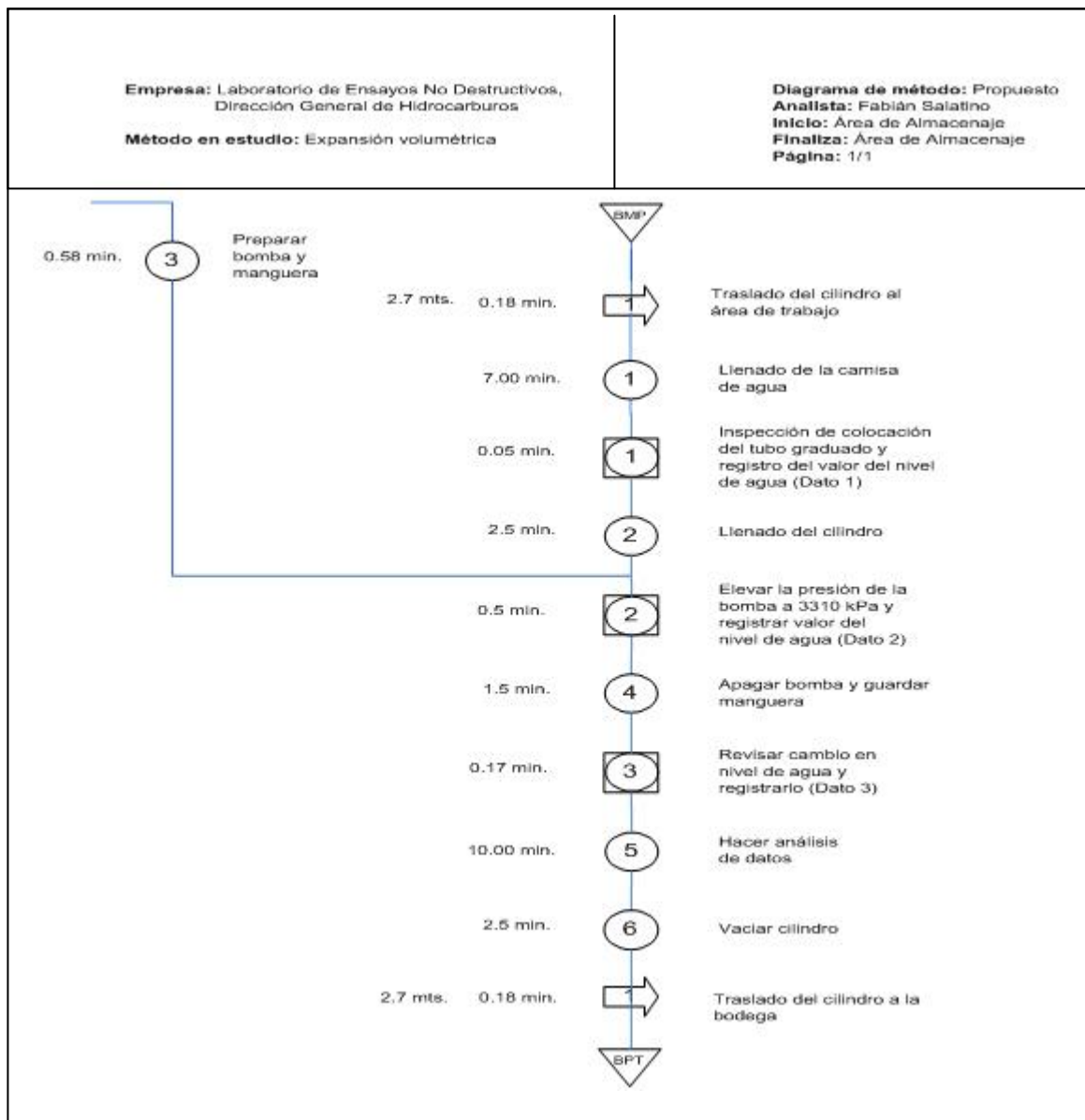
Tabla V Plan de capacitación de personal para la prueba de hermeticidad

Actividades	Duración
Lectura del reglamento	30 min.
Lectura del material de apoyo (resumen)	5 min.
Discusión del tema	30 min.
Práctica	15 min.

4.2.4.2 Expansión volumétrica

A continuación vemos el diagrama de flujo propuesto para el ensayo. Ver metodología de tiempos en tabla XVII del apéndice A.

Figura 22. Diagrama de flujo del proceso de la prueba de expansión volumétrica



RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	6	23.5	
Inspección			
Combinada	3	0.72	
Transporte	2	0.36	5.4
Demora			
TOTAL	11	24.58	5.4

El ensayo de expansión volumétrica no se lleva a cabo en el laboratorio, por lo tanto se sugiere implementarlo tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

4.2.4.2.1 Recomendaciones para el procedimiento

- Utilizar el método de la camisa de agua que consiste en llenar un recipiente de agua (camisa de agua) y colocar el cilindro dentro del mismo, elevar la presión del cilindro a 3310 kPa y mantenerla durante 30 segundos para poder evaluar su expansión volumétrica. Después la presión se devuelve a cero para poder evaluar la expansión volumétrica permanente del cilindro.
- No debe haber aire atrapado en la camisa de agua porque esto afecta las mediciones.
- Las mediciones de la expansión volumétrica deben tomarse en el tubo graduado que se instala al sistema y que mide el incremento del nivel de agua en la camisa.

- Se deben tomar 3 mediciones del incremento del nivel de la camisa de agua. La primera se toma con el cilindro lleno y sin aplicarle presión hidráulica, la segunda después de someter el cilindro a una presión de 3310 kPa. durante al menos 30 segundos y la última cuando el cilindro ya no está siendo sometido a presión.
- Los datos obtenidos de la ejecución del ensayo deben ser ingresados a las fórmulas presentadas en el capítulo 2 para la determinación de la expansión volumétrica.
- Instalar en el área donde se realiza el ensayo de hermeticidad y ruptura una camisa de agua de 1 m. x 1 m. de área y 1 m. de altura.

4.2.4.2.2 Recomendaciones para el equipo

- Adquirir un tubo graduado para medir volúmenes y que tenga las siguientes características:
 - i) El diámetro interno del tubo graduado debe ser lo suficientemente uniforme para que dé lecturas de volúmenes constantes a través de la escala.
 - ii) Para probar el límite normal de los cilindros, un tubo con diámetro interno de 6.35 mm es adecuado.
 - iii. Los tubos de diámetro interno diferente de 6.35 mm deben dar una precisión del 1% de la expansión volumétrica total.
- Adquirir un manómetro calibrado con una precisión de 1% y de una resolución del 10% de la presión máxima que se va a medir.

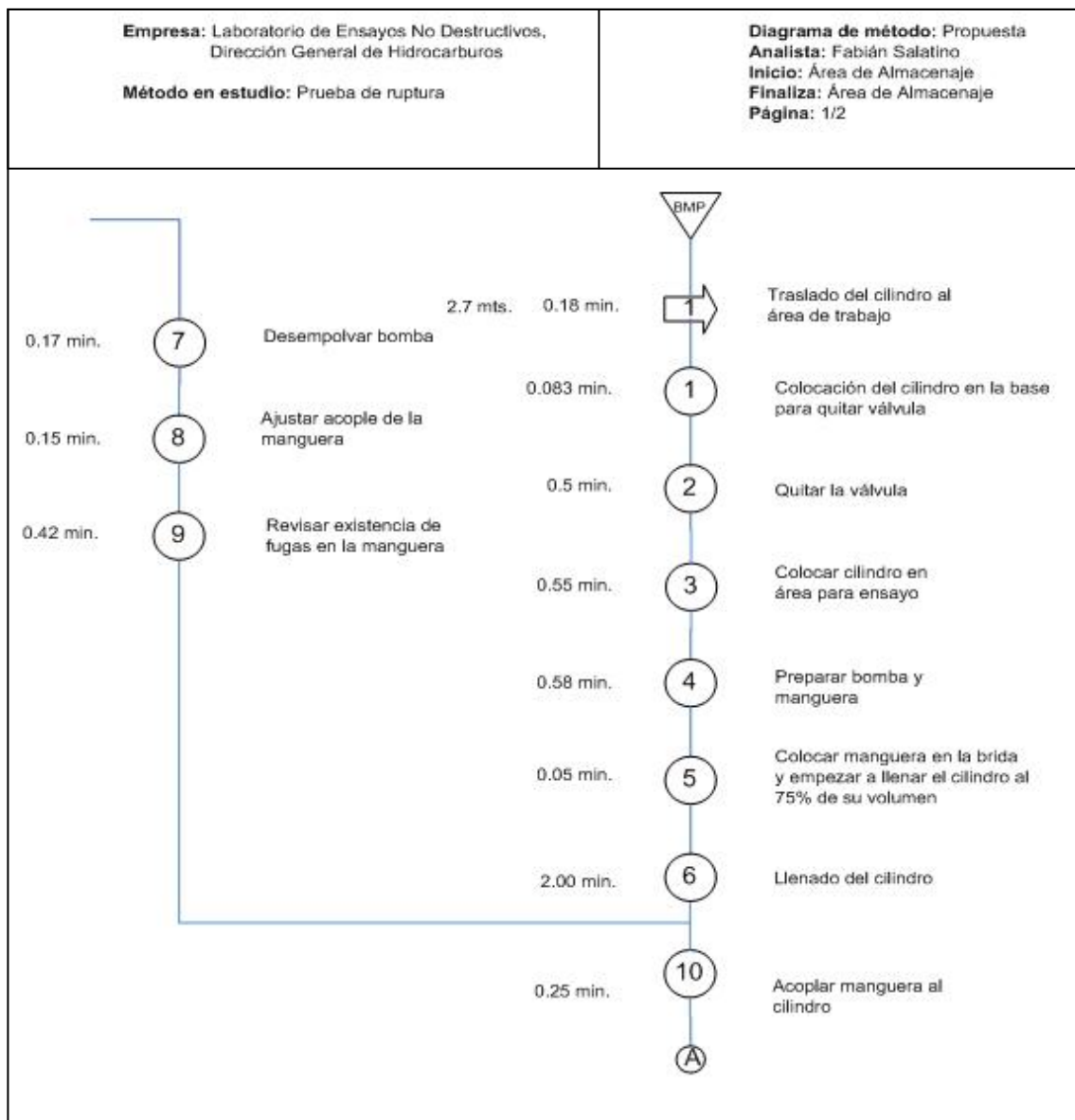
4.2.4.2.3 Recomendaciones para el personal

- Proporcionar copia de la secuencia de las operaciones al encargado del laboratorio para que tenga el conocimiento de cómo llevar a cabo este ensayo.
- Capacitar al personal para que analice a fondo los datos obtenidos del ensayo y elabore gráficos que presenten las diferentes tendencias de expansión en un lote de cilindros a ensayar. Esto proporciona información útil acerca de las laminas utilizadas en el proceso de fabricación de dichos.

4.2.4.3 Prueba de ruptura

A continuación podemos apreciar el diagrama de flujo propuesto para el ensayo de ruptura. Ver metodología de tiempos en tabla XVIII del apéndice A.

Figura 23. Diagrama de flujo del proceso de la prueba de ruptura



Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos,
Dirección General de Hidrocarburos

Método en estudio: Prueba de ruptura

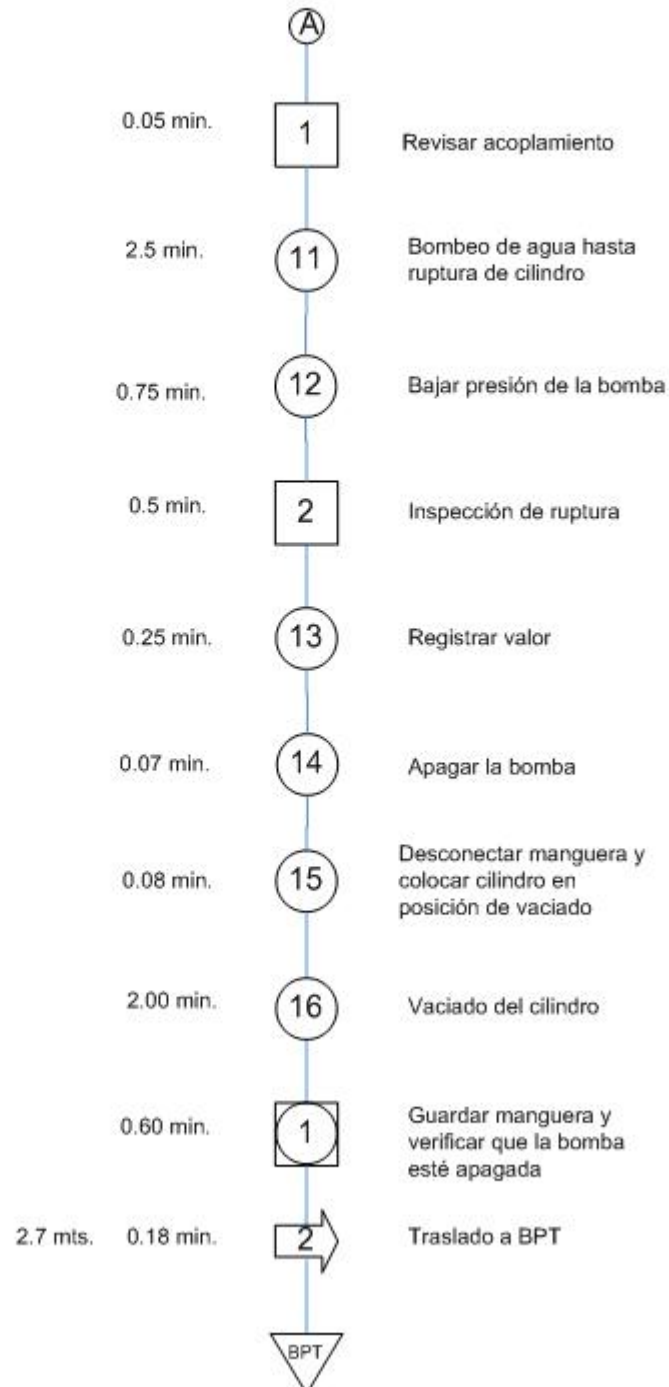
Diagrama de método: Propuesta

Analista: Fabián Salatino

Inicio: Área de Almacenaje

Finaliza: Área de Almacenaje

Página: 2/2



RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	16	9.663	
Inspección	2	0.55	
Combinada	1	0.6	
Transporte	2	0.36	5.7
Demora	0	0	
TOTAL	21	11.173	5.7

La prueba de ruptura presenta recomendaciones similares a la prueba de hermeticidad debido a que son pruebas que se realizan en un mismo lugar de trabajo y con el mismo equipo. Además, en el laboratorio la prueba de ruptura se lleva a cabo inmediatamente después de realizar la prueba de hermeticidad.

4.2.4.3.1 Recomendaciones para el procedimiento

- Techado del área donde se lleva a cabo el ensayo.
- Colocación de una plancha de cemento en el área en donde se lleva a cabo el ensayo.
- Destinar un espacio del lugar de trabajo para el almacenamiento de cilindros ya que el lugar donde se almacenan se encuentra lejos y es al aire libre y estas no son las condiciones adecuadas para almacenar el producto.

4.2.4.3.2 Recomendaciones para el equipo

- Dar mantenimiento a la bomba por lo menos 1 vez al año (Ver figura 29, página 113).
- Cambiar el aceite de la bomba por lo menos 1 vez al año.
- Adquirir una manguera de repuesto por si la manguera original de la bomba presenta daños y limpiar ambas constantemente.
- Utilizar un cronómetro que permita la medición exacta de los tiempos que rigen la ejecución del ensayo.

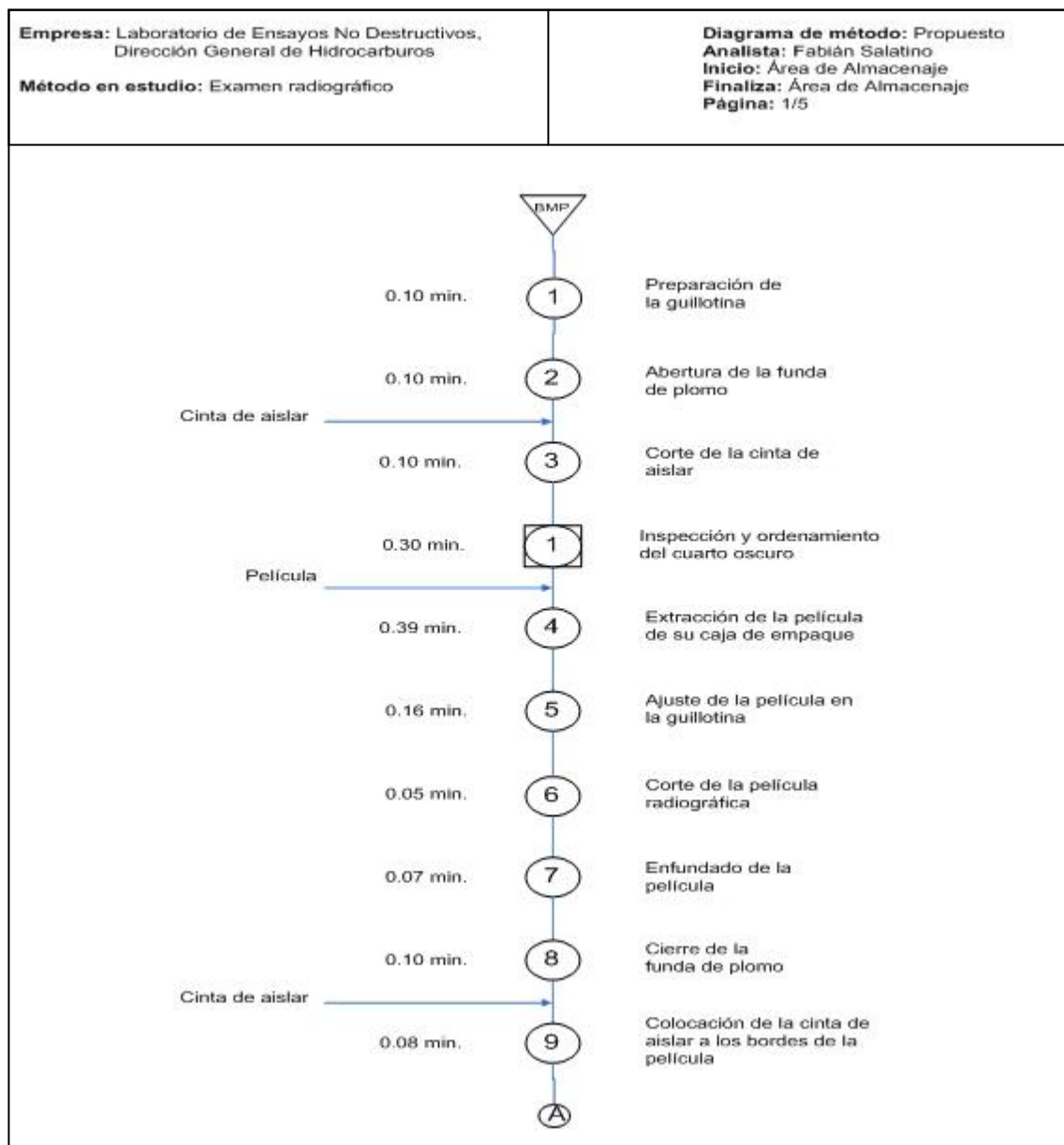
4.2.4.3.3 Recomendaciones para el personal

- Capacitar al encargado para manipular correctamente la bomba, así como la adecuada limpieza de la misma y de las mangueras. Esta capacitación la puede proporcionar la empresa encargada de la venta de dicho equipo.
- Proporcionar material de apoyo al encargado para que conozca las medidas de seguridad que debe tomar al momento de llevar a cabo el ensayo. Ver estas medidas en el capítulo 5, página 108 de este informe.

4.2.5 Examen radiográfico

A continuación se tiene el diagrama de flujo propuesto para el ensayo. Ver metodología de tiempos de tabla XIX del apéndice A.

Figura 24. Diagrama de flujo de proceso del ensayo radiográfico



Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos,
Dirección General de Hidrocarburos

Método en estudio: Examen radiográfico

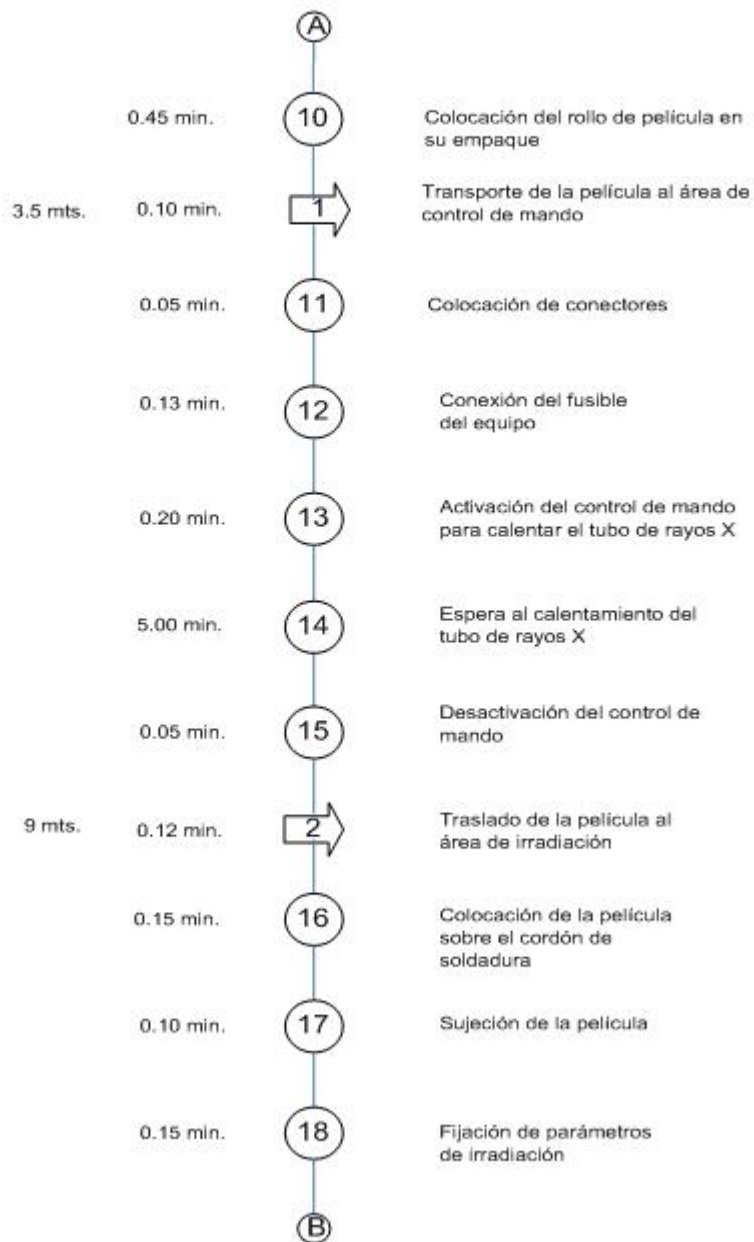
Diagrama de método: Propuesto

Analista: Fabián Salatino

Inicio: Área de Almacenaje

Finaliza: Área de Almacenaje

Página: 2/5



Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos,
Dirección General de Hidrocarburos

Método en estudio: Examen radiográfico

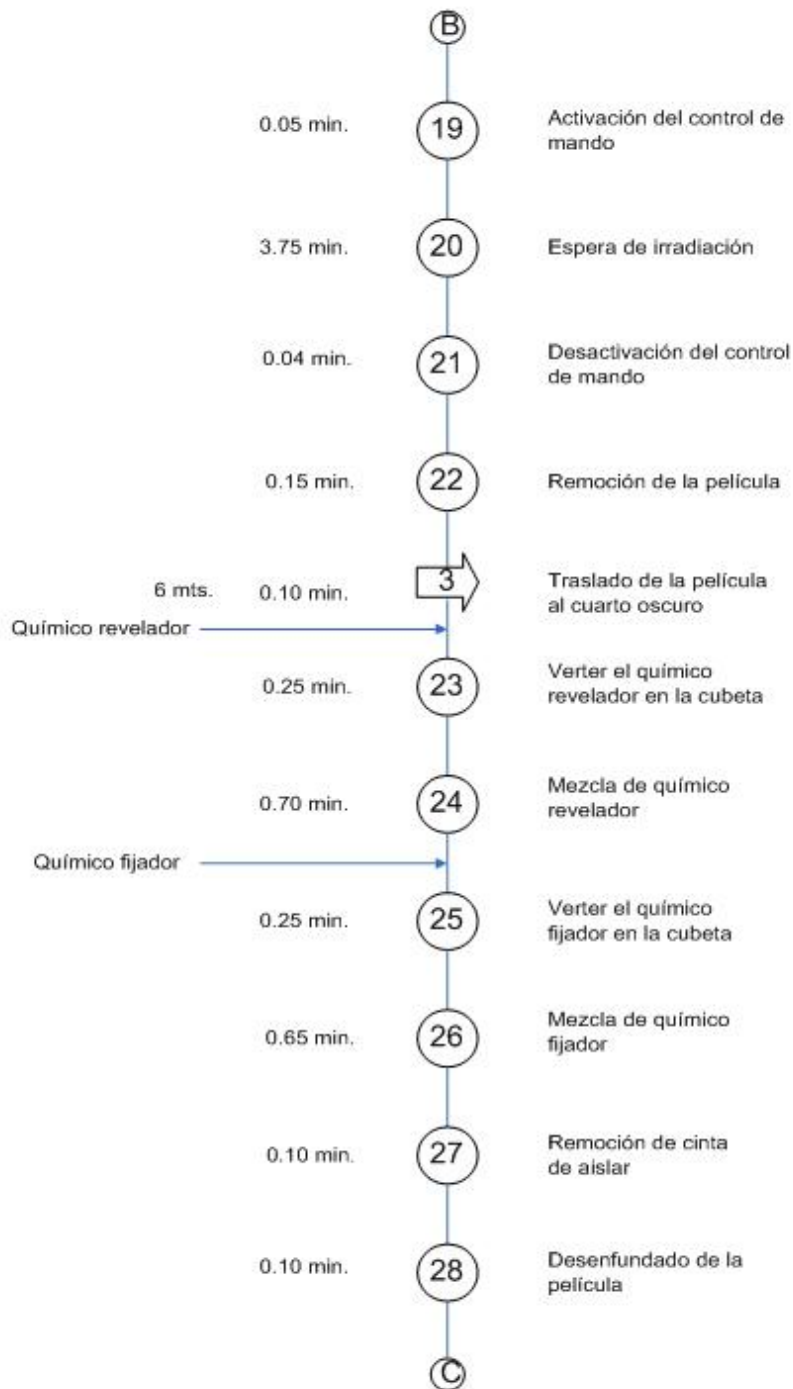
Diagrama de método: Propuesto

Analista: Fabián Salatino

Inicio: Área de Almacenaje

Finaliza: Área de Almacenaje

Página: 3/5



Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos,
Dirección General de Hidrocarburos

Método en estudio: Examen radiográfico

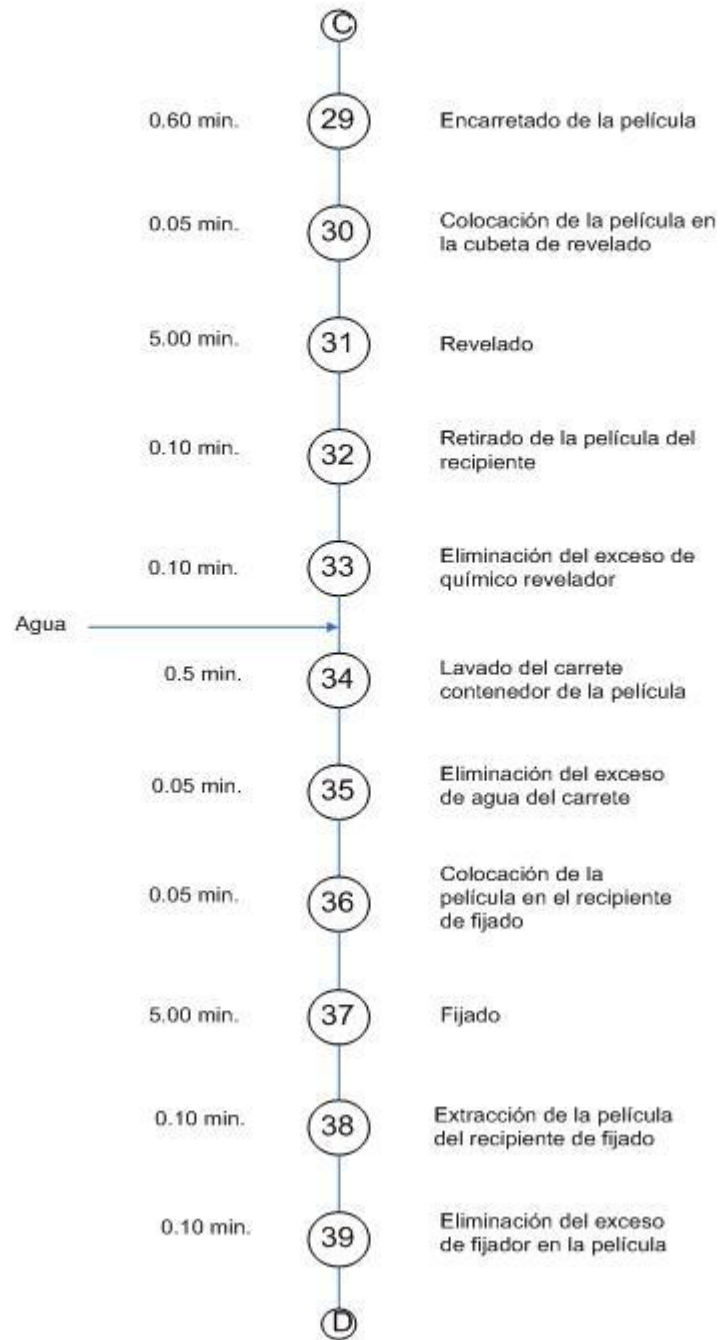
Diagrama de método: Propuesto

Analista: Fabián Salatino

Inicio: Área de Almacenaje

Finaliza: Área de Almacenaje

Página: 4/5



Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos,
Dirección General de Hidrocarburos

Método en estudio: Examen radiográfico

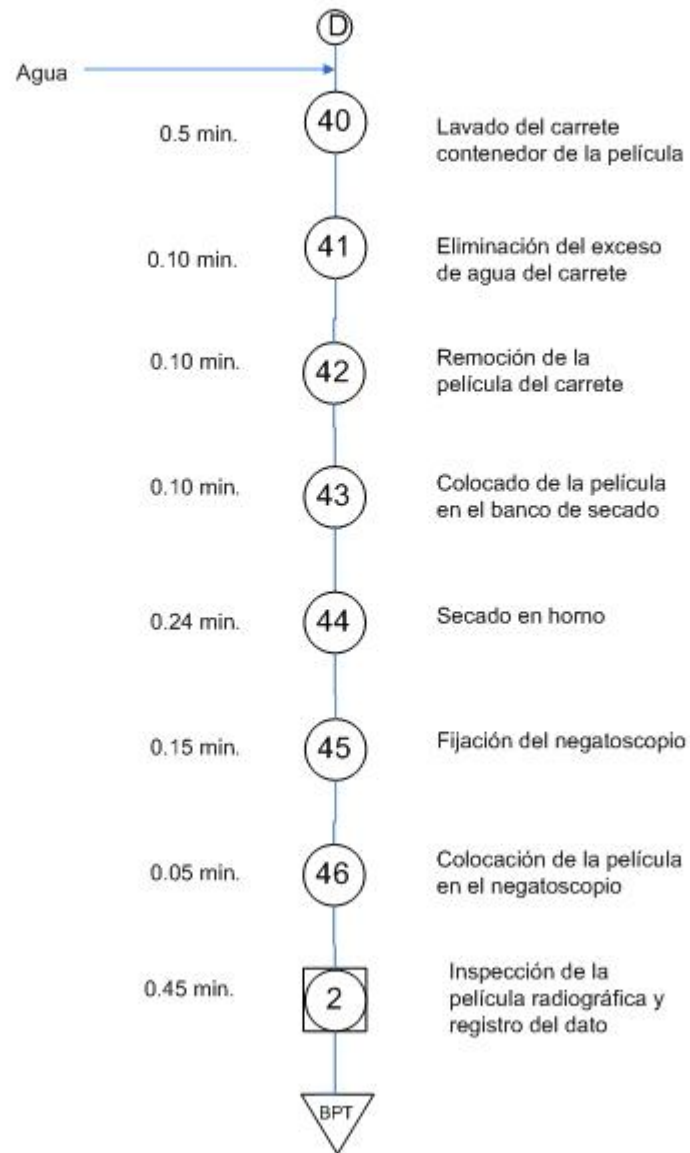
Diagrama de método: Actual

Analista: Fabián Salatino

Inicio: Área de Almacenaje

Finaliza: Área de Almacenaje

Página: 5/5



RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	46	26.36	
Inspección			
Combinada	2	0.75	
Transporte	3	0.32	16.5
Demora	0	0	
TOTAL	51	27.43	16.5

El procedimiento propuesto presenta una reducción de 3.91 minutos en relación al actual debido a que se suprimió una actividad de 3 minutos que se presentaba después de colocar la película en el banco de secado. Además se redujo el tiempo de algunas operaciones como producto de la capacitación del personal.

4.2.5.1 Recomendaciones para el procedimiento

- Las condiciones de trabajo del cuarto oscuro no son las mejores, por lo tanto se debe limpiar y acomodar para que el tránsito por el mismo sea libre y rápido.
- Utilizar un horno para el secado de las películas radiográficas, ya que esperar a que estas sequen al aire libre representa pérdida de tiempo.
- La película radiográfica es cortada en un área en donde la iluminación es muy pobre, por lo tanto el foco que ilumina el cuarto oscuro debe reubicarse para poder aprovechar toda la luz que emite.

4.2.5.2 Recomendaciones para el equipo

- Sería de mucha utilidad adquirir un nuevo tubo de rayos X ya que el tubo usado actualmente es antiguo. El tubo antiguo se podría usar para hacer estudios o trabajos fuera del laboratorio, o para dar capacitaciones a futuros encargados del laboratorio.
- Dar limpieza tanto al tubo como a los cables, ya que estos permanecen tirados en el piso y no se almacenan en un lugar seguro.
- Utilizar un cronómetro que funcione correctamente al momento de medir el tiempo en el cual se sumerge la película radiográfica en el químico fijador y en el químico revelador.

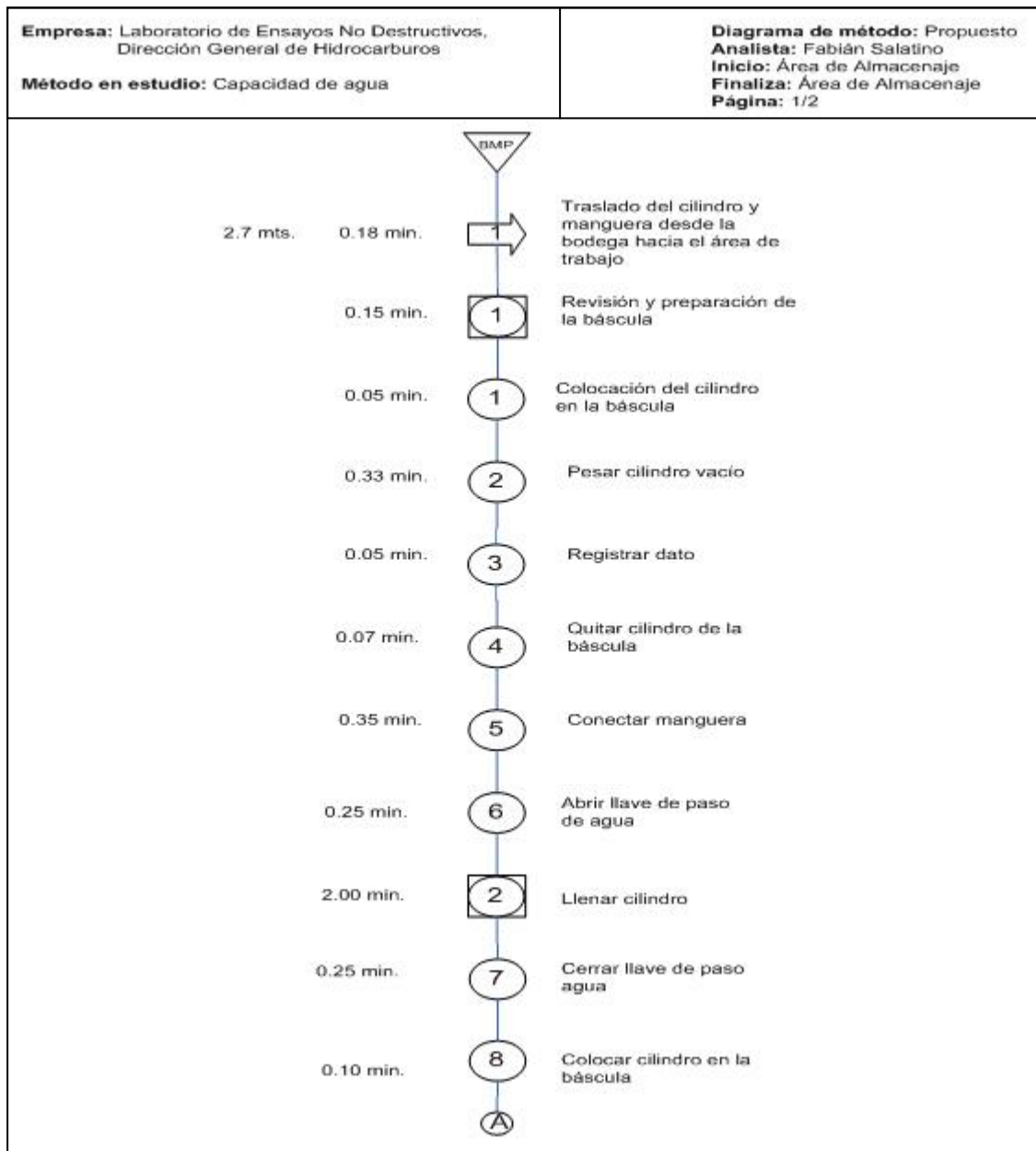
4.2.5.3 Recomendaciones para el personal

- Proporcionar al encargado del laboratorio acceso a los diferentes medios de comunicación, tales como Internet, entrevistas con expertos en radiografía industrial y libros relacionados con el tema, ya que estos permiten que él se informe acerca del ensayo y las mejoras que se pueden implementar.
- Preparar material de apoyo para que el encargado conozca todo lo relativo a la radiografía industrial en la actualidad.

4.2.6 Capacidad de agua

A continuación apreciamos el diagrama de flujo propuesto para el ensayo. Ver metodología de tiempos en la tabla XX del apéndice A.

Figura 25. Diagrama de flujo del proceso del ensayo de capacidad de agua



Empresa: Laboratorio de Ensayos No Destructivos, Dirección General de Hidrocarburos Método en estudio: Capacidad de agua	Diagrama de método: Propuesto Analista: Fabián Salatino Inicio: Área de Almacenaje Finaliza: Área de Almacenaje Página: 2/2
--	--



RESUMEN			
Actividad	Número	Tiempo (min)	Distancia (mts)
Operación	14	6.5	
Inspección	0	0	
Combinada	2	2.15	
Transporte	2	0.33	8.7
Demora	0	0	
TOTAL	18	8.98	18

El ensayo de capacidad de agua no se lleva a cabo en el laboratorio, por lo tanto se sugiere implementarlo tomando en cuenta las siguientes recomendaciones:

4.2.6.1 Recomendaciones para el procedimiento

- Remover la válvula correctamente para poder pesar el cilindro.
- Evitar mojar la báscula para que no se deteriore con el paso del tiempo.
- Para llenar el cilindro de agua quitarlo de la báscula y colocarlo de nuevo cuando este se encuentre lleno.

4.2.6.2 Recomendaciones para el equipo

- Adquirir una báscula con una división mínima de 100 gr. Se puede utilizar la misma báscula que se utiliza para la prueba de tara.
- Secar la báscula al finalizar cada ensayo para evitar que esta se vaya deteriorando.

4.2.6.3 Recomendaciones para el personal

- Proporcionar al encargado copia de la secuencia de operaciones propuesta y resolver dudas que pueda tener acerca de dicha secuencia.
- Establecer procedimientos para que el encargado los use como base para desarrollar el ensayo.

4.3 Costos

Un costo es el desembolso para producir un bien o la prestación de un servicio. El costo total de la elaboración de este proyecto es de Q.826.5. A continuación se presenta el desglose de dicho costo.

4.3.1 Costos directos

Son aquellos que se pueden identificar o cuantificar plenamente con los productos terminados o en un área específica.

Los costos directos de la elaboración de este proyecto son los siguientes (Ver tabla VI):

Tabla VI Costos directos

Insumos	Cantidad	Costo Unitario (Quetzales)	Costo Total (Quetzales)
Hojas	700	0.1	70
Lapiceros	1	2	2
Ganchos	20	0.25	5
Cartuchos de tinta	2	110	220
Folders	20	1.25	25
TOTAL	743	113.6	322

4.3.2 Costos indirectos

Son todos los costos diferentes de los materiales directos y la mano de obra directa en que se incurre para producir un producto.

Los costos indirectos de la elaboración de este proyecto son los siguientes (Ver tabla VII):

Tabla VII Costos Indirectos

Insumos	Cantidad	Costo Unitario (Quetzales)	Costo Total (Quetzales)
Energía eléctrica (Kwh)	150	1.10	165
Gasolina (galones)	17.25	22	379.5
Internet (horas de uso)	25	5	125
TOTAL	192.25	28.1	669.5

Al hablar de gasolina nos referimos a la gasolina utilizada en los viajes hacia la Universidad de San Carlos de Guatemala y al Ministerio de Energía y Minas para entregar avances del proyecto.

4.3.3 Costos de oportunidad

Los costos de oportunidad son aquellos que se tienen por la realización del proyecto, y que se pudieran invertir en otra situación.

El costo de oportunidad para el laboratorio conlleva las pérdidas resultantes de la no adaptación al nuevo reglamento, por lo cual el Ministerio de Energía y Minas se vería en la incapacidad de evaluar los cilindros de las empresas productoras.

4.3.4 Beneficios del desarrollo del proyecto

La implementación de los ensayos que exige el reglamento RTCA, dará un mejor control a los cilindros que se producen en Guatemala y ayudará a verificar que los cilindros que se importen de otros países de Centroamérica cumplan con la reglamentación.

5. EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORAS A LA SEGURIDAD E HIGIENE EN EL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

5.1 Diagnóstico general del laboratorio

El laboratorio presenta diversas deficiencias en lo relativo a la seguridad e higiene. Aspectos tales como suciedad, desorden, falta de conocimiento de los procedimientos y falta de capacitación acerca de seguridad e higiene dentro del mismo producen diversos accidentes.

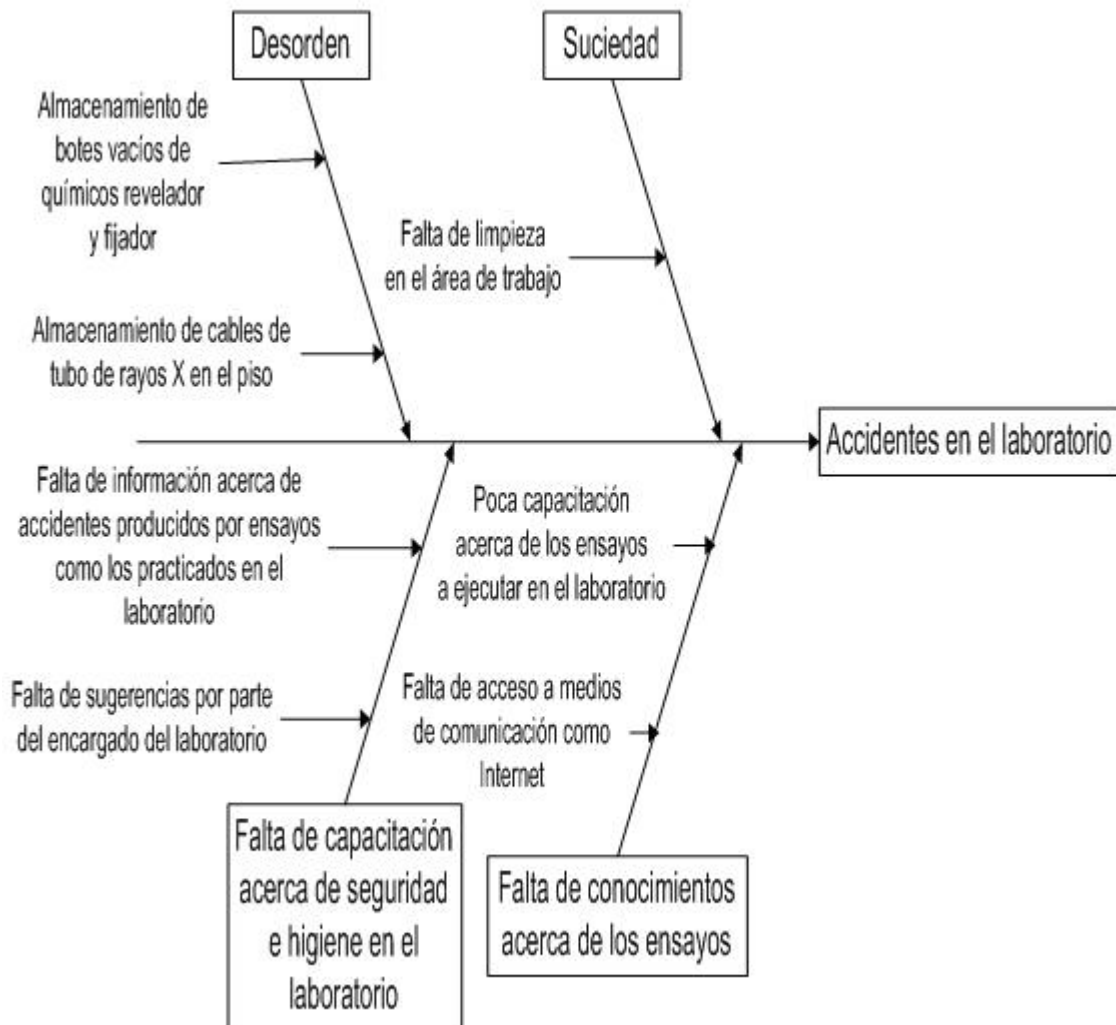
No existe un historial en el cual se encuentren graves accidentes dentro del laboratorio, sin embargo, esto no significa que no se puedan presentar en el futuro. Con la implementación de los nuevos ensayos propuestos las normas de seguridad deben reformularse y los aspectos de higiene deben ser atendidos en un 100%.

En ensayos como el de rayos X las consecuencias de un descuido pueden llegar a ser muy graves y costosas, tanto humanamente, como en el aspecto económico y es por esto que se debe buscar las posibles causas de accidentes para poder minimizar la posibilidad de que estos ocurran.

En los siguientes apartados se analizarán los riesgos existentes en cada ensayo a desarrollar dentro del laboratorio para poder establecer una serie de lineamientos que permitan ejecutar los ensayos con la menor cantidad de riesgos posible.

A continuación se tiene un diagrama causa efecto en el cual se puede apreciar de forma muy general las posibles causas de accidentes en el laboratorio.

Figura 26. Diagrama Causa Efecto Diagnóstico de seguridad e higiene del laboratorio



Como se aprecia en el diagrama, las causas de accidentes en el laboratorio son producto de desorden y falta de limpieza. La falta de acceso a información y la falta de capacitación del personal también son causas de accidentes. Es muy importante que el encargado del laboratorio vaya mejorando la seguridad e higiene conforme incrementa su experiencia en cada ensayo.

5.2 Diagnóstico de los ensayos

A continuación se presenta el análisis de la situación actual de seguridad e higiene de cada ensayo y las respectivas recomendaciones para mejorar las fallas de cada uno.

5.2.1 Inspección visual

Al momento de llevar a cabo el ensayo se manipula el cilindro con brusquedad y esto puede causar algún accidente. El manipular el cilindro con brusquedad no aparenta tener mucho peligro, sin embargo, la persona encargada de ejecutar el ensayo puede golpearse con el mismo y lesionarse levemente.

◆ Recomendaciones

- Para evitar pequeñas lesiones es recomendable manipular el cilindro despacio y con mucha cautela.
- Se recomienda el uso de bata de trabajo y botas con punta de acero.

5.2.2 Espesor de lámina

El ensayo de espesor de lámina se lleva a cabo tomando en cuenta muy pocas precauciones que afectan la seguridad del ejecutor del mismo. El encargado no utiliza mascarilla al momento de aplicar el removedor de pintura a los 16 diferentes puntos destinados para las mediciones. Así mismo, tampoco utiliza guantes al momento de la aplicación del removedor.

En muchas ocasiones la remoción de la pintura se lleva a cabo al aire libre y con el bote de removedor destapado y puede pasar una persona y derramarlo, causando un accidente.

◆ Recomendaciones

- Usar mascarilla de protección a partículas marca 3M (Ver apéndice B) al momento de aplicar el removedor de pintura para evitar inhalar sustancias tóxicas.
- Utilizar un medidor de espesores que no requiera que se remueva la pintura.
- Trabajar dentro del laboratorio y con un orden adecuado para evitar tropezones con los cilindros que se encuentran ubicados en el área (Ver apéndice C).
- Utilizar guantes de látex para uso quirúrgico para la aplicación del removedor de pintura porque el contacto de este con la piel o los ojos puede ocasionar irritación.
- Se recomienda el uso de una mesa de 0.60 x 1.40 mts. de área de trabajo y con una altura de 1 m., con una iluminación proporcionada por una luminaria fluorescente ubicada a una altura de 2 m. a partir del suelo para evitar accidentes por posición inadecuada del encargado al momento de aplicar el removedor.
- Manipular el cilindro despacio y cuidadosamente para evitar lesiones.
- Utilizar bata y botas Caterpillar con punta de acero (Ver apéndice B).

5.2.3 Ensayo de tara

En la actualidad no se lleva a cabo el ensayo de Tara en el laboratorio, sin embargo se puede hacer recomendaciones para implementarlas al momento de que este se lleve a cabo.

Un cilindro manipulado incorrectamente produce accidentes, sobre todo caídas del mismo en la punta de los pies del personal.

Recomendaciones

- Limpiar el cilindro y el área de trabajo antes de llevar a cabo la prueba. De esta forma se conserva la báscula en buen estado y se evita cualquier tipo de accidente por suciedad del producto o área de trabajo.
- Manipular el cilindro despacio y con mucho cuidado para evitar que estos caigan sobre los pies o lastimen otra parte del cuerpo del ejecutor del ensayo.
- Utilizar bata y botas Caterpillar con punta de acero (Ver apéndice B).

5.2.4 Pruebas a presión

Se dividen en: prueba de hermeticidad, expansión volumétrica y prueba de ruptura.

5.2.4.1 Prueba de hermeticidad

Al llevar a cabo la prueba de hermeticidad no se toman todas las precauciones necesarias para poder ejecutarla con plena seguridad.

El área de trabajo no está techada y esto afecta las condiciones de trabajo del encargado, ya que exposiciones prolongadas al sol pueden causar daños a su piel, y exposición a la lluvia o a climas muy fríos pueden causar resfriados u otro tipo de enfermedades.

Además, el área de trabajo, no cuenta con una plancha de cemento, sino que se trabaja sobre una superficie de grama, la cual puede resultar incómoda y poco higiénica para las actividades en cuestión. Sobre todo si se trabaja en el lugar después de que ha llovido.

No se utilizan guantes industriales al momento de utilizar las llaves con las cuales se remueve la válvula de la brida, y esto puede dañar la palma de la mano.

◆ Recomendaciones

- Techar el área de trabajo donde se realiza el ensayo o por lo menos colocar una lámina.
- Colocar una plancha de cemento en el área de trabajo para evitar trabajar en condiciones muy sucias e incómodas.
- Limpiar tanto el área de trabajo, como el área donde se encuentra la bomba.
- Utilizar bata y calzado de seguridad (Ver apéndice B).

5.2.4.2 Expansión volumétrica

En la actualidad no se lleva a cabo el ensayo de expansión volumétrica, sin embargo se pueden hacer recomendaciones para implementarlas al momento de que este se lleve a cabo.

Un cilindro manipulado incorrectamente produce accidentes, sobre todo caídas del mismo en la punta de los pies del personal.

Al momento de realizar el ensayo pueden ocurrir derramamientos de agua que producen resbalones y caídas dentro del laboratorio.

◆ Recomendaciones

- Para este ensayo se recomienda básicamente cuidado con el manejo de cilindros, ya que al momento de mojarlos estos pueden ser resbalosos y lastimar a la persona que los manipula.
- Al igual que en el resto de los ensayos se recomienda tener mucho orden y limpieza en el área de trabajo para evitar lesiones por caídas o tropezones.
- Utilizar bata y calzado de seguridad (Ver apéndice B).

5.2.4.3 Prueba de ruptura

Al llevar a cabo la prueba de ruptura se corre riesgos similares a los de la prueba de hermeticidad, debido a que el ensayo se realiza en la misma área de trabajo e inmediatamente después.

Un riesgo adicional a los del ensayo de hermeticidad es que en el ensayo de ruptura no se utiliza protección para los oídos al momento de reventar muchos

cilindros. Los cilindros no producen un ruido demasiado estridente al momento de reventarse, pero al reventar una cantidad considerable este ruido puede ser molesto y causar fatiga en el encargado del laboratorio.

◆ Recomendaciones

- Si se van a romper muchos cilindros se recomienda utilizar tapones de hule siliconado de tipo diadema y marca 3M para proteger los oídos.
- Techar el área de trabajo donde se realiza el ensayo o por lo menos colocar una lámina.
- Colocar una plancha de cemento en el área de trabajo para evitar trabajar en condiciones muy sucias e incómodas.
- Limpiar tanto el área de trabajo, como el área donde se encuentra la bomba.
- Utilizar bata y botas Caterpillar con punta de acero (Ver apéndice B).
- Utilizar guantes industriales al momento de utilizar las llaves con las cuales se remueve la válvula de la brida del cilindro.

5.2.5 Examen radiográfico

Al ejecutar el ensayo radiográfico también se pasan por alto muchas medidas de seguridad e higiene que deben tomarse para evitar accidentes laborales.

El encargado debe utilizar un dosímetro al momento de irradiar los cilindros y en algunas ocasiones olvida utilizarlo. El dosímetro indica la dosis de rayos X a la cual se expone el encargado en ciertos períodos de tiempo. Este dosímetro debe ser trasladado al departamento de dosimetría de la institución para

evaluar el riesgo al cual se somete la persona que realiza el ensayo, y si el encargado olvida utilizarlo el dato obtenido no será 100% confiable.

El cableado del equipo pasa por el piso y entre las puertas que dividen el área de irradiación y el área donde se encuentra el control de mando, y esto genera un nivel de riesgo alto porque el encargado puede acercarse demasiado al área y con las puertas abiertas la exposición a los rayos puede incrementarse considerablemente.

El acordonamiento externo del laboratorio no es el adecuado porque a pesar de que la cinta y los rótulos preventivos son los necesarios, la cinta es sostenida con cilindros que se encuentran en los alrededores del laboratorio y en muchas ocasiones esta se cae y cualquier persona ajena al laboratorio puede acercarse mucho al área de irradiación, lo cual representa un peligro para la persona.

Al momento de irradiar los cilindros el encargado debe llamar a recepción para que la persona encargada dé un aviso de que la gente no debe acercarse mucho al laboratorio para evitar exposiciones a los rayos, sin embargo, este procedimiento se ha omitido porque a pesar de que se daba el aviso la gente encargada de hacer limpieza o gente curiosa se acercaba mucho al área.

◆ Recomendaciones

- La persona encargada de llevar a cabo el ensayo debe portar el dosímetro en todo momento mientras realiza la prueba.
- Se recomienda abrir un boquete entre el cuarto de control de mando y el cuarto de irradiación para evitar dejar puertas abiertas al momento de irradiar y poder pasar el cableado por dicho boquete. El boquete tiene que ser del mismo diámetro que el cable porque si este es muy grande incrementa la posibilidad de exposición de rayos X por parte del encargado.

- Engraparse la cinta de precaución a las paredes externas del laboratorio y no sostener dicha cinta en cilindros cada vez que se vaya a irradiar.
- Se debe pasar un volante informativo a toda la unidad para conscientizar al personal del peligro de la exposición a los rayos X y se debe continuar con el procedimiento de aviso a recepción cada vez que se lleve a cabo el ensayo.
- Utilizar bata y botas Caterpillar con punta de acero (Ver apéndice B).

5.2.6 Capacidad de agua

Actualmente el ensayo no se realiza, sin embargo se pueden hacer recomendaciones para implementarlas al momento de llevarlo a cabo.

Un cilindro manipulado incorrectamente produce accidentes, sobre todo caídas del mismo en la punta de los pies del personal.

Al momento de llevar a cabo el ensayo pueden ocurrir derramamientos de agua que producen resbalones y caídas dentro del laboratorio.

◆ Recomendaciones

- Utilizar bata y calzado de seguridad (Ver apéndice B).
- Secar el área de trabajo si existieran derramamientos de agua sobre la báscula o sus alrededores.
- Manipular los cilindros despacio y cuidadosamente para evitar golpes o derrames de agua.

6. PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA EL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

6.1 Rutinas de mantenimiento

A continuación se presentan las rutinas de mantenimiento de los diferentes equipos utilizados en el laboratorio.

Medidor de espesores ultrasónico

La rutina propuesta se presenta en el siguiente formato:


Figura 27. Formato de presentación de rutina de mantenimiento del ensayo de espesor de lámina

Rutina de mantenimiento de medidor de espesores	
<p>Mantenimiento mecánico</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Limpieza <ul style="list-style-type: none"> • Carátula del medidor • Palpador ➤ Calibración del palpador <p>Mantenimiento eléctrico</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Revisión de los cables ➤ Chequeo de baterías 	<p style="text-align: center;">Observaciones:</p> <p>Firma: _____</p> <p style="text-align: center;">Encargado del laboratorio</p>

Báscula

La rutina propuesta se presenta en el siguiente formato:

Figura 28. Formato de presentación de rutina de mantenimiento de la báscula

<p>Rutina de mantenimiento de la báscula</p>	
<p>Mantenimiento mecánico</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Limpieza de la báscula➤ Calibración de la báscula	<p>Observaciones:</p> <p>Firma: _____ Encargado del laboratorio</p>

La calibración de la báscula debe hacerla un ente externo a la institución por la exactitud que esta requiere.

Bomba Hypro (eléctrica)

La rutina propuesta se presenta en el siguiente formato:

Figura 29. Formato de presentación de la rutina de mantenimiento de la Bomba Hypro

<p>Rutina de mantenimiento de bomba Hypro</p>	
<p>Mantenimiento mecánico</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Limpieza de la bomba➤ Revisión y limpieza de las mangueras➤ Revisión de los cojinetes de la bomba para verificar si están oxidados o en buen estado➤ Revisar si el impele de la bomba gira bien y si las aspas se encuentran en buen estado. En caso de que el impele se encuentre en mal estado, se anota el número de serie de la bomba y se compra un nuevo impele con el distribuidor respectivo➤ Cambio de aceite del motorreductor (por lo menos 1 vez al año) <p>Mantenimiento eléctrico</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Revisión del embobinado de la bomba	
<p>Observaciones</p>	<p>Firma: _____ Encargado del laboratorio</p>

Nota: Si la bomba tiene garantía del distribuidor es recomendable que éste le dé el mantenimiento.

Tubo de rayos X

El mantenimiento del tubo de rayos X es más complicado que el mantenimiento de cualquier otro equipo, por lo tanto se recomienda que éste se lo proporcione el respectivo distribuidor. En el caso de que el mantenimiento por parte del distribuidor no se pueda realizar se podría dar una capacitación para el encargado de laboratorio para que de esta forma sea él quien se encargue de determinar cuando se necesita mantenimiento para el tubo y proporcionárselo correctamente.

Sin embargo, se puede dar un mantenimiento general y bastante simple que consiste en lo siguiente:

Figura 30. Formato de presentación de rutina de mantenimiento del ensayo del tubo de rayos X

<p>Rutina de mantenimiento de tubo de rayos X</p>	
<ul style="list-style-type: none">• Revisión del cableado y enchufes del sistema para verificar que se encuentren en buen estado• Limpiar el tubo• Guardar el cilindro en condiciones adecuadas para evitar accidentes con el mismo	
<p>Observaciones:</p>	<p>Firma: _____ Encargado del laboratorio</p>

Negatoscopio

Figura 31. Formato de presentación de rutina de mantenimiento del negatoscopio

<p>Rutina de mantenimiento de negatoscopio</p>	
<p>El negatoscopio debe ser limpiado conforme a las necesidades que se presenten en relación a que tan rápido se ensucie este.</p> <p>El tubo que proporciona luz debe ser cambiado cuando se quemé.</p> <p>Se debe tener un tubo de repuesto para hacer el cambio inmediato.</p>	
<p>Observaciones:</p>	<p>Firma: _____ Encargado del laboratorio</p>

6.2 Personal

A continuación se detalla el personal requerido para realizar cada ensayo:

◆ **Medidor de espesores**

Personal requerido: 1 persona

Puesto de la persona encargada: Encargado del laboratorio

El mantenimiento del medidor de espesores es relativamente sencillo y requiere únicamente de orden y limpieza para su exitosa consecución.

◆ **Báscula**

El personal requerido para el mantenimiento de la báscula lo determina el distribuidor ya que este es el encargado de llevarlo a cabo.

◆ **Bomba Hypro (eléctrica)**

Personal requerido: 1 persona

Puesto de la persona encargada: Encargado del laboratorio

Para revisar los aspectos enumerados en la rutina de mantenimiento de la bomba solo se necesita de una persona. Esta persona puede ser el encargado del laboratorio, siempre y cuando se encuentre capacitado para hacerlo, o el mecánico de la institución (ambos haciéndolo con el manual de esta como respaldo).

En el caso de que el mantenimiento lo realice el distribuidor será él quien determine los requerimientos de personal.

◆ **Tubo de rayos X**

En caso de que el mantenimiento lo realice el distribuidor del tubo será este quien determine los requerimientos de personal.

En caso de que se capacite al encargado de laboratorio para realizar dicho mantenimiento los requerimientos de personal serían de 1 a 2 personas. En el caso de que fueran 2 personas, la segunda persona es un ayudante del encargado (el cual es el responsable del mantenimiento).

◆ **Negatoscopio**

Personal requerido: 1 persona

Puesto de la persona encargada: Encargado del laboratorio

6.3 Controles

◆ **Medidor de espesores**

La programación del mantenimiento es la siguiente:

Frecuencia del mantenimiento: Semanalmente

Duración del mantenimiento: 15 minutos

El formato para control del mantenimiento es el siguiente:

Figura 32. Formato para control de mantenimiento de ensayo de medición de espesores

HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO																					
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%; padding: 5px;"> AÑO: MES: DÍA: </td> <td style="width: 60%; text-align: center; padding: 5px;"> MEDIDOR DE ESPESORES </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> DESCRIPCIÓN </td> <td style="text-align: center; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;"> SI </td> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;"> NO </td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Mantenimiento mecánico </td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Limpieza </td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Carátula del medidor </td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Palpador </td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Mantenimiento eléctrico </td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Revisión de los cables </td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Chequeo de batería </td> <td></td> </tr> </table>		AÑO: MES: DÍA:	MEDIDOR DE ESPESORES	DESCRIPCIÓN	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;"> SI </td> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;"> NO </td> </tr> </table>	SI	NO	Mantenimiento mecánico		Limpieza		Carátula del medidor		Palpador		Mantenimiento eléctrico		Revisión de los cables		Chequeo de batería	
AÑO: MES: DÍA:	MEDIDOR DE ESPESORES																				
DESCRIPCIÓN	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;"> SI </td> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;"> NO </td> </tr> </table>	SI	NO																		
SI	NO																				
Mantenimiento mecánico																					
Limpieza																					
Carátula del medidor																					
Palpador																					
Mantenimiento eléctrico																					
Revisión de los cables																					
Chequeo de batería																					
<p>OBSERVACIONES:</p> <p style="text-align: right; margin-right: 100px;">Firma: _____</p> <p style="text-align: right; margin-right: 100px;">Encargado del laboratorio</p>																					

Báscula

La programación del mantenimiento es la siguiente:


Frecuencia del mantenimiento: 1 vez al año en el caso de la calibración

1 vez a la semana para la limpieza

Duración del mantenimiento: La determina el distribuidor, que es el encargado de realizar el mantenimiento

El formato para control del mantenimiento es el siguiente:

Figura 33. Formato para control de mantenimiento de la báscula

HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO			
AÑO: MES: DÍA:	BÁSCULA		
DESCRIPCIÓN	SI	NO	
Mantenimiento mecánico			
Limpieza de la báscula			
Calibración de la báscula			
OBSERVACIONES:			
Firma: _____			
Encargado del laboratorio			

Bomba Hypro (eléctrica)

La programación del mantenimiento es la siguiente:

Frecuencia del mantenimiento: 1 vez al año

Duración del mantenimiento: 2 horas

Figura 34. Formato para control de mantenimiento de la Bomba Hypro

HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO			
AÑO: MES: DÍA:	BOMBA HYPRO		
DESCRIPCIÓN	SI	NO	
Mantenimiento mecánico			
Limpieza de la bomba			
Revisión y limpieza de las mangueras			
Revisión de los cojinetes de la bomba para verificar si están oxidados o en buen estado			
Revisar si el imple de la bomba gira bien y si las aspas se encuentran en buen estado. En caso de que el imple se encuentre en mal estado, se anota el número de serie de la bomba y se compra un nuevo imple con el distribuidor respectivo.			
Cambio de aceite del motorreductor (por lo menos 1 vez al año)			
Mantenimiento eléctrico			
Revisión del embobinado de la bomba			
OBSERVACIONES:		Firma: _____	
		Encargado del laboratorio	

◆ **Tubo de rayos X**

La programación del mantenimiento es la siguiente:

Frecuencia del mantenimiento: 1 vez al año

Duración del mantenimiento: La determina el distribuidor, que es el encargado de realizar el mantenimiento

El formato para control del mantenimiento es el siguiente:

Figura 35. Formato para control de mantenimiento del tubo de rayos X

HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO			
AÑO: MES: DÍA:		TUBO DE RAYOS X	
DESCRIPCIÓN	SI	NO	
Revisión del cableado y enchufes del sistema para verificar que se encuentren en buen estado			
Limpiar el tubo			
Guardar el cilindro en condiciones adecuadas para evitar accidentes con el mismo			
OBSERVACIONES:		Firma: _____	
		Encargado del laboratorio	

Nota: Este mantenimiento está sujeto a sugerencias del distribuidor.

◆ **Negatoscopio**

La programación del mantenimiento es la siguiente:

Frecuencia del mantenimiento: Semanalmente

Duración del mantenimiento: 5 minutos

El formato para control del mantenimiento es el siguiente:

Figura 36. Formato para control de mantenimiento del negatoscopio

HOJA DE CONTROL DE MANTENIMIENTO			
AÑO: MES: DÍA:		NEGATOSCOPIO	
DESCRIPCIÓN		EXISTENCIA	
Tubos de repuesto			
OBSERVACIONES:		Firma: _____	
		Encargado del laboratorio	

6.4 Costos de mantenimiento

◆ **Medidor de espesores**

Trapo para limpiar el medidor: Q. 5.00

◆ **Báscula**

Costo establecido por el encargado de realizar el mantenimiento.

Aproximadamente Q. 400.00

Empresas sugeridas:

- SIPESA
- PKM Industrial

◆ **Bomba Hypro (eléctrica)**

Aceite monogrado recomendado por el distribuidor: Q.75.00

Cojinetes: Q.40.00

◆ **Tubo de rayos X**

Costo establecido por el encargado de realizar el mantenimiento

◆ **Negatoscopio**

Tubo de luz: Q.25.00

6.5 Beneficios

Proporcionar mantenimiento preventivo al equipo del laboratorio minimiza los costos de un mantenimiento correctivo. Además, con equipo en buen estado la posibilidad de un accidente laboral es casi nula, lo cual reduce costos considerablemente.

Con un buen equipo los ensayos proporcionan resultados mucho más confiables y esto agiliza las operaciones del laboratorio considerablemente. También es importante recalcar que para el encargado del laboratorio es mucho más cómodo y agradable trabajar con equipo en buen estado que con equipo sucio y en malas condiciones.

A continuación se tienen los beneficios que son producto del mantenimiento aplicado a cada equipo usado en el laboratorio:

◆ **Medidor de espesores**

Buen funcionamiento del medidor de espesores ya que las mediciones en cada cilindro serán exactas. Si el medidor se encuentra calibrado no tarda mucho tiempo en registrar una medida del espesor de la lámina. De esta forma también se evitan cortocircuitos dentro del laboratorio.

◆ **Báscula**

Las mediciones serán exactas.

◆ **Bomba Hypro (eléctrica)**

La bomba será mucho más eficiente, las mangueras no presentarán picaduras y por lo tanto no habrá fugas al momento de realizar el ensayo.

◆ **Tubo de rayos X**

La calidad de la radiografía será alta y los niveles de radiación estarán controlados.

◆ **Negatoscopio**

La revisión de la película radiográfica será mucho más eficiente, evitando de esta manera un análisis defectuoso del cordón de soldadura de un cilindro.

CONCLUSIONES

1. El ensayo de medición de espesores no se realiza conforme lo indicado en el reglamento, debido a que no se toma la cantidad de mediciones establecidas en el mismo, no se siguen normas de seguridad al ejecutarlo y el equipo utilizado es antiguo.
2. El ensayo de Tara y el de capacidad de agua no se realizan debido a que no se tiene el equipo requerido, el cual es una báscula con división mínima de 100 gramos.
3. La prueba de hermeticidad y la de ruptura se llevan a cabo al aire libre y estas condiciones afectan mucho la consecución de los resultados esperados. Además, bajo estas condiciones se presentan atrasos en época de lluvias. Tampoco existen procedimientos establecidos para ejecutar dichos ensayos.
4. El ensayo de expansión volumétrica no se realiza debido a que las instalaciones no cuentan con un recipiente que pueda llenarse de agua -camisa de agua- para sumergir el cilindro y medir su expansión. Tampoco se cuenta con un tubo graduado para medir el nivel de agua en el recipiente al momento de ejecutar el ensayo.
5. El tubo de rayos X es antiguo y los cables del mismo no se almacenan en condiciones adecuadas. El cuarto oscuro se encuentra sucio, desordenado y la ubicación del foco que lo ilumina se debe mejorar.

6. Las normas de seguridad necesitan refuerzo porque al momento de irradiar muchas personas ajenas al laboratorio, así como el personal del mismo se acercan deliberadamente al área.
7. No existe un lugar fijo y confiable para almacenar los cilindros. Son almacenados al aire libre y esto produce desorden y cilindros sucios que albergan insectos y roedores en su interior, lo cual representa una condición de trabajo incómoda para el personal.
8. Los ensayos que se llevan a cabo actualmente son ejecutados a través de una metodología que es bastante simple y que reduce los tiempos de operación, sin embargo, debido a esto se sacrifica calidad en los resultados.
9. Actualmente, no existe un plan de mantenimiento para el equipo utilizado en el laboratorio y esto afecta la consecución de los resultados deseados.
10. El personal del laboratorio necesita actualizarse en materia de los ensayos que lleva a cabo, actualmente, y capacitarse para llevar a cabo los ensayos nuevos.

RECOMENDACIONES

Al jefe del departamento de licencias de la Dirección General de hidrocarburos se le sugiere lo siguiente:

1. Al momento de realizar el ensayo de medición de espesores se deben tomar 16 mediciones, como lo indica el reglamento. Se debe adquirir un medidor de espesores más exacto que el actual, el cual pueda tomar mediciones sin necesidad de remover la pintura de la superficie de los cilindros.
2. Adquirir una báscula con división mínima de 100 gramos para poder implementar el ensayo de Tara y el de capacidad de agua.
3. Se debe techar y colocar una plancha de cemento en el área donde se realiza el ensayo de hermeticidad y el de ruptura para evitar que las condiciones climáticas afecten el desempeño de las actividades.
4. Se debe instalar un recipiente para poder llenarlo de agua, sumergir el cilindro y medir su expansión. Este recipiente debe tener dimensiones de 1 m² de área y 1 m de altura. También, se debe adquirir un tubo graduado para medir el nivel de agua en el desarrollo de la prueba.
5. Para el ensayo de rayos X se debe adquirir un tubo nuevo, que sea almacenado junto con sus cables y en condiciones seguras. También, se debe adquirir un negatoscopio más grande para poder analizar varias placas radiográficas a la vez.

El cuarto oscuro donde se revelan las placas debe ser limpiado y acondicionado para poder gozar de un área de trabajo cómoda. Las normas de seguridad a seguir al momento de ejecutar el ensayo deben ser fortalecidas y se les debe dar un mejor seguimiento.

6. Se debe adquirir mascarillas, guantes quirúrgicos, calzado de seguridad y batas para poder mejorar la seguridad dentro del laboratorio.
7. Se debe construir una bodega para almacenaje de los cilindros ensayados y los que se encuentran a espera de ser evaluados. Esta bodega se debe ubicar cerca del laboratorio para evitar que el personal tenga que realizar grandes esfuerzos en el traslado de los cilindros. La bodega debe ser limpiada y ordenada por lo menos una vez a la semana para evitar confusiones con los cilindros ensayados y los pendientes de ensayar.
8. Se debe establecer la secuencia de operaciones a seguir para ejecutar cada ensayo, ya que, de esta forma, es mas fácil adiestrar al encargado y obtener mejores resultados.
9. Aplicar el plan de mantenimiento propuesto, en el cual se establecen rutinas y controles a seguir para no pasar detalles por alto y mantener el equipo en un estado óptimo.
10. Aplicar las recomendaciones de capacitación del encargado del laboratorio y dar seguimiento a su desempeño.

BIBLIOGRAFÍA

1. S. Morris, Allan. "PRINCIPIOS DE MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN", 2003.
2. Niebel, Benjamín W. "INGENIERÍA INDUSTRIAL, MÉTODOS TIEMPOS Y ESTANDARES DE TRABAJO", Editorial AlfaOmega, Novena Edición, México 2004.
3. Torres, Sergio. "MANUAL DE INGENIERÍA DE PLANTAS", Guatemala 2004.
4. Pender, James. "SOLDADURA", Editorial McGraw Hill, 3era. Edición, México 1989.
5. Alvarado, Hugo. "MANUAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL", 2005
6. Evans, J.R.; Lindsay, W. "ADMINISTRACIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD", Thomson Editores, 1999.
7. Consejo de Ministros de Integración Económica "REGLAMENTO TÉCNICO CENTROAMERICANO RTCA 23.01.29:05", 2005

APÉNDICE A

Tabla de tiempos estándar

Tabla VIII Tiempos para ensayo de inspección visual (Situación actual)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.073	0.058	0.070
0.052	0.042	0.050
0.229	0.183	0.220
0.208	0.167	0.200

Tabla IX Tiempos para ensayo de espesor de lámina (Situación actual)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.156	0.125	0.150
0.229	0.183	0.220
0.125	0.100	0.120
0.521	0.417	0.500
2.083	1.667	2.000
0.490	0.392	0.470
0.333	0.267	0.320
0.156	0.125	0.150
0.104	0.083	0.100
0.115	0.092	0.110
0.188	0.150	0.180
0.104	0.083	0.100
0.115	0.092	0.110

Tabla X Tiempos para el ensayo de hermeticidad (Situación actual)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.188	0.150	0.180
0.100	0.069	0.083
0.521	0.417	0.500
0.573	0.458	0.550
0.604	0.483	0.580
0.052	0.042	0.050
2.083	1.667	2.000
0.177	0.142	0.170
0.156	0.125	0.150
0.438	0.350	0.420
0.260	0.208	0.250
0.052	0.042	0.050
0.521	0.417	0.500
0.521	0.417	0.500
0.177	0.142	0.170
0.521	0.417	0.500
0.073	0.058	0.070
0.469	0.375	0.450
0.083	0.067	0.080
2.083	1.667	2.000
0.625	0.500	0.600
0.188	0.150	0.180

Tabla XI Tiempos para la prueba de ruptura (Situación actual)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.19	0.15	0.18
0.09	0.07	0.08
0.52	0.42	0.50
0.57	0.46	0.55
0.60	0.48	0.58
0.05	0.04	0.05
2.08	1.67	2.00
0.18	0.14	0.17
0.16	0.13	0.15
0.44	0.35	0.42
0.26	0.21	0.25
0.05	0.04	0.05
3.13	2.50	3.00
1.04	0.83	1.00
0.52	0.42	0.50
0.26	0.21	0.25
0.07	0.06	0.07
0.08	0.07	0.08
2.08	1.67	2.00
0.63	0.50	0.60
0.19	0.15	0.18

Tabla XII Tiempos para la examen radiográfico (Situación actual)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.10	0.08	0.10
0.10	0.08	0.10
0.10	0.08	0.10
0.31	0.25	0.30
0.41	0.33	0.39
0.17	0.13	0.16
0.05	0.04	0.05
0.07	0.06	0.07
0.10	0.08	0.10
0.08	0.07	0.08
0.47	0.38	0.45
0.10	0.08	0.10
0.05	0.04	0.05
0.14	0.11	0.13
0.21	0.17	0.20
5.21	4.17	5.00
0.05	0.04	0.05
0.13	0.10	0.12
0.16	0.13	0.15
0.10	0.08	0.10
0.16	0.13	0.15
0.052	0.042	0.050
3.906	3.125	3.750
0.042	0.033	0.040
0.156	0.125	0.150
0.104	0.083	0.100
0.625	0.500	0.600
0.729	0.583	0.700
0.625	0.500	0.600
0.677	0.542	0.650
0.104	0.083	0.100
0.104	0.083	0.100
0.625	0.500	0.600
0.052	0.042	0.050
5.208	4.167	5.000

0.104	0.083	0.100
0.208	0.167	0.200
0.521	0.417	0.500
0.104	0.083	0.100
0.052	0.042	0.050
5.208	4.167	5.000
0.104	0.083	0.100
0.208	0.167	0.200
0.521	0.417	0.500
0.104	0.083	0.100
0.104	0.083	0.100
0.104	0.083	0.100
3.125	2.500	3.000
0.156	0.125	0.150
0.052	0.042	0.050
0.417	0.333	0.400
0.260	0.208	0.250

Tabla XIII Tiempos para ensayo de inspección visual (Propuesta)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.07	0.06	0.07
0.47	0.38	0.45
0.23	0.18	0.22
0.21	0.17	0.20

Tabla XIV Tiempos para ensayo de espesor de lámina (Propuesta)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.16	0.13	0.15
0.23	0.18	0.22
0.13	0.10	0.12
0.52	0.42	0.50
0.49	0.39	0.47
0.33	0.27	0.32
2.08	1.67	2.00
0.16	0.13	0.15
0.10	0.08	0.10
0.11	0.09	0.11
0.19	0.15	0.18
0.10	0.08	0.10
0.11	0.09	0.11

Tabla XV Tiempos para ensayo de tara (Propuesta)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.13	0.10	0.12
0.26	0.21	0.25
0.18	0.14	0.17
0.18	0.14	0.17
0.13	0.10	0.12
0.10	0.08	0.10
0.08	0.07	0.08
0.13	0.10	0.12

Tabla XVI Tiempos para prueba de hermeticidad (Propuesta)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.19	0.15	0.18
0.09	0.07	0.08
0.52	0.42	0.50
0.57	0.46	0.55
0.60	0.48	0.58
0.05	0.04	0.05
0.18	0.14	0.17
0.16	0.13	0.15
0.44	0.35	0.42
2.08	1.67	2.00
0.26	0.21	0.25
0.05	0.04	0.05
0.52	0.42	0.50
0.52	0.42	0.50
0.18	0.14	0.17
0.52	0.42	0.50
0.07	0.06	0.07
0.47	0.38	0.45
0.08	0.07	0.08
2.08	1.67	2.00
0.63	0.50	0.60
0.188	0.150	0.180

Tabla XVII Tiempos para prueba de expansión volumétrica (Propuesta)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.19	0.15	0.18
7.29	5.83	7.00
0.05	0.04	0.05
2.08	1.67	2.00
0.60	0.48	0.58
0.52	0.42	0.50
1.56	1.25	1.50
0.18	0.14	0.17
10.42	8.33	10.00
2.60	2.08	2.50
0.19	0.15	0.18

Tabla XVIII Tiempos para prueba de ruptura (Propuesta)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.19	0.15	0.18
0.09	0.07	0.08
0.52	0.42	0.50
0.57	0.46	0.55
0.60	0.48	0.58
0.05	0.04	0.05
0.18	0.14	0.17
0.16	0.13	0.15
0.44	0.35	0.42
2.08	1.67	2.00
0.26	0.21	0.25
0.05	0.04	0.05
3.13	2.50	3.00

1.04	0.83	1.00
0.52	0.42	0.50
0.26	0.21	0.25
0.07	0.06	0.07
0.08	0.07	0.08
2.08	1.67	2.00
0.63	0.50	0.60
0.19	0.15	0.18

Tabla XIX Tiempos para Ensayo Radiográfico (Propuesta)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.10	0.08	0.10
0.10	0.08	0.10
0.10	0.08	0.10
0.31	0.25	0.30
0.41	0.33	0.39
0.17	0.13	0.16
0.05	0.04	0.05
0.07	0.06	0.07
0.10	0.08	0.10
0.08	0.07	0.08
0.47	0.38	0.45
0.10	0.08	0.10
0.05	0.04	0.05
0.14	0.11	0.13
0.21	0.17	0.20
5.21	4.17	5.00

Continúa

10.05	0.04	0.05
0.13	0.10	0.12
0.16	0.13	0.15
0.10	0.08	0.10
0.16	0.13	0.15
0.052	0.042	0.050
3.906	3.125	3.750
0.042	0.033	0.040
0.156	0.125	0.150
0.104	0.083	0.100
0.260	0.208	0.250
0.729	0.583	0.700
0.260	0.208	0.250
0.677	0.542	0.650
0.104	0.083	0.100
0.104	0.083	0.100
0.625	0.500	0.600
0.052	0.042	0.050
5.208	4.167	5.000
0.104	0.083	0.100
0.104	0.083	0.100
0.521	0.417	0.500
0.052	0.042	0.050
0.052	0.042	0.050
5.208	4.167	5.000
0.104	0.083	0.100
0.104	0.083	0.100
0.521	0.417	0.500
0.104	0.083	0.100
0.104	0.083	0.100
0.104	0.083	0.100
0.250	0.200	0.240
0.156	0.125	0.150
0.052	0.042	0.050
0.469	0.375	0.450

Tabla XX Tiempos para ensayo de capacidad de agua (Propuesta)

Tiempo Promedio	Tiempo Normal	Tiempo Estándar
0.19	0.15	0.18
0.36	0.29	0.35
0.16	0.13	0.15
0.05	0.04	0.05
0.34	0.28	0.33
0.05	0.04	0.05
0.07	0.06	0.07
0.26	0.21	0.25
2.08	1.67	2.00
0.26	0.21	0.25
0.10	0.08	0.10
0.36	0.29	0.35
0.05	0.04	0.05
0.16	0.13	0.15
3.13	2.50	3.00
0.31	0.25	0.30
0.52	0.42	0.50
1.56	1.25	1.50

APENDICE B

EQUIPO DE SEGURIDAD PARA EL LABORATORIO



- * Mascarilla autofiltrante que ofrece una protección ligera y fiable frente a partículas.
- * Colocación fácil y rápida debido a su construcción cóncava. Ajuste excelente proporcionado por dos bandas de ajuste, clip y almohadilla nasal.
- * Protección duradera gracias a la capa interior resistente a la humedad.
- * Marca 3M
- * Costo aproximado de Q.6.00



- * Bota Holton Black marca Caterpillar
- * Punta de acero
- * Suela de hule Goodyear
- * Tallas disponibles: 36-42
- * Precio aproximado de Q.800.00



- * Guantes quirúrgicos
- * Fabricados de PVC
- * De calidad hipoalérgica
- * Precio unitario aproximado de Q.0.25



- * Tapones auditivos 3M moldeables, fabricados en suave espuma de poliuretano no alergénico.
- * Superficie lisa que repele fácilmente la humedad, favoreciendo la higiene. Su diseño cónico está específicamente diseñado para ajustarse a la mayoría de los canales auditivos, aportando mayor seguridad y comodidad al trabajador.
- * Su brillante color naranja permite una alta visibilidad y fácil comprobación de su uso.
- * Recomendados especialmente para trabajadores expuestos continuamente a ambientes ruidosos y en condiciones de calor y/o humedad.
- * Atenuación sonora: 31 dB.
- * Costo unitario de Q.1.50



- * Bata industrial
- * Fabricada de poliéster/algodón
- * Color blanco, gris o azul
- * Precio unitario aproximado de Q.100.00



- * Gafa certificada contra impactos
alta velocidad baja energía.
- * Fabricada en policarbonato incoloro con varillas del mismo material en forma de espátula.
- * Con una visión panorámica.
- * Recomendada para trabajos con peligro de impacto de partículas en zona ocular.
- * Puede usarse con o SIN gafas graduadas. También utilizada como gafas de visita.
- * Precio unitario de Q.30.00


APENDICE C

DISTRIBUCIÓN DE LOS CILINDROS EN EL AREA DE TRABAJO



APÈNDICE D

FORMATO PARA ANOTAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MEDICIÓN DEL ESPESOR DE LÁMINA DE UN CILINDRO

ENSAYO DE ESPESOR DE LÁMINA			
MEDICIÓN	CASQUETE SUPERIOR	CASQUETE INFERIOR	ESPESOR
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
PROMEDIO			
OBSERVACIONES:			
Firma: _____			
Encargado del laboratorio			

ANEXOS

ANEXO 1.

TABLA 1 DE LA NORMA IEC 410 Ó NORMA ISO 2859-1

Table 1
Simple size code letters (Sec. 9.2 and 9.3)

Lot or batch size	Special inspection levels				General inspection levels		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2 to 8	A	A	A	A	A	A	B
9 to 15	A	A	A	A	A	B	C
16 to 25	A	A	B	B	B	C	D
26 to 50	A	B	B	C	C	D	E
51 to 90	B	B	C	C	C	E	F
91 to 150	B	B	C	D	D	F	G
151 to 280	B	C	D	E	E	G	H
281 to 500	B	C	D	E	F	H	J
501 to 1200	C	C	E	F	G	J	K
1201 to 3200	C	D	E	G	H	K	L
3201 to 10000	C	D	F	G	J	L	M
10001 to 35000	C	D	F	H	K	M	N
35001 to 150000	D	E	G	J	L	N	P
150001 to 500000	D	E	G	J	M	P	Q
500001 and over	D	E	H	K	N	Q	R


Se mantiene el idioma inglés en la tabla por ser utilizada como referencia.


Table II-A --- Single sampling plans for normal inspection (Master table)

(Sec. 9.4 and 9.5)

Sample size letter	Acceptable Quality Level (normal inspection)																											
	0.010	0.015	0.025	0.040	0.065	0.10	0.15	0.25	0.40	0.65	1.0	1.5	2.5	4.0	6.5	10	15	25	40	65	100	150	250	400	650	1000		
A	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
B	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
C	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
D	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
E	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
F	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
G	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
H	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
J	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
K	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
L	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
M	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
N	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
P	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
Q	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
R	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re

A continuación podemos apreciar la simbología utilizada para el uso de la tabla:

 = Use first sampling plan below arrow. If sample size equals or exceeds lot or batch size, do 100 percent inspection.

 = Use first sampling plan above arrow.

Ac = Acceptance number.

Re = Rejection number.

Acceptance number = Número de aceptación

Rejection number = Número de rechazo