



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

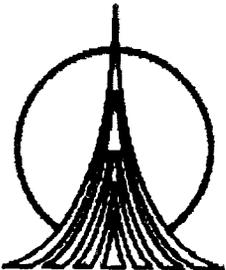
---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA  
PARA EL REGISTRO, ANÁLISIS Y PROGRAMACIÓN DE  
LA MEDICIÓN PREVENTIVA DE ESPESORES, EN LA  
SECCIÓN DE CARGA DE UNA PLANTA FCC”

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**I N G E N I E R O Q U I M I C O**  
P R E S E N T A  
**M A R T Í N H E R N Á N D E Z J I M É N E Z**



MÉXICO, D. F.

2006



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
\*ZARAGOZA\*

CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA

ASUNTO: Revisión Oficial del  
Trabajo de Tesis

AL JEFE DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA  
P R E S E N T E

Por medio del presente, hacemos de su conocimiento la aprobación al trabajo recepcional, desarrollado bajo mi asesoría por parte del alumno (a):

**HERNANDEZ JIMENEZ MARTIN**

pasante de la carrera de Ingeniería Química, bajo el título:

PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PARA EL REGISTRO, ANALISIS Y PROGRAMACION DE LA MEDICION PREVENTIVA DE ESPESORES, EN LA SECCION DE CARGA DE UNA PLANTA FCC

A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

México D. F. a 14 de noviembre de 2005

Vo. Bo

Dr. MODESTO JAVIER CRUZ GOMEZ

Nombre y firma del Asesor del  
Trabajo Escrito

M. en C. ANDRES AQUINO CANCHOLA  
JEFE DE LA CARRERA

SECRETARIA DE INGENIERIA QUIMICA

c. c. p. Unidad de Administración Escolar  
c. c. p. Interesado

NOTA: La impresión definitiva del trabajo, no se podrá efectuar hasta obtenida la aprobación por parte de los Sinodales para Examen Profesional.

*Dedicatorias y agradecimientos.*



*Con todo el agradecimiento y dedicación de mi ser, hacia mis padres, sin escatimar esfuerzo alguno han logrado sacarme adelante en mi educación y formación profesional.*

*Siempre fueron para mí un ejemplo a seguir durante mis estudios, a pesar de las adversidades ante la vida jamás se dejaron abatir, mirando siempre hacia al frente y permaneciendo juntos, inculcándome valores y seguir adelante.*

*Flazohcamati miac tala, nanatzi, quema otechpalehuique.*

*Axca onictlami nin cualli olli (Ixllamatque), no yolo faqui miac quema nomechtlazohlla.*

*Gracias Dr. Javier Cruz, por brindarme su apoyo y alcanzar uno de mis objetivos y compartirnos su experiencia.*

*A mis hermanos y hermanas*

*Gracias por su apoyo y cariño esta meta también es de ustedes.*

*A ti Regino Melchor*

*Flazohcamati miac, por ser parte de mi educación, gracias por aquellas lecturas que me narrabas de niño, fueron para mí una ventana a la curiosidad al saber.*



*A ti Elizabeth de la Vega*

*Que también formas parte de mi dedicación, por tu amistad noble y sincera.*

*Gracias a la UNAM*

*Por cobijarnos en su casa ante la ignorancia, que cada día el sistema político de este país trata de cerrar las puertas para aquellos de bajos recursos.*

*Agradecimiento a todos mis compañeros de la universidad por la unidad y amistad que siempre tuvieron con migo.*

*A ti amigo Gilberto que siempre me dabas animo en los momentos difíciles en tu travesía por la F.C.P. J.A.P.A.G.O.Z.A.*






---

 ÍNDICE

## ABREVIATURAS

I

Pág.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

I.1	GENERALIDADES.	1
I.2	OBJETIVO.	5
I.3	HIPÓTESIS.	5
I.4	METODOLOGÍA.	6
I.5	JUSTIFICACIÓN Y PROBLEMAS A RESOLVER.	7

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

II.1	GENERALIDADES.	9
II.2	CORROSIÓN.	10
II.3	MANTENIMIENTO.	13
II.4	INSPECCIÓN CON PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS.	14
II.5	ULTRASONIDO.	22
II.6	MEDICIÓN DE ESPESORES.	30
II.7	PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO, ANÁLISIS Y PROGRAMACIÓN DE LA MEDICIÓN PREVENTIVA DE ESPESORES EN UNA REFINERÍA	32
II.8	FIGURAS DE MEDICIÓN DE ESPESORES EN LÍNEAS Y EQUIPO.	52

## CAPÍTULO III. TRABAJO EN CAMPO

PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PARA EL REGISTRO, ANALISIS Y PROGRAMACION DE LA MEDICION PREVENTIVA DE ESPESORES, EN LA SECCIÓN DE CARGA DE UNA PLANTA FCC.

III.1	INTRODUCCIÓN.	56
III.2	MEDICIÓN DE ESPESORES EN UNA REFINERÍA.	59
III.3	PROCEDIMIENTO EJECUTADO POR EL INGENIERO DE INSPECCIÓN.	59
III.4	COLOCACIÓN DE EQUIPO DE MEDICIÓN Y EQUIPO DE SEGURIDAD.	60
III.5	CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN ULTRASÓNICO.	60
III.6	TEMPERATURA DE MEDICIÓN ULTRASÓNICA.	61
III.7	PUNTOS DE MEDICIÓN EN UN ISOMÉTRICO.	61
III.8	MEDICIÓN Y REGISTRO.	62
III.9	REALIZACIÓN DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS.	63
III.10	ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA MENSUAL Y ANUAL DE INSPECCIÓN.	63
III.11	COMPONENTES DEL SISTEMA DE MEDICIÓN Y REGISTRO PROPUESTO POR LA UNAM (SIMECELE).	66

---



---

III.12	CAPTURA DE BASE DE DATOS, PARA LA MEDICIÓN DE ESPESORES.	68
III.13	DIGITALIZACIÓN DE ISOMÉTRICOS.	76
III.14	GENERACIÓN DE REPORTES CON EL SISTEMA SIMECELE.	80
III.15	SECCIÓN DE APLICACIÓN DEL SIMECELE.	81
III.16	GENERALIDADES DE LA PLANTA DE REFINACIÓN FCC AREA 4.	81
III 17	SECCIÓN CATALÍTICA.	82
III.18	PREPARACIÓN DE CARGA.	85
III.19	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA SECCIÓN CATALÍTICA FCC.	86
III.20	DIAGRAMA DE CIRCUITO DE CARGA.	87
III.21	SECUENCIA POR EL SISTEMA (SIMECELE) PROPUESTO POR LA UNAM.	88
III.22	APLICACIÓN DEL SIMECELE EN LA U C.12-01.	96

#### **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y CONCLUSIONES**

IV.1	FORMATOS IMPRESOS POR EL SISTEMA SIMECELE.	100
IV.2	ANÁLISIS DE RESULTADOS.	120
IV.3	CUADRO COMPARATIVO EN EL PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y REGISTRO DE ESPESORES EN UNA REFINERÍA Y EL SIMECELE.	122
IV.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DELA PROPUESTA DE LA IMPLEMENTACIÓN.	123
IV.5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	124
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.	125
	BIBLIOGRAFÍA.	126
	ANEXOS.	128
	GLOSARIO.	138

---



---

**ABREVIATURAS**

- **ASME.**-Siglas en inglés de: American Society of Mechanical Engineers. (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
- **API.**-Siglas en inglés de: American Petroleum Institute. (Instituto Americano del Petróleo).
- **EA.**-Espesor anterior.
- **END.**-Ensayos no destructivos.
- **ER.**-Espesor más reciente.
- **FCC.**-Sigla en inglés de Fluid Catalytic Cracking. Planta de Desintegración Catalítica de lecho Fluidizado
- **FPME.**-Fecha de próxima medición de espesor.
- **FA.**-Fecha de medición anterior.
- **FR.**-Fecha de medición reciente.
- **FRP.**-Fecha de retiro probable.
- **Ing.**-Ingeniero.
- **Med.**-Medición.
- **MPA.**-Mili pulgadas por año.
- **PEMEX.**-Petróleos Mexicanos.
- **SIMECELE.**-Sistema Informático de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos.
- **U. C.**-Unidad de control.
- **UI.**-Ultrasonido industrial.
- **VUE.**-Vida útil estimada.

# CAPÍTULO I.

# INTRODUCCIÓN



---

## I.1 GENERALIDADES<sup>1, 3,8</sup>

Una de las preocupaciones mas frecuentes en diferentes ramos de la industria, es el problema de la corrosión, efecto que ataca a la mayoría de los metales y debilita su estructura, incluso este fenómeno llega a poner en riesgo a sistemas completos de producción como es el caso de la industria química y petrolera.

En el transporte de hidrocarburos líquidos o gaseosos derivados del petróleo a través de un sistema de tuberías, implica realizar operaciones de riesgo, por el carácter inflamable y/o explosivo que tienen estas sustancias.

Una forma de minimizar incidentes y/o accidentes causados en ocasiones por el fenómeno de la corrosión durante el proceso de transporte o almacenamiento en una instalación de refinación de petróleo es: la realización de las actividades de mantenimiento.

Dentro de las actividades de mantenimiento se realiza un procedimiento inspección.

El objetivo de esta inspección es: identificar y dimensionar a detalle los daños por la continua operación, fatiga, desgaste, daños mecánicos, y el comportamiento de los componentes principales, al transportar o almacenar un fluido corrosivo.



En la inspección de tuberías o equipos dentro de una planta de refinación de petróleo, se realiza un procedimiento de medición de espesores.<sup>11</sup>

Esta inspección, se puede facilitar utilizando ensayos no destructivos para la medición de espesores (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros).

De acuerdo a las ventajas del ultrasonido (Cap. II) que proporciona un registro y un valor cuantificable y fácil uso. Así como también con base a la experiencia de los ingenieros (de la refinería).

Se recomienda la medición de espesores por ultrasonido, trabajo que se lleva a cabo específicamente en el área de inspección y seguridad de la refinería.

En la UNAM, Facultad de Química, en algunas actividades que ahí se realizan y participa. Relacionadas con la investigación y el desarrollo tecnológico, se ha enfocado en trabajar con esta empresa (PEMEX), en el análisis de la reducción de la frecuencia con la que ocurren accidentes y/o incidentes dentro de sus instalaciones, a través de la impartición de cursos (análisis de riesgos de proceso, actualización de diagramas técnicos de sus plantas, etc.).



Actualmente se esta trabajando con el proyecto titulado (SIMECELE) Sistema Informático de Medición y control de Espesores en Líneas y Equipos.

Tiene como objetivo global: participar en la mejora del registro, en la medición de espesores en líneas y equipos. Para la prevención de accidentes en las instalaciones de una planta de refinación de petróleo, causado por el desgaste o corrosión, mediante la aplicación del (SIMECELE) y equipo tecnológico (hardware). Figura (I.1 a, b, c), como herramientas para el registro de espesores.

El sistema esta integrado por los siguientes componentes a través del software y equipo (hardware).

Software:

1. Base de datos históricos.
2. Isométricos digitales.

Para generar reportes de resultados en formatos establecidos propios de la refinería.

Equipo (hardware) de medición y registro:



Figura (a)



Figura (b)

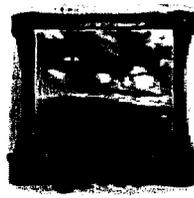


Figura (c)

Figura (I.1a) Medidor de espesores ultrasónico DMS. (I.1b) Palpador de cuarzo. (I.1c) Tablet Pc modelo tr 3000.



---

El medidor ultrasónico DMS 2: es un medidor de espesor con aplicaciones en tuberías, recipientes, torres, tanques y otros equipos sujetos a pérdidas de espesor. Tiene la habilidad de crear un archivo de datos para contener más de 150 lecturas de espesor y fácil portación.

### **Tablet Pc**

Tiene un procesador de gran capacidad (Intel PIII 40 GB en disco duro ,933 MHz). Es una PC con todas las funciones de una notebook, que corre en la plataforma de Windows XP, desarrollado a partir del sistema operativo "Windows XP Professional". En La Tablet contiene el software para el registro de las mediciones de espesor, base de datos históricos e isométricos digitales. Incluye una pluma digital que puede utilizar para controlar la computadora y para ingresar texto escrito a mano.

### **Palpador**

Palpador de contacto. El cual contiene un transductor de cuarzo, se coloca directamente en la superficie de prueba aplicando un medio de acoplamiento (agua, aceite, grasa, etc.) para realizar la medición ultrasónica.

### **Software**

El Software del sistema SIMECELE, fue desarrollado por el equipo de programación de la UNAM, y fue elaborado mediante Visual Basic. Net, bajo la plataforma de Windows XP.

---



Este software fue desarrollado por el equipo de programación, motivo por el cual no se describe detalladamente en la presente tesis por ser una información confidencial esperando su comprensión).

A partir de este proyecto SIMECELE se toma parte como plan de trabajo, a la presente tesis, titulada: **"PROPUESTA DE IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PARA EL REGISTRO, ANÁLISIS Y PROGRAMACIÓN DE LA MEDICIÓN PREVENTIVA DE ESPESORES, EN LA SECCIÓN DE CARGA DE UNA PLANTA FCC"**.

Cabe aclarar que la sección de carga es esta compuesta por varios Km. de tubería y a causa de limitantes por parte de la refinería (poco personal y seguridad de uno mismo), solo se tomo una pequeña sección (U.C 12-01).

## **I.2 OBJETIVO**

1. Evaluar ventajas y desventajas del sistema SIMECELE en el registro, análisis y programación de la medición preventiva de espesores en un tramo de tubería.

## **I.3 HIPÓTESIS**

Si se realiza la comparación del procedimiento de registro en la medición de espesores de la refinería y el propuesto por la UNAM (SIMECELE), mediante la aplicación en una sección de tubería en una planta de refinación de petróleo (carga), se conocerá las ventajas o desventajas de este sistema, en el registro de la medición de espesores.



---

#### I.4 METODOLOGÍA

El sistema que lleva por nombre SIMECELE cuyos componentes ya fueron mencionados (hardware y software). Para efectuar el registro y tener datos claros y confiables en el momento de la impresión de resultados se tuvo que realizar las siguientes actividades:

- Captura de una base de datos históricos
- Digitalización de isométricos

Para que en el momento de la aplicación se pueda tener una:

- Visualización del punto de calibración en un isométrico digital.
- registro de espesor de líneas de tubería y equipo con el sistema de medición SIMECELE.
- Impresión de resultados adecuados a sus formatos de reporte.

Y así poder visualizar la aplicación durante el registro de medición de espesores para el objetivo planteado.

Para tener la información de datos históricos e isométricos para digitalizarlos, se contó con el apoyo de personal técnico de la planta FCC en el departamento de inspección y seguridad.



---

### I.5 JUSTIFICACIÓN Y PROBLEMAS A RESOLVER

Es de vital importancia para cualquier empresa química la prevención de accidentes por el fenómeno de la corrosión que causa el desgaste y deterioro físico en las instalaciones de plantas que manejan o elaboran productos químicos, así como también contar con información oportuna clara y disponible de las inspecciones en la medición de espesores en sus instalaciones en el momento que se solicite. Evitando problemas como los que se mencionan a continuación:

- Búsqueda de archivos. (Isométricos en carpetas).
- Isométricos en ocasiones no legibles o no actualizados problemática para el Ing. de inspección.
- Dictado de valores en campo (mala interpretación).
- Transcripción inadecuada de lecturas de la medición para el análisis estadístico (tiempo de inversión 4 Hrs.).

Si se llegara a aceptar la propuesta (SIMECELE), estará disponible las 24 horas del día en la red interna (intranet) de la planta de refinación, para personal autorizado a través del SIDTI y con ayuda del personal de programación del SIMECELE.



El SIDTI (Sistema de Información de los Diagramas Técnicos e Industriales), este sistema tiene su origen en el convenio desarrollado por UNAM-PEMEX. Se encuentra en el servidor de páginas WEB de la unidad de informática de la Refinería "Gral. Lázaro Cárdenas" de Minatitlán Veracruz.

El SIDTI se localiza mediante la siguiente dirección:

<http://143.102.2.50/SIDTI/catalogo.asp>

El cual es únicamente accesible si esta conectado a la red de PEMEX<sup>14</sup>.

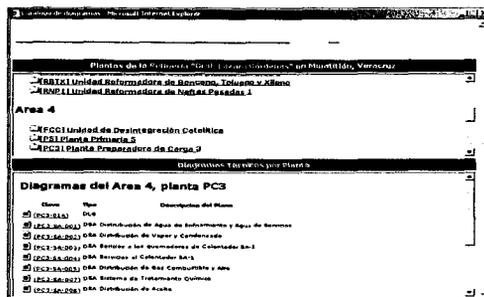


Figura (I.2) Catalogo de áreas de una refinería.

**CAPÍTULO II.**

**MARCO TEÓRICO**



---

## II. I GENERALIDADES <sup>1,2</sup>

Una de las preocupaciones mas frecuentes en diferentes ramos de la industria, es el problema de la corrosión, efecto que ataca a la mayoría de los metales y debilita su estructura, incluso este fenómeno llega a poner en riesgo a sistemas completos de producción, como es el caso de la industria química y petrolera.

Debido a la gran variedad de industrias presentes en el sector químico, el impacto ambiental puede tener diferentes grados y características. Ahora bien, es evidente que su primera manifestación es la fuga de un gas o de un líquido.

Las consecuencias de esta fuga dependerán de las propiedades del fluido.

En ocasiones puede formarse una nube, dependiendo de las condiciones hidrodinámicas de la fuga, que si es inflamable producirá probablemente una explosión. Y si es tóxica y de densidad parecida o superior a la del aire puede tener consecuencias graves para la población en cercanía.

Las diferentes posibilidades han sido esquematizadas en forma simplificada, en la Figura (II.1).

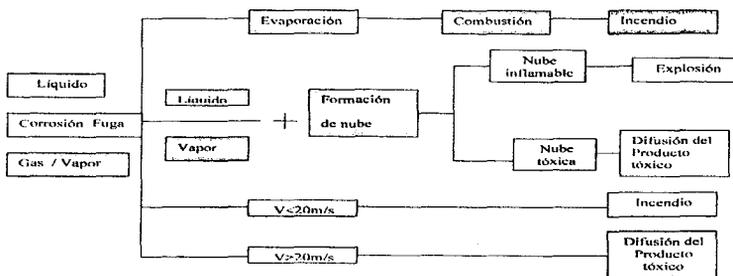


Figura (II.1) Efectos de la corrosión sobre el ambiente.

## II.2 CORROSIÓN<sup>3</sup>

El especialista define a la corrosión como un proceso espontáneo que se presenta en los metales al entrar en contacto con el aire, agua u otros elementos. Lo que hace el oxido es volver al estado natural a los metales; por ejemplo, al acero lo trasforma en oxido ferroso, que es como se encuentra en el estado mineral.

### Reacción de corrosión



### Tipos de corrosión

Se clasifican de acuerdo a la apariencia del metal corroído, dentro de las más comunes están:

**Corrosión uniforme:** Donde la corrosión química o electroquímica actúa uniformemente sobre toda la superficie del metal (picadura o ambiental).



**Corrosión galvánica:** Ocurre cuando metales diferentes se encuentran en contacto, ambos metales poseen potenciales eléctricos diferentes lo cual favorece la aparición de un metal como ánodo y otro como cátodo, a mayor diferencia de potencial el material con mas activo será el ánodo.

**Corrosión por picaduras:** Aquí se producen hoyos o agujeros por agentes químicos.

**Corrosión por esfuerzo:** Se refiere a las tensiones internas luego de una deformación en frío. A temperaturas elevadas y presión parcial de hidrógeno alta, el hidrogeno penetra el acero al carbono, reaccionando con el carbón del acero para formar metano. La presión generada causa una perdida de ductilidad (fragilización por hidrógeno, "hydrogen embrittlement") y fallos por rotura o fisura; Figura II.2 a y b, respectivamente, o formación de burbujas en el acero. La eliminación de carbono del acero provoca el descenso de la resistencia del acero.



Figura (II.2a) Fragilización por hidrógeno. Figura (II.2b) Fisura de tubería.



**Corrosión intergranular:** Es la que se encuentra localizada en los límites de grano, esto origina pérdidas en la resistencia que desintegran los bordes de los granos. Los límites de grano son zonas de alta energía debido a la gran proporción de dislocaciones en la estructura natural del material. Este ataque es muy común en algunos aceros inoxidables y aleaciones de níquel.

### Corrosión en tuberías

Tuberías de acero: una tubería de acero desde un punto de vista microscópico presenta una configuración similar a la Figura. (II.3a y b) granulada cada uno de estos granos de acuerdo al proceso de fabricación y calidad del material se comporta como un electrodo con una tendencia anódica o catódica específica.

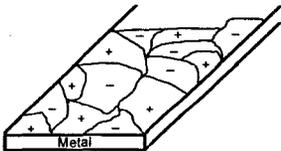


Fig. (II.3a) Estructura granular de tubería. Fig. (II.3b) Tubería de acero.

Independientemente del tipo de corrosión que se presente los daños que causa son:

- Efectos indeseables en equipos, tuberías y maquinaria.
- Inversiones en mantenimiento.
- Paro de proceso.
- Daños al ambiente.



---

### **II.3 MANTENIMIENTO<sup>4</sup>**

El mantenimiento tiene el objetivo de mantener en óptimas condiciones y en buen estado la integridad mecánica de las instalaciones de una refinería. Con la finalidad de mejorar y optimizar el mantenimiento en los sistemas de tuberías, existen los siguientes tipos de mantenimiento.

#### **Mantenimiento predictivo**

Las actividades predictivas proporcionan información de las condiciones físicas que permiten conocer cualquier situación de riesgo en un equipo, línea de tubería, de una instalación.

#### **Mantenimiento preventivo**

Acción que se aplica para evitar que ocurran fallas (previene), manteniendo en buenas condiciones y en servicio continuo todos los elementos que integran un sistema de tuberías de transporte

#### **Mantenimiento correctivo**

Es aquel que se ocupa de la reparación una vez se ha producido el fallo y el paro súbito de la máquina o instalación.

Dentro de las actividades del mantenimiento predictivo se realiza una un procedimiento inspección



El objetivo de esta inspección es identificar y dimensionar a detalle los daños por la continua operación, fatiga, desgaste, daños mecánicos y el comportamiento de los componentes principales

Esta inspección se puede llevar a cabo utilizando ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)

#### **II.4 INSPECCIÓN CON PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS<sup>5</sup>**

##### **Partículas magnéticas**

La inspección por "Partículas Magnéticas" permite detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos excepto los aceros austeníticos (acero comercial). Se selecciona usualmente cuando se requiere una inspección más rápida que con los líquidos penetrantes.

El área que va a examinarse debe estar libre de polvo, grasa, aceite u otra materia extraña y tener una superficie regular, por esto, es común esmerilar según se requiera.

El principio del método es la formación de distorsiones del campo magnético o de polos cuando se genera o se induce un campo magnético en un material ferromagnético; es decir, cuando la pieza presenta una zona en la que existen discontinuidades perpendiculares a las líneas del campo magnético, éste se deforma o produce polos.



Las distorsiones o polos atraen a las partículas magnéticas, que fueron aplicadas en forma de polvo o suspensión en la superficie sujeta a inspección y que por acumulación producen las indicaciones que se observan visualmente de manera directa o bajo luz ultravioleta. La figura (II.4) muestra el principio del método por partículas magnéticas.

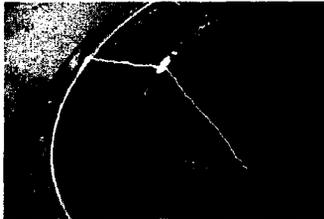


Figura (II.4) Inspección por partículas magnéticas.

#### **Ventajas de las partículas magnéticas.**

Con respecto a la inspección por líquidos penetrantes, este método tiene las siguientes ventajas:

- Requiere de un menor grado de limpieza.
- Generalmente es un método más rápido y económico.
- Puede revelar discontinuidades que no afloran a la superficie.
- Tiene una mayor cantidad de alternativas

#### **Limitaciones de las partículas magnéticas.**

- Son aplicables sólo en materiales ferromagnéticos.
- No tienen gran capacidad de penetración.



- El manejo del equipo en campo puede ser caro y lento.
- Generalmente requieren del empleo de energía eléctrica.
- Sólo detectan discontinuidades perpendiculares al campo.

### Líquidos penetrantes

La inspección por "Líquidos Penetrantes", es empleada para detectar e indicar discontinuidades que afloran a la superficie de los materiales examinados.

En términos generales, esta prueba consiste en aplicar un líquido coloreado o fluorescente a la superficie a examinar, penetrando en las discontinuidades del material, debido al fenómeno de capilaridad. Después de cierto tiempo, se remueve el exceso de penetrante y se aplica un revelador, el cual generalmente es un polvo blanco, que absorbe el líquido que ha penetrado en las discontinuidades y sobre la capa de revelador se delinea el contorno de ésta. Figura (II.5).

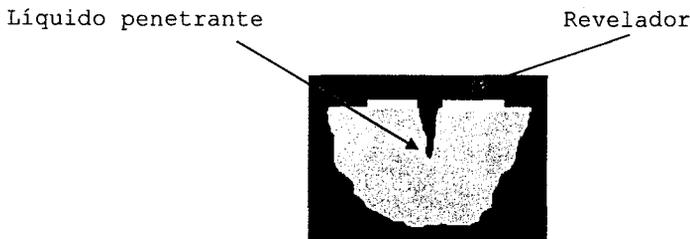


Figura (II.5) Líquido penetrante.



---

**Ventajas generales de los líquidos penetrantes.**

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

**Limitaciones generales de los líquidos penetrantes.**

- Sólo son aplicables a defectos superficiales y a materiales no porosos.
  - Se requiere de una buena limpieza previa a la inspección.
  - No se proporciona un registro permanente de la prueba no destructiva.
  - Los Inspectores deben tener amplia experiencia en el trabajo.
  - Una selección incorrecta de la combinación de revelador y penetrante puede ocasionar falta de sensibilidad en el método.
  - Es difícil quitarlo de roscas, ranuras, huecos escondidos y superficies ásperas.
-



---

## Radiografía

La inspección por (RI) "Radiografía Industrial". Se define como un procedimiento de inspección no destructivo de tipo físico, diseñado para detectar discontinuidades macroscópicas y variaciones en la estructura interna o configuración física de un material.

El principio físico en el que se basa esta técnica es la interacción entre la materia y la radiación electromagnética, siendo esta última de una longitud de onda muy corta y de alta energía.

Durante la exposición radiográfica, la energía de los rayos X o gamma es absorbida o atenuada al atravesar un material. Esta atenuación es proporcional a la densidad, espesor y configuración del material inspeccionado.

La radiación ionizante que logra traspasar el objeto puede ser registrada por medio de la impresión en una placa o papel fotosensible, que posteriormente se somete a un proceso de revelado para obtener la imagen del área inspeccionada; o bien, por medio de una pantalla fluorescente o un tubo de video, para después analizar su imagen en una pantalla de televisión o grabarla en una cinta de video. En términos generales, es un proceso similar a la fotografía, con la diferencia principal de que la radiografía emplea rayos X o rayos Gamma y no energía luminosa.



En la actualidad, dentro del campo de la industria existen dos técnicas comúnmente empleadas para la inspección radiográfica:

- Radiografía con rayos X.
- Radiografía con rayos gama.



Figura (II.6) Inspección radiográfica.

#### **Ventajas de la radiografía industrial.**

- Es un excelente medio de registro de inspección.
- Su uso se extiende a diversos materiales.
- Se obtiene una imagen visual del interior del material.
- Se obtiene un registro permanente de la inspección.
- Descubre los errores de fabricación y ayuda a establecer las acciones correctivas.

#### **Limitaciones de la radiografía industrial.**

- No es recomendable utilizarla en piezas de geometría complicada.
- No debe emplearse cuando la orientación de la radiación sobre el objeto sea inoperante, ya que no es posible obtener una definición correcta.
- La pieza de inspección debe tener acceso al menos por dos lados.

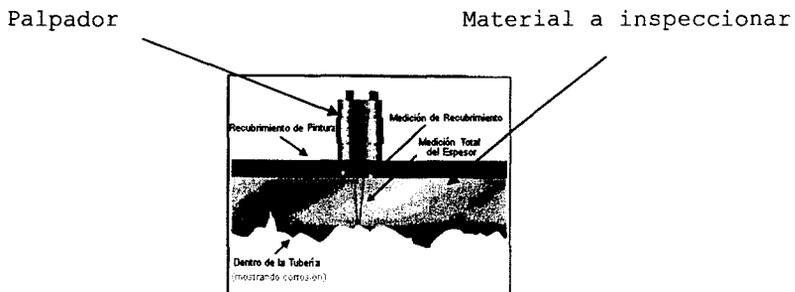


- Su empleo requiere el cumplimiento de estrictas medidas de seguridad.
- Requiere personal altamente capacitado, calificado y con experiencia.
- Requiere de instalaciones especiales como son: el área de exposición, equipo de seguridad y un cuarto oscuro para el proceso de revelado.

### Ultrasonido

Las ondas ultrasónicas son generadas por un cristal o un cerámico piezoeléctrico dentro de un palpador; este elemento, que llamaremos transductor, tiene la propiedad de transformar la energía eléctrica en energía mecánica y viceversa.

Al ser excitado eléctricamente, y por el efecto piezoeléctrico, el transductor vibra a altas frecuencias (lo que genera ultrasonido); estas vibraciones son transmitidas al material que se desea inspeccionar. (Figura II. 7).



(Figura II.7) Inspección ultrasónica (medición).



---

**Ventajas del ultrasonido industrial.**

- Se detectan discontinuidades superficiales y subsuperficiales.
- Puede delinearse claramente el tamaño de la discontinuidad, su localización y su orientación.
- Sólo se requiere acceso por un lado del material a inspeccionar.
- Tiene alta capacidad de penetración y los resultados de prueba son conocidos inmediatamente.

**Limitaciones del ultrasonido industrial.**

- Está limitado por la geometría, estructura interna, espesor y acabado superficial de los materiales sujetos a inspección.
- Las partes pequeñas o delgadas son difíciles de inspeccionar por este método.
- El equipo puede tener un costo elevado, que depende del nivel de sensibilidad y de sofisticación requerido.
- El personal debe estar calificado y generalmente requiere de mucho mayor entrenamiento y experiencia para este método que para cualquier otro de los métodos de inspección.
- La interpretación de las indicaciones requiere de mucho entrenamiento y experiencia de parte del operador.



---

Como el sistema que se esta proponiendo, es por el método ultrasónico para la medición de espesores, se dará una información mas detallada

## II.5 ULTRASONIDO <sup>6, 7,8</sup>

**Diferencia entre sonido y ultrasonido:** Son de la misma naturaleza, lo que la diferencia es su frecuencia.

Ondas sónicas: frecuencia entre 16 y 20000 ciclos por segundos.

Ondas ultrasónicas: frecuencias mucho mayores de 20000 ciclos por segundos. Para materiales metálicos: se opera entre 1 y 5 Mhz pero se pueden trabajar con frecuencias mucho mayores.

**Frecuencia:** con la elección de una mayor frecuencia se obtiene mayor posibilidad para la identificación de discontinuidades pequeñas, mayor longitud de campo cercano, mayor poder resolutivo, menor profundidad de penetración y mínima divergencia

Los equipos de ultrasonido que se emplean actualmente permiten detectar discontinuidades superficiales, subsuperficiales e internas, dependiendo del tipo de palpador utilizado y de las frecuencias que se seleccionen dentro de un ámbito de 0.25 hasta 25 MHz.

Mediante el ultrasonido y los procedimientos recomendados por ASME y API podemos determinar los espesores de las partes de equipos expuestos a corrosión, abrasión o desgaste.

---



---

Los principales parámetros que deben ser controlados en un sistema ultrasónico son:

**Sensibilidad.** Es la capacidad de un transductor para detectar discontinuidades pequeñas.

**Resolución.** Es la capacidad para separar dos señales cercanas en tiempo o profundidad.

**Frecuencia central.** Los transductores deben utilizar en su rango de frecuencia especificado para obtener una aplicación óptima.

**Atenuación del haz.** Es la pérdida de energía de una onda ultrasónica al desplazarse a través de un material. Las causas principales son la dispersión y la absorción.

### **Transductores**

Es el medio por el cual la energía eléctrica se convierte en energía mecánica (ondas sonoras) o viceversa. Opera debido al efecto piezoeléctrico, el cual consiste en que ciertos cristales cuando se tensionan, se polarizan eléctricamente y generan voltaje eléctrico entre las superficies opuestas. Esto es reversible en el sentido de que al aplicar un voltaje a través las caras de un cristal, se produce una deformación del mismo. Este efecto microscópico se origina por las propiedades de simetría de algunos cristales.

---



---

### **Materiales Piezoeléctricos**

**Cuarzo.** Se obtiene a partir de cristales naturales. Posee excelentes características estabilidad térmica, química y eléctrica. Es muy duro y resistente al desgaste así como al envejecimiento. Desafortunadamente, sufre interferencias en el modo de conversión y es el menos eficiente de los generadores de energía acústica. Requiere alto voltaje para su manejo a bajas frecuencias. Se debe emplear a temperaturas menores de 550 °C, pues por arriba de ésta pierde sus propiedades piezoeléctricas.

**Sulfato de litio.** Este material se considera como uno de los receptores más eficientes. Su ventaja principal en su facilidad de obtener una amortiguación acústica óptima lo que mejora el poder de resolución, no envejece y es poco afectado por la interferencia en el modo de conversión. Sus desventajas son que es muy frágil, soluble en agua y se debe emplear a temperaturas menores de 75 °C.

**Cerámicas polarizadas.** Se obtienen por sinterización y se polarizan durante el proceso de fabricación. Se consideran como los generadores más eficientes de energía ultrasónica cuando operan a bajos voltajes de excitación. Prácticamente no son afectados por la humedad y algunos pueden emplearse hasta temperaturas de 300 °C. Sus principales limitaciones son: resistencia mecánica relativamente baja, en algunos casos existe interferencia en el modo de conversión, presentan tendencia al envejecimiento. Además poseen menor dureza y resistencia al desgaste que el cuarzo.

---



**Características de los materiales usados como transductores en los palpadores**

Material	Eficiencia como transmisor	Eficiencia como receptor	Sensibilidad	Poder de resolución	Características mecánicas
Cuarzo	mala	mediana	escasa	optima	buena
Sulfato de litio	mediana	buena	buena	optima	Soluble en agua
Titanato de bario	buena	mediana	optima	mediana	frágil
Matanobiato de bario	buena	mediana	optima	optima	buena
Zirconato titanato de plomo	buena	mediana	optima	mediana	buena

Tabla (II.1) Características de los materiales piezoeléctricos.

**Elección del transductor**

**Clase de cristal** con la elección de cada clase de cristal se puede variar el poder resolutivo y la sensibilidad de los transductores.

**Diámetro de cristal:** entre mayor sea el diámetro del cristal se obtiene una mayor profundidad de penetración, asimismo una mayor longitud en un campo cercano y una menor divergencia.



**Materiales Piezoeléctricos**

Material	Ventajas	Desventaja
<b>Cuarzo</b>	<p>Posee excelentes características y estabilidad térmica, química y eléctrica. Es muy duro y resistente al desgaste, así como al envejecimiento</p>	<p>Sufre interferencias en el modo de conversión. Es el menos eficiente de los generadores de energía acústica. Requiere alto voltaje para su manejo a bajas frecuencias. Se emplea a bajas temperaturas menores de 550°C, arriba de esta pierde sus propiedades piezoeléctricas</p>
<b>Sulfato de Litio</b>	<p>Receptor mas eficiente facilidad de obtener una amortiguación acústica optima Mejor poder de resolución No envejece. Es poco afectado por la interferencia en el modo de conversión.</p>	<p>Es muy frágil. Soluble en agua. Se debe emplear a temperaturas menores de 75 °C</p>
<b>Cerámicas polarizadas</b>	<p>Se obtienen por sinterización y se polarizan durante el proceso de fabricación. Se consideran como los generadores más eficientes de energía ultrasónica cuando operan a bajos voltajes de excitación. Prácticamente no son afectados por la humedad algunos pueden emplear hasta temp. De 300°C</p>	<p>Resistencia mecánica relativamente baja. En algunos casos existen interferencias en el modo de conversión. Presentan tendencia al envejecimiento. Además poseen menor dureza Y resistencia al desgaste que el cuarzo</p>
<b>Titanato de bario</b>	<p>Es un buen emisor debido a su elevado modulo piezoeléctrico</p>	<p>Problemas de amortiguamiento y acoplamiento. Su empleo esta limitado a frecuencias menores de 15 MHz, debido a su baja resistencia mecánica y alta impedancia acústica, presenta interacción entre varios modos de vibración. La temperatura que trabaja es de 115-150°C</p>



<p><b>Metaniobato de bario</b></p>	<p>Presenta un modulo piezoeléctrico elevado lo que lo califica como buen emisor.                  Posee excelente estabilidad térmica, similar al cuarzo, lo que le permite ser empleado a altas temperaturas.                  Elevado coeficiente de amortiguación interna por lo que se considera como el mejor material para generar impulsos cortos</p>	<p>Presenta una baja frecuencia fundamental y una mala resistencia mecánica por lo que se aplica principalmente a frecuencias altas.                  Presenta interacción entre varios modos de vibración</p>
------------------------------------	---	--

Tabla (II.2) Ventajas y desventajas de los materiales piezoeléctricos.

Los cables del medidor ultrasónico son de tipo coaxial para prevenir problemas de interferencia eléctrica.

**Block de calibración**

Utilizando un block de referencia el cual cuenta con una discontinuidad artificial o natural de tamaño conocido, es posible calibrar el equipo y así calcular aproximadamente el tamaño de las discontinuidades detectadas

Figura (II.8).



1", 3/4", 1/2" ,1/4"

Figura (II.8) Patrón de calibración con distintos espesores.

Nota.

El block debe de tener las mismas propiedades físicas y químicas y de estructura del material a inspeccionar.



---

## **Acoplante**

Líquido más o menos viscoso que se utiliza para permitir el paso de las ondas del transductor a la pieza que se está examinando, ya que las frecuencias que se utilizan para materiales metálicos no se transmiten en el aire.

### **Características del líquido acoplante**

**Humectabilidad.** Capas de mejorar la superficie y el palpador), viscosidad adecuada, baja atenuación (que el sonido se transmita al 100%), bajo costo, removible, no tóxico no corrosivo, impedancia acústica adecuada.

### **Tipos de acoplantes**

- Agua.
- Aceite.
- Grasa.
- Glicerina.
- Vaselina.

En la inspección por ultrasonido. Las nuevas tendencias indican que su campo de aplicación se mejorará con el apoyo de las computadoras, para el análisis inmediato de la información obtenida en la medición de espesores. Figura (II.9a Sistema de administrador de datos del DMS 2, b, y c)

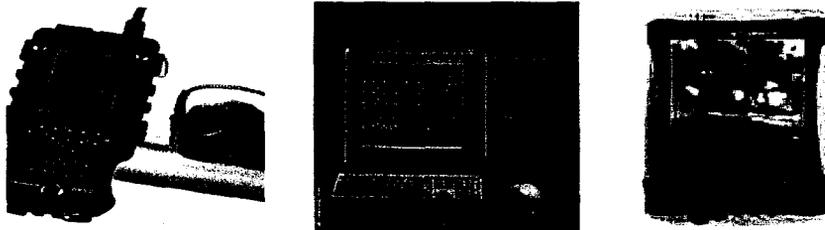


Figura (II.9a) DMS 2. Figura (II.9b) Comp. Personal. Figura (II.9c) Tablet Pc.

En el área de las computadoras cada día surgen nuevos equipos, uno de ellos es una computadora portátil llamada Tablet Pc modelo tr 3000. Tiene un procesador de gran capacidad Intel PIII 40 GB en disco duro (933 MHz) 640 MB en Ram con dos entradas USB<sup>9</sup>.

Es una Pc con todas las funciones de una notebook que corre en la plataforma de Windows XP. Incluye una pluma digital para controlar la computadora y para ingresar texto escrito a mano. Esta diseñada para soportar trabajos bajo la lluvia, polvo y temperaturas de funcionamiento extremas.

Es de peso ligero 1.5 Kg. Es una PC móvil recomendado para los usuarios que trabajan en ambientes alejados y exigentes.

Se hace mención de este equipo ya que es utilizada para el sistema a proponer como un accesorio mas para el registro en la medición de espesores.



---

## II.6 MEDICIÓN DE ESPESORES <sup>10</sup>

### **Tipos de medición**

Para Ensayos no Destructivos (END) en materiales y soldaduras:

- Radiografía Industrial.
- Ultrasonido.
- Partículas magnéticas.
- Líquidos penetrantes.

De acuerdo a las ventajas de la medición ultrasónica, en comparación con los otros ensayos no destructivos, se obtiene un registro permanente (valor numérico), en la medición, que es lo que le interesa a la refinería y una medición confiable, sin tener que estar limpiando las tuberías y exponer al personal a radiaciones que manejan otros métodos de medición.

### **Medición por ultrasonido.**

Este estudio o medición, sirve para poder detectar el espesor real de un equipo, o sistemas de tuberías (Figura II.10a y b), con el espesor real se pueden realizar los cálculos correspondientes para determinar si dicho material, aún nos servirá para el trabajo que deseamos, o si soportará la presión con el o los fluidos que va a conducir o contener. Evitando los siguientes riesgos:

- Deformaciones.
  - Fugas o fisuras.
  - Explosión.
-



Figura (II.10a) Medición ultrasónica  
en quipo.



Figura (II.10b) Sistema de  
tuberías

Se efectúa la medición de espesores de la tubería en instalaciones superficiales, con el fin de controlar el desgaste por corrosión. Estas mediciones deben efectuarse cada año, permitiendo elaborar una estadística de velocidades de desgaste y determinar la vida útil de las instalaciones.

La medición de espesores se debe realizar en los extremos y en el centro del tubo ubicando primeramente la posición del norte y entonces se enumeran las posiciones a medir en los cuatro cuadrantes (norte 1 sur2 este3 oeste4) de la tubería como mínimo, poniendo especial atención al radio interno y externo en accesorio de tubería (codos, tees y reducciones) donde el desgaste puede incrementar.

Para tener una idea mas clara, en como se lleva acabo un procedimiento, y lo que se tiene que realizar, se muestra a continuación, el siguiente procedimiento de una refinería de una manera mas precisa, y así tener una mejor comprensión del capítulo III.



---

## II.7 PROCEDIMIENTO PARA EL REGISTRO, ANÁLISIS Y PROGRAMACIÓN DE LA MEDICIÓN PREVENTIVA DE ESPESORES EN UNA REFINERÍA<sup>11</sup>

Procedimiento que establece las actividades necesarias para poder llevar a efecto la programación, el análisis y el control de la medición preventiva de espesores en los circuitos de tuberías en general, así como en equipos cilíndricos horizontales, verticales y esféricos, filtros, reactores, torres, acumuladores, tanques de almacenamiento, cambiadores de calor, etc., de las instalaciones de una refinería.

### **Generalidades**

Los trabajos de medición y los correspondientes análisis de la estadística, como se ha mencionado anteriormente, constituyen un proceso cíclico, ya que cada uno aporta los datos necesarios para la ejecución del siguiente, tal y como se describe a continuación

- Los datos obtenidos en la medición, se registran en un formato tipo DG-GPASI-IT-00204-2 (Anexo 1), en el que se recopila la información junto con la de anteriores mediciones. El conjunto de estos registros constituyen el "**Registro de medición de espesores**".
- Se analizan los datos registrados, obteniéndose la información de velocidad de desgaste estadístico, fechas de próxima medición y de retiro probable, con la cual se estima cuando deben reemplazarse las piezas de acuerdo a su vida útil.



---

Para este paso se utiliza el formato tipo DG-GPASI-IT-00204-3 (Anexo 2,) **"Análisis del registro de medición de espesores"**.

- Con la información obtenida del análisis, se procede a programar la siguiente medición de las líneas o equipos, asentando las fechas correspondientes en el formato tipo DG-GPASI-IT-00204-4 (Anexo 3), **"Programa de medición de espesores"**. cada mes se revisa esta programación y se seleccionan los dibujos e isométricos de las tuberías y equipos a los que se debe medir su espesor en ese mes.
  - Al llevar acabo en campo el programa de medición, se generan nuevos datos, los que al registrarse se consideran para repetir el nuevo ciclo.
  - La medición preventiva de espesores, es aplicable a cualquier equipo o línea, ya sea dentro de las instalaciones del centro de trabajo o fuera de el, y la información que proporciona (valores de espesores), es útil para conocer el estado en que se encuentran al momento de llevarla a cabo.
  - Una serie de mediciones realizadas en una pieza dada, al ser comparadas adecuadamente con las obtenidas en fechas diferentes, proporcionan información sobre el comportamiento de la pieza, en el ambiente y condiciones en que presta servicio. Las excepciones a la aplicación de este procedimiento, se mencionan continuación.
-



---

### Excepciones del procedimiento

- Las excepciones a la aplicación de este procedimiento, son aquellos equipos, que por sus características no pueden sujetarse a programas de medición de espesores independientes de sus fechas de reparación, tales como:
    - a. Tuberías de calentadores.
    - b. Fluxería de calderas.  
  
(Debido a que son inaccesibles, ya sea por que están dentro de un equipo o coraza)
    - c. Haces de tubos de cambiadores de calor y tubería de enfriadores con aire, los cuales normalmente son inspeccionados con otros métodos.
    - d. Accesorios internos de recipientes, tales como: platos de torres de destilación, ciclones en reactores, etc.
    - e. Ductos de transporte enterrados, los cuales por ser inaccesibles se inspeccionan normalmente con otros procedimientos.
    - f. Tuberías con envolventes (enchaquetadas). *En ocasiones las tuberías enchaquetadas carecen de perforaciones para la introducción del palpador del medidor ultrasónico)*
    - g. Reactores, regeneradores y ductos con recubrimiento refractario interno, en plantas catalíticas, plantas de azufre y coke.
-



➤ Así mismo, este procedimiento, no es representativo para los siguientes casos:

a'. Tuberías y equipos con corrosión puntual "pittings" (picadura), o localizada, o con desgaste muy irregular, como puede ser el producido por erosión. En estos casos, el presente procedimiento debe servir como un método auxiliar. (En este caso se recomienda partículas magnéticas o rayos X).

b'. Tuberías y equipos sujetos a corrosión intergranular, transgranular, fallas metalúrgicas, fallas por fatiga y otras formas de deterioro similares, en donde este procedimiento no es aplicable. (Se recomienda líquidos penetrantes).

### **Reglas del procedimiento**

Para definir aquellas tuberías y equipos en los cuales debe aplicarse en forma obligatoria este procedimiento, a continuación se señalan las siguientes reglas:

- Líneas y equipos que manejan o transportan hidrocarburos, productos químicos o petroquímicos y sustancias tóxicas o agresivas.
- Tanques y recipientes que almacenan hidrocarburos, productos químicos o petroquímicos y sustancias tóxicas o agresivas.

**Nota:** Queda a juicio del centro de trabajo el aplicar este procedimiento a líneas y equipos no incluidos en este inciso, cuando así lo considere necesario.



---

### **Reglas para equipos**

Cabe hacer notar que éstos por lo general, se encuentran sujetos a corrosión variable, por lo que las unidades de control en este caso pueden ser equipos enteros o partes de los mismos que presenten similares condiciones de corrosión.

Como reglas generales para seccionar los equipos en unidades de control, considerar los siguientes criterios:

**a.** Cuando en un recipiente, las velocidades de corrosión se puedan considerar homogéneas, o bien, éstas sean menores de 0.020" (milipulgadas) por año (equipos no críticos), se debe considerar como unidad de control el recipiente entero.

Es decir en un equipo se toman lecturas para el cuerpo y dos para capuchas con sus respectivos puntos de medición, si el desgaste es homogéneo tanto en el cuerpo como en las dos capuchas se documentan como una pieza entera (unidad de control), un solo reporte con una misma fecha de medición

**b.** En cambiadores de calor (haz de tubos), se considera dos unidades de control, cuerpo y carrete.

**c.** En cambiadores de calor (horquilla), se considera dos unidades de control, una para el conjunto de piezas que manejan el fluido frío y otra para las que manejan el fluido caliente.

**d.** En torres de destilación con velocidades de corrosión «críticas», deben seccionarse en tantos tramos como sea necesario-

---



---

para tener unidades de control con velocidades de corrosión homogénea, por ejemplo; en torres de destilación primaria, se considera la sección del fondo, la de entrada de carga, la intermedia superior y la del domo.

e. Los recipientes y torres con forro interior anticorrosivo (lining, clad u overlay, pinturas, refractarios, etc.) considerarlas como una sola unidad de control.

Cuando éste recubrimiento sea parcial, tomar dos unidades de control: zona protegida y zona sin protección.

f. En tanques de almacenamiento atmosférico, esferas y esferoides, considerar una unidad de control por anillo.

g. Puede haber recipientes horizontales o verticales con zonas donde se concentra la corrosión, por ejemplo: acumuladores donde hay zona líquida y zona de vapores, o bien, interfases donde por la elevada velocidad de corrosión en una de ellas, conviene dividir en varias unidades de control el equipo.

#### **Integración de la estadística de la medición preventiva.**

La estadística de medición de espesores de líneas y equipos, se integran de la manera siguiente:

- Se debe contar como inicio, con el censo de todas las unidades de control de los circuitos y equipos de la planta, unidad de proceso, o instalación.



- Los archivos con la estadística de medición de espesores se debe agrupar por planta, unidad de proceso, o instalación.
- Cada planta, unidad de proceso, o instalación, debe dividirse en circuitos individuales.
- Cada circuito debe dividirse en unidades de control, para cada unidad de control se debe contar con lo siguiente:
- Dibujo isométrico de la línea o dibujo del equipo, en donde se indiquen claramente soldaduras y puntos de medición, los cuales además deben tener datos de condiciones de operación, especificación del material, diámetro, cédula en su caso, espesor original y límite de retiro correspondiente.
- Hoja con el "Registro de medición de espesores" (formato tipo DG-GPASI-IT-00204-2) para cada uno de los dibujos.

En estos formatos se registran los espesores obtenidos.

- Hoja de "Análisis del registro de medición de espesores" (formato tipo DG-GPASI-IT-00204-3), con datos tales como: velocidad de desgaste, fecha de retiro probable y fecha de próxima medición.

#### **Preparativos para la medición de espesores**

- Programa general de medición de espesores.
- Se debe mantener actualizado un programa de medición, utilizando un formato "Programa de medición de espesores" DG-GPASI-IT-00204-4.



- En dicho programa, la fecha de próxima medición de espesores (FPME) se debe indicar con un cuadro de preferencia en rojo. Esta fecha (FPME) se determina como se indica más adelante y no podrá ser mayor de cinco años, aunque como resultado del análisis se determine una fecha mayor.
- En los casos en que la FPME quede fuera de las fechas contenidas en el formato de programación, se indicará con una flecha en el extremo derecho del mismo, arriba de la cual se debe anotar la fecha de próxima medición, como se indica en el formato "Programa de medición de espesores" DG-GPASI-IT-00204-1. Cuando el formato de programación quede totalmente lleno, deben vaciarse los últimos datos al formato subsiguiente que se elabore.
- El programa general de medición de espesores puede ser manejado mediante sistemas informáticos.
- Planeación de la medición de espesores.
- Cada mes se debe revisar el programa de medición, y por cada planta, unidad de proceso o instalación donde corresponda medir en ese lapso, se preparará un juego de isométricos y/o dibujos de equipo, mismo que debe usarse para localizar los niveles de medición. Esto constituirá el "Plan de medición de espesores".

**Criticidad de las unidades de control.**

- Las unidades de control críticas, son todas aquellas que tengan una velocidad de desgaste mayor de 20 MPA (milésimas de pulgada anual).



- Para establecer la velocidad de desgaste de una unidad de control, con objeto de determinar su criticidad, el análisis debe hacerse a partir de los valores de dos mediciones completas al 100% de sus puntos y dichas mediciones deben haberse efectuado con un intervalo mínimo de un año.
- La medición de todas las unidades de control, críticas o no críticas, debe efectuarse siempre al 100%, es decir, deben incluirse todos los puntos de control, cada vez que como resultado del análisis tengan que ser medidos los espesores de la línea o unidad de control de que se trate.
- La cantidad mínima aceptada de valores de espesor en una unidad de control, será de 32 (puntos de medición), para que el análisis estadístico resulte confiable.

#### **Medición.**

- Con el juego de dibujos ya preparado (isométricos), se procede a efectuar la medición en campo. (el equipo que se tiene actualmente en la refinería, es un medidor ultrasónico modelo DMS DA 302 con palpador de cuarzo.)

#### **Análisis preliminar de espesores**

- El análisis preliminar de los espesores medidos, debe efectuarse inmediatamente, de acuerdo a la siguiente secuencia:
- Verificar que la unidad de control haya sido medida de acuerdo a las instrucciones.



- Revisar cada una de las mediciones obtenidas comparándolas con el límite de retiro que corresponda y con el valor de la medición anterior, con objeto de comprobar si todos los puntos se comportan similarmente, efectuando la verificación inmediata de los valores "disparados" a favor o en contra, para así determinar la causa de dichos "disparos".
- Las señales dudosas o negativas en el aparato, deben investigarse para comprobar el buen funcionamiento de éste y así obtener los datos correctos.

#### **Análisis estadístico formal**

- El análisis estadístico formal, es el que se lleva a cabo matemáticamente, para obtener el desgaste máximo ajustado, vida útil estimada, fecha de próxima medición, y fecha de retiro probable, de una unidad de control.
- El responsable de inspección y seguridad, de inmediato debe realizar el análisis estadístico formal de las mediciones haciendo uso del formato "Análisis del registro de medición de espesores" DG-GPASI-IT-00204-3 y siguiendo la secuencia siguiente:
  - a. Discriminación de valores de espesores no significativos (en caso de disparos)
  - b. Determinación del origen de la desviación de los valores de espesor obtenidos respecto al promedio general. (En ocasiones las mediciones en campo son incorrectas equipo no calibrado inadecuada posición del palpador.



Lo que provoca un desajuste en sus cálculos al tomar una medida incorrecta y fuera del rango de espesor (engrosamientos).

c. Cálculo de las velocidades de desgaste por punto (d).

d. Cálculo del promedio de velocidad de desgaste de la unidad de control considerada. Efectuando el ajuste estadístico para obtener el promedio ajustado estadísticamente (D máx.).

Debido a que se tienen errores en una medición por muestras aleatorias o errores de medición, estos se minimizan al realizar el ajuste estadístico y así se obtiene un promedio ajustado, de acuerdo a la "Estadística": la desviación promedio no es una medida exacta por eso se precede al reajuste estadístico utilizando el promedio aritmético. Otro tipo de error es la posición incorrecta del palpador.

e. Selección del espesor mínimo actual. (Para realizar los cálculos estadísticos se toma en cuenta el espesor más bajo o mínimo de todas las lecturas tomadas para el cálculo de la vida útil estimada)

f. Obtención de la vida útil estimada (VUE), referida al espesor mínimo seleccionado.

g. Obtención de la fecha de próxima medición de espesores (FPME).

h. Obtención de la fecha de retiro probable (FRP).

Discriminación de valores no significativos.



- Se debe revisar el registro de mediciones, comparando las parejas de valores de espesor de cada uno de los puntos entre dos fechas consecutivas, eliminando aquellos que no sean significativos, para lo cual se debe observar lo siguiente:
- Se eliminarán todos los valores de espesor que excedan en 20% o más, al espesor original, cuando éste sea conocido y se considere confiable. (Cuando se conoce el espesor de pared de acuerdo al diámetro de la tubería a analizar y por experiencia del ingeniero de inspección, si se presenta un valor muy alto del espesor conocido, es desechado, por la sensibilidad útil de la tendencia central (ejemplo para el promedio de calificaciones se toma en cuenta del 5 al 10 pero si se tiene una calificación de 22 este se desechara ya que el resultado del promedio será afectado por este valor).

#### **Cálculo de las velocidades de desgaste por punto**

- Obtener las diferencias entre los valores obtenidos en las dos fechas consideradas, en cada una de las posiciones de medición de cada uno de los puntos de control (norte con norte, sur con sur, 1 con 1, 2 con 2, etc.) utilizando para ello el formato DG-GPASI-IT-00204-2

**Nota:** Para que sea aceptable el cálculo, debe haber transcurrido cuando menos un año entre una pareja de fechas de medición. Con fechas más cercanas se obtienen errores inadmisibles.



- En el análisis, se considera todas las parejas de valores de espesor, incluyendo aquellas cuyas diferencias sean "cero", ya sea por engrosamiento, o por que no exista desgaste.
- La **velocidad de desgaste** por punto debe calcularse de acuerdo a la siguiente formula:

$$d = \frac{EA-ER}{FR-FA}$$

Donde:

**d** = velocidad de desgaste del punto.

**FR** = fecha de la medición más reciente. (Es la división de cada mes entre el numero total de meses excluyendo a enero ya que toma el valor de cero: ejemplo 1/11 febrero, 2/11 marzo ....11/12).

**FA** = fecha de medición anterior.

**EA** = espesor obtenido en la fecha FA.

**ER** = espesor obtenido en la fecha FR.

- Los valores de desgaste por punto obtenidos, se anotan en la columna correspondiente del formato tipo DG-GPASI-IT-00204-2.



**Cálculo de la velocidad de desgaste promedio y de la velocidad máxima ajustada.**

Para calcular lo anterior, deben usarse las siguientes relaciones:

$$\bar{D} = \frac{d1 + d2 + d3 + \dots + dn}{n}$$

$$\bar{D} \text{ máx} = \bar{D} + 1.28 \frac{\bar{D}}{\sqrt{n}}$$

Donde:

**d1, d2, d3, ..., dn** = Velocidades de desgaste correspondientes a cada punto de la línea o equipo considerado.

**n** = Número de valores de velocidades de desgaste que intervienen en el cálculo.

$\bar{D}$  Promedio aritmético de las velocidades de desgaste.

**Dmáx.** = Promedio ajustado estadísticamente.

Este promedio de desgaste ajustado se anota en la columna "velocidad de desgaste" del formato tipo DG-GPASI-IT-00204-3.



---

**Determinación del origen de la desviación de los valores de espesores obtenidos, respecto al promedio general.**

- los análisis hechos con anterioridad indican variación en la velocidad de desgaste, se considera el siguiente criterio:
- El cambio sea en el sentido de aumentar la velocidad de desgaste, se toma en cuenta el valor obtenido en el último análisis.
- Cuando el cambio sea en el sentido de disminuir la velocidad de desgaste, se toma en cuenta el valor obtenido en el análisis anterior, hasta tener cuando menos dos análisis consecutivos que confirmen el cambio observado, en cuyo caso se procede al reajuste

Esto es cuando ya se tienen lecturas con fechas de mediciones anteriores el ingeniero de inspección se apoya de estos dos punto Debido a que en ocasiones las condiciones son severas (altas temperaturas, presión flujo) dentro de las tuberías o equipos reflejándose en el espesor interno del tubo se tomara un valor anterior (ultima fecha de medición) para calcular la velocidad de desgaste presente. Y cuando se tome la medición nuevamente y sucede que la velocidad de desgaste disminuye la velocidad de desgaste entonces se toma en cuenta el valor anterior

- Estos valores se comparan con las velocidades de desgaste puntuales ya asentadas en el formato tipo DG-GPASI-IT-00204-2, tomándose nota de aquellas velocidades de desgaste que sobrepasen apreciablemente.



- El valor promedio. Sin embargo, cabe aclarar que las fechas de próxima medición y fechas de retiro probables, se calculan con el valor de velocidad de desgaste obtenido en el análisis anterior, hasta comprobar la veracidad de la velocidad de desgaste última, si ésta es menor a la anterior.

En el caso de tenerse altas velocidades de desgaste y de que las mediciones efectuadas ya hubiesen sido ratificadas en campo, se debe proceder de acuerdo a lo siguiente:

a. Si la vida útil que se obtenga es menor o igual a 1.5 años, proceder a emplazar la pieza, línea o equipo según el caso de la unidad de control

b. El emplazamiento del equipo o pieza de tubería debe cumplirse dentro del plazo de 1.5 años como máximo.

c. No se deben aceptar prórrogas más allá de la "Fecha de Retiro" para cumplir con los emplazamientos

d. Si es el caso, se debe analizar mediante un estudio técnico, la factibilidad de realizar una reparación provisional, la cual solo podrá ser autorizada por la máxima autoridad del centro de trabajo, mediante una acta escrita, misma que debe archivar en el expediente correspondiente.

e. Si la vida útil obtenida resulta mayor de 1.5 años, debe procederse en la forma a los siguientes incisos

f. Si se tienen los mayores desgastes en puntos diseminados en diversas partes de la unidad de control, deben



analizarse estos puntos y de acuerdo al resultado programar la siguiente medición.

g. En el caso de que los mayores desgastes se encuentren localizados en ciertos puntos agrupados entre sí, se deben separar estos valores del análisis general de la unidad de control, analizando el resto por separado. Los puntos anormales se deben vigilar por separado, agrupándolos como una unidad de control independiente.

h. Conviene analizar materiales y cualquier situación que provoque anomalías en el flujo dentro de la línea como pueden ser: un directo (válvula de globo), un injerto, un cambio de dirección brusco, una reducción, etc.

#### **Determinación del mínimo espesor actual.**

Con el fin de contar con los datos necesarios para el cálculo de la "Vida Útil Estimada" (VUE), "Fecha de próxima medición" (FPME) y "Fecha de retiro probable" (FRP), se requiere seleccionar el punto que tenga el espesor más bajo en cada uno de los diferentes diámetros de las secciones que compongan la unidad de control. Dichos espesores se denominarán "ek" o (Eb) y la fecha de medición correspondiente "fk".

#### **Determinación de la Vida Útil Estimada (VUE), Fecha de Próxima Medición (FPME) y fecha de retiro probable (frp).**

- Esta determinación se debe hacer aplicando las siguientes relaciones:



$$VUE = \frac{EB}{D_{MAX}}$$

$$FPM = FR + \frac{VUE}{3}$$

$$FRP = FR + VUE$$

Donde:

**Lr** = Límite de retiro.

**EB** = Espesor mínimo encontrado en la última medición.

**ER** = Espesor mínimo remanente (EB-LR)

**FR** = Fecha de última medición.

- En caso de que el lapso entre la última medición y la fecha de próxima medición (FPME) sea menor de un año, el siguiente análisis se debe hacer comparando los datos que se obtengan en esta última fecha, con los datos de la medición anterior que corresponda, para que la diferencia de ambas sea de un año ó mayor.
- La fecha de próxima medición será aquella que resulte más cercana, de la calculada para los diferentes diámetros.



---

**Utilización de resultados asentados en el formato tipo DG-GPASI-IT-00204-4.**

Velocidad de desgaste.- Este resultado sirve para determinar lo siguiente:

- a. Criticidad de circuito
- b. Programas de pruebas a martillo en reparaciones.
- c. Determinación de vida útil estimada

Vida útil estimada (VUE).- Este resultado da una idea de cuándo es necesario solicitar los materiales requeridos para el cambio de las piezas de la unidad de control. Cuando este valor sea igual o inferior a 1.5 años, emplazar inmediatamente.

- Fecha de próxima medición de espesores (FPME).- Esta fecha sirve para programar la próxima medición de la unidad de control en el programa general
- Fecha de retiro probable (FRP).- Con base en esta fecha, se deben efectuar los emplazamientos, siempre y cuando para tal fecha falten por transcurrir 1.5 años o menos.

Nota: algunos criterios adicionales se mencionan en el: (Anexo4)



---

### **Responsabilidades**

Elaborar los programas de medición preventiva de espesores de las tuberías y los equipos.

Realizar la medición de los espesores de tuberías y equipos.

Analizar los resultados de la medición de espesores, registrar todos los datos correspondientes y llevar seguimiento.

Detectar oportunamente y emplazar las piezas de tubería, partes o equipos que deben ser sustituidos, solicitar su fabricación o adquisición y llevar seguimiento hasta su cambio.

### **De la entidad responsable del mantenimiento.**

Fabricar o adquirir las piezas o equipos que sean emplazados y efectuar su cambio sin exceder el plazo de 1.5 años.

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo.

Lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.



II.8 FIGURAS DE MEDICIÓN DE ESPESORES.

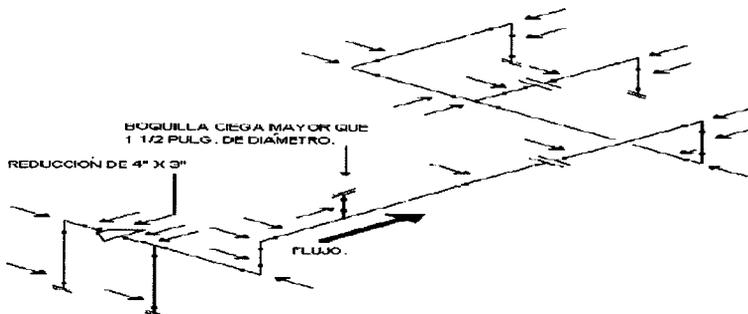


Figura (a) Medición de espesores en tuberías

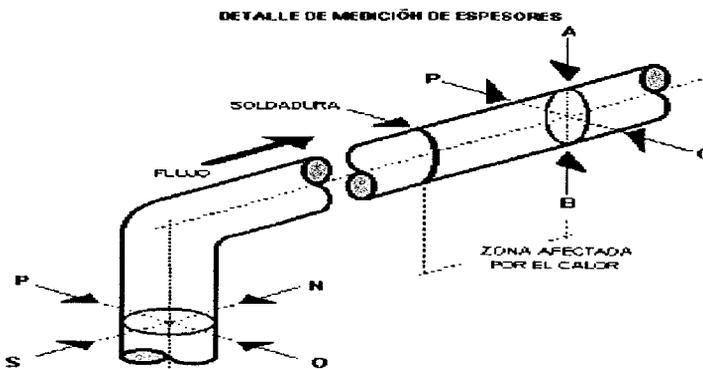
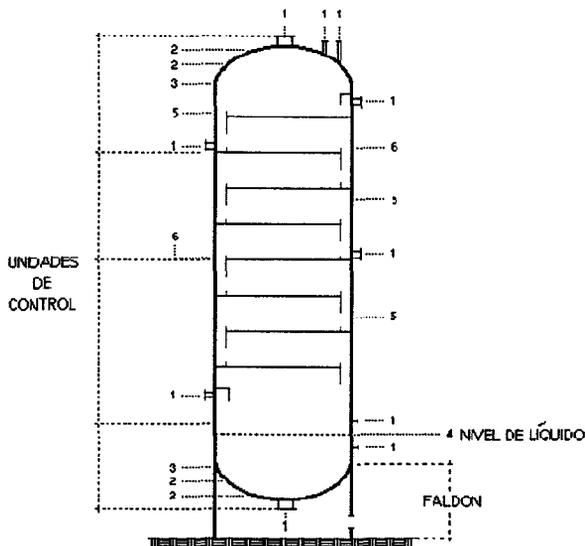


Figura (b) Detalle de medición en una tubería

Figura (II.11 a, b) Ejemplo de niveles de medición de espesores en tuberías.

Nota: todos los componentes de una línea, deben tener marcado sus niveles de medición de espesores con objeto de contar con datos de todas las piezas.



1.-	Bocuyllas y registros.	Un nivel con 4 posiciones.
2.-	Casquetes.	1 ó 2 niveles, de 4 a 32 posiciones cada uno, preferentemente en zona alrededor de bocuylla central. En el domo, preferentemente alrededor de salida de vapores.
3.-	Zona de Transición.	1 nivel cada uno con 4 a 32 posiciones (según diámetro).
4.-	Nivel de liq/ fondo.	1 nivel con 4 a 32 posiciones (según diámetro).
5.-	Cuerpo-zonas de vapores.	Los niveles que sean necesarios en zonas críticas, con 4 a 32 posiciones por nivel (según diámetro).
6.-	Cuerpo-zonas de líquido.	Los niveles que sean necesarios en zonas críticas, con 4 a 32 posiciones por nivel (según diámetro).

Notas.

A.- El número de puntos de medición por cada nivel debe estar en función del perímetro de la torre o recipiente, de acuerdo con la tabla 1.

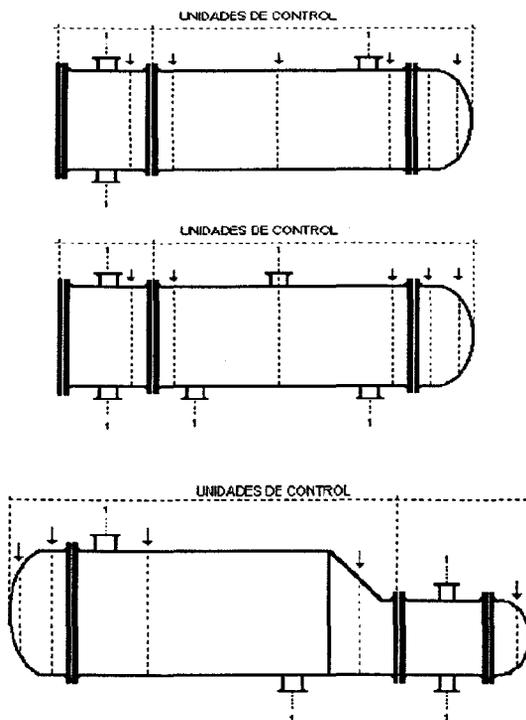
B.- Si el equipo completo o alguna de sus secciones tiene cladding, donde éste exista, los puntos de medición por nivel deben ser la mitad de los correspondientes al diámetro, de acuerdo con la tabla 1, pero en ningún caso menor de 4 puntos.

C.- En las secciones cónicas, se deben tomar los puntos de medición de espesor correspondientes al diámetro mayor de dicha sección.

Tabla 1. Número de puntos/perímetro.

DESDE		HASTA		PUNTOS POR NIVEL
cm	pulg.	cm	pulg.	
menor	menor	300	118	4
301	118.5	400	157	6
401	158	600	236	8
601	237	800	315	12
801	315.5	1200	472	16
1201	473	mayor	mayor	24

Figura (II.12) Ejemplo de medición de espesores en torres



1.-Boquilla. Un nivel de medición, con 4 posiciones cada uno.

¶=Nivel de medición. De 4 a 8 posiciones (según diámetro).

Nota: las mediciones de espesores de los carretes deben procesarse por separado, por ser unidades de control separadas

Figura (II.13) Ejemplo de medición de espesores en intercambiadores de calor tipo carcaza - haz de tubos.

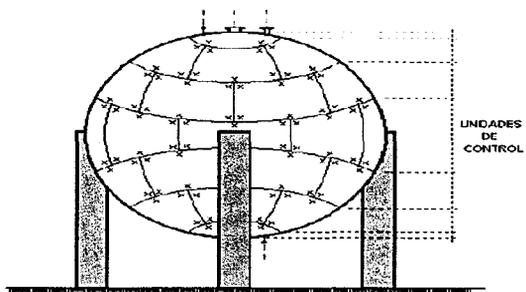


Figura (a)

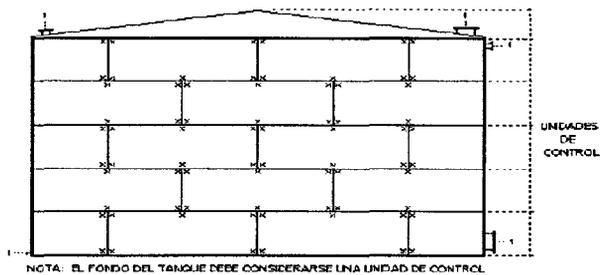


Figura (b)

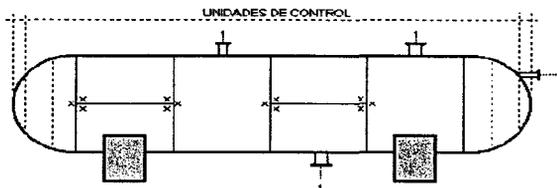


Figura (c)

Figura (II.14) Ejemplo de medición de espesores en tanque de almacenamiento. (a) Esférico, (b) Atmosférico, (c) Horizontal.

# CAPÍTULO III.

## TRABAJO EN CAMPO



### III.1 INTRODUCCIÓN

Debido a que las empresas de "Reaseguro" y Sistemas administrativos las cuales aconsejan o proponen metodologías para tener información ordenada y actualizada (administración de la información). Así como el cuidado de las instalaciones por programas de mantenimiento (integridad mecánica) para minimizar riesgos o accidentes que perjudique al personal, las instalaciones mismas o al ambiente <sup>12,13</sup>.

Con las tecnologías que existen en el mercado: medidores ultrasónicos y equipos de cómputo portátiles, así como la combinación con diferentes tipos de transductores (material piezoeléctrico).

En la industria es frecuente el empleo de equipos para la medición de espesores, detección de zonas de corrosión, en las aplicaciones de nuevos materiales como son: los metales, cerámicos y materiales compuestos. Se ha tenido una gran aceptación en las industrias, por lo sencillo y fácil de aplicar como método de inspección (parte de la integridad mecánica).

Las nuevas tendencias indican que su campo de aplicación se mejorará con el apoyo de las computadoras, para el análisis inmediato de la información obtenida.



Partiendo de estas premisas: apoyo en computadoras para el registro en la inspección en la medición de espesores.

En la UNAM, Facultad de Química, en algunas actividades que ahí se realiza y participa con convenios, con la empresa mexicana PEMEX relacionadas en el análisis de la reducción de la frecuencia con la que ocurren accidentes y/o incidentes dentro de sus instalaciones, a través de la impartición de cursos (análisis de riesgos de proceso, actualización de diagramas técnicos de sus plantas, etc.)

Como consecuencia, se tiene la propuesta de un sistema más específico que se llama (SIMECELE) relacionado con la medición preventiva de espesores en líneas y equipos de proceso, que es, parte del tema a la presente tesis: **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA REGISTRO, ANÁLISIS Y PROGRAMACIÓN DE LA MEDICIÓN PREVENTIVA DE ESPESORES, EN LA SECCIÓN DE CARGA DE UNA PLANTA FCC.**



Figura (a)

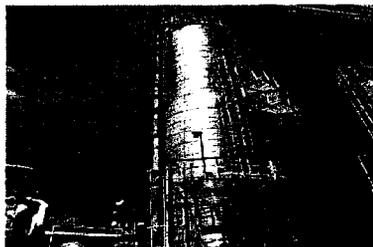


Figura (b)

Figura (III.1a y b) Instalación de una planta FCC



---

### **Objetivo**

1. Evaluar ventajas y desventajas del sistema SIMECELE en el registro, análisis y programación de la medición preventiva de espesores en un tramo de tubería.

### **Justificación y problemas a resolver**

Es de vital importancia para cualquier empresa química la prevención de accidentes por el fenómeno de la corrosión que causa el desgaste y deterioro físico en las instalaciones de plantas, que manejan o elaboran productos químicos, así como también contar con información oportuna clara y disponible de las inspecciones en la medición de espesores en sus instalaciones en el momento que se solicite. Evitando problemas como los que se mencionan a continuación:

- Búsqueda de archivos. (Isométricos en carpetas).
- Isométricos en ocasiones no legibles o no actualizados problemática para el Ing. de inspección.
- Dictado de valores en campo (mala interpretación).
- Transcripción inadecuada de lecturas de la medición para el análisis estadístico (tiempo de inversión 4 Hrs.).

Para dar un mejor entendimiento en como esta seccionada se da una breve descripción.

Sectores o áreas las cuales tienen un conjunto de plantas, con funciones distintas (reacción, destilación, etc.).



Estas se subdividen en circuitos: conjunto de líneas y equipos que majan un fluido de la misma composición pudiendo cambiar sus condiciones de operación.

Dentro de los circuitos se tienen las unidades de control. La unidad de control se define como aquella sección del circuito tramo de una tubería que presentan unidades de corrosión más o menos homogénea

### **III.2 MEDICIÓN DE ESPESORES EN UNA REFINERÍA**

Dentro de las instalaciones de la planta de refinación se realizan una actividad, parte de la integridad mecánica. Procedimiento para el registro, análisis y programación de la medición preventiva de espesores.

El objetivo de este procedimiento es:

Detectar y evaluar oportunamente las disminuciones de espesor bajo los límites permisibles, que puedan afectar la integridad física de las tuberías y equipos, para tomar las medidas necesarias a fin de prevenir la falla de los mismos por corrosión, abrasión o desgaste.

### **III.3 PROCEDIMIENTO EJECUTADO POR EL INGENIERO DE INSPECCIÓN**

El Ing. de inspección o ayudante al revisar su programa de inspección, deben ubicar la carpeta de isométricos de la sección a inspeccionar: planta, unidad de proceso que corresponda medir en ese lapso de tiempo, buscar los isométricos correspondientes a la sección a inspeccionar tramo de tubería o equipo (U.C).



#### III.4 COLOCACIÓN DE EQUIPO DE MEDICIÓN Y EQUIPO DE SEGURIDAD

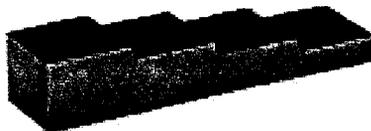
El ingeniero se ajustara un arnés de seguridad en caso de que las mediciones no sean a nivel de piso portando su equipo de medición Figura (III.2 y III.3)



Figura (III.2) Equipo de seguridad para la inspección, Figura (III.3) Portación del equipo de medición.

#### III.5 CALIBRACIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN ULTRASÓNICO

Al estar en la ubicación deseada (unidad de control) el ingeniero calibra su equipo de acuerdo al espesor del objeto a medir (tubería o equipo) con un patrón de espesores. Figura (III.4).



1", 3/4", 1/2" ,1/4"

Figura (III.4) Patrón de calibración con distintos espesores.



### III.6 TEMPERATURA DE MEDICIÓN ULTRASÓNICA

Es importante conocer la temperatura del material a medir, una alta temperatura (arriba de 150°C) genera error en la medición, lo que conlleva a una mal registro en la medición, por lo tanto los reportes de los registros serán incorrectas, no por que el palpador no soporte estas temperaturas, el problema es causa de que no se tiene un acoplante adecuado, que soporte altas temperaturas para cumplir con su función (en estos casos el ingeniero de inspección espera hasta la programación de un paro de planta).

### III.7 PUNTOS DE MEDICIÓN EN UN ISOMÉTRICO

El ingeniero de inspección procede a realizar la medición de espesor. Por lo regular se hace la medición 1.5 o 2 pulgadas después de la soldadura y de acuerdo a los puntos de medición con respecto al isométrico impreso (dirección de flujo, posición del norte y numeración consecutiva de la unidad de control). como se muestra en la figura siguiente. Figura (III.5a y III.5b).

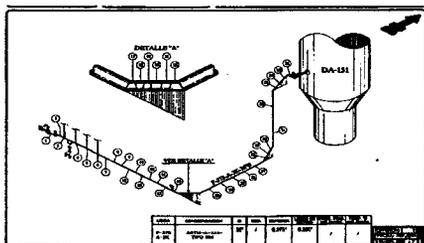


Figura (III.5a) Isométrico impreso



Figura (III.5b) Medición



### III.8 MEDICIÓN Y REGISTRO

En la refinería al llevar a cabo este procedimiento de medición de espesores con el equipo ultrasónico (modelo DMS 302), con que ellos cuentan. Esta medición es ejecutada por dos personas (ingeniero de inspección y ayudante). Uno se encarga de realizar la medición, mientras otro anota la lectura de la medición.

De acuerdo a la experiencia de uno de los ingenieros, comenta que debido al ruido que generan los equipos, se suele cometer error en el momento del dictado al no escuchar adecuadamente la lectura, la anotación suele ser errónea. Figura (III.6)

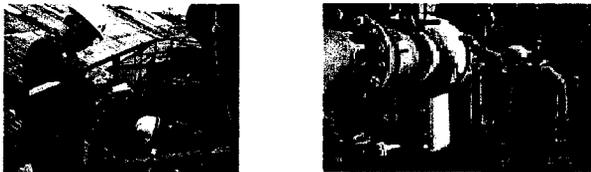


Figura (III.6) medición y anotación de la medición de espesores

Otra forma en la cual, los datos de las mediciones son registrados, de acuerdo a la experiencia o capacitación del operador. Almacena esta información en su medidor ultrasónico y al término de las mediciones, conecta su equipo a la computadora del área de inspección y seguridad. Mediante un programa que ellos cuentan, se realiza la transferencia de datos de su medidor ultrasónico a su programa.



Las lecturas en caso de ser llenados a mano en formatos borrador (Anexo 1). Estas lecturas se capturan en la computadora del área en su cuarto de control. Pero antes de esto se verifican las mediciones con datos de fechas anteriores con el fin de introducir datos confiables en su programa y así realice los cálculos estadísticos

### **III.9 REALIZACIÓN DE CÁLCULOS ESTADÍSTICOS**

Los datos o lecturas del registro de la medición de espesores son revisados y comparados con las mediciones anteriores con el objetivo de no afectar los cálculos estadísticos al tener valores disparados del espesor conocido. Estos cálculos estadísticos se realizan para conocer la velocidad de desgaste, vida útil estimada, próxima fecha de calibración y retiro probable del equipo o tubería inspeccionada, por lo que es muy importante el adecuado registro de las mediciones. La realización de estos cálculos estadísticos se muestra en el ejemplo de la unidad de control 12-01.

### **III.10 ACTUALIZACIÓN DEL PROGRAMA MENSUAL Y ANUAL DE INSPECCIÓN**

Al llevar a cabo estos cálculos estadísticos, transcritos por el ingeniero de inspección o ayudante, mediante un programa que ellos cuentan (área 4) de la refinería (información fuera de nuestro alcance) se actualiza el programa mensual y anual de inspección, para conocer las fechas de próximas mediciones



En dicho programa, la fecha de próxima medición de espesores (FPME) se debe indicar con un cuadro de preferencia en rojo. Esta fecha (FPME) se determina como se indica más adelante y no podrá ser mayor de cinco años, aunque como resultado del análisis se determine una fecha mayor.

En los casos en que la **FPME** quede fuera de las fechas contenidas en el formato de programación, se indicará con una flecha en el extremo derecho del mismo, arriba de la cual se debe anotar la fecha de próxima medición, como se indica en el formato "Programa de medición de espesores" DG-GPASI-IT-00204-1.

En resumen la secuencia de medición en la refinería es:

- Visualización del punto de calibración en un isométrico (papel en mano).
- Medición de espesores en líneas de tubería (puntos de referencia con el isométrico y dictado de mediciones)
- Vaciado de datos desde su equipo de medición o formatos borrador, a una computadora propia del área de inspección técnica y seguridad. (transcripción)
- Llenado y acomodo de los datos en formatos preestablecidos (captura de datos).
- Realización de cálculos estadísticos para saber la próxima fecha de calibración y vida útil remanente del objeto en estudio.
- Actualización del programa mensual y anual de inspecciones (impresión).

Se puede decir que es un proceso cíclico al realizar esta actividad. Figura (III.7) Secuencia de medición.

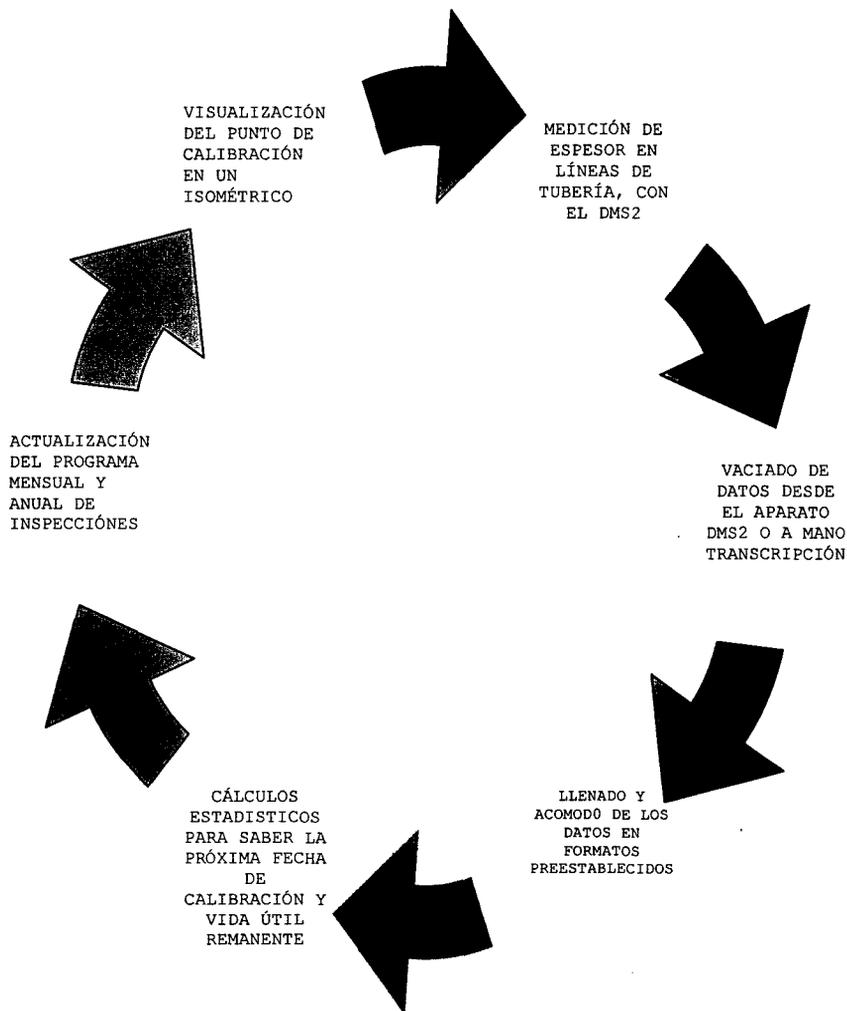


Figura (III.7) Secuencia de medición en la refinería.



---

### III.11 COMPONENTES DEL SISTEMA DE MEDICIÓN Y REGISTRO PROPUESTO POR LA UNAM (SIMECELE).

El sistema que lleva por nombre SIMECELE (Sistema Informático de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos). Su objetivo global es: mejorar el registro en la medición de espesores para participar en la mejora de la seguridad para prevenir accidentes causados por el fenómeno de la corrosión de la refinería en cuestión.

El sistema esta integrado por los siguientes componentes a través del software y equipo (hardware)

1. Base de datos históricos.
2. Isométricos digitales.

Para generar reportes de resultados en formatos establecidos,

El software (SIMECELE) se realizo por personal de programación para la unificación de la medición registro, análisis y programación de la medición preventiva de espesores.

Este software con lo cual se llevo a cavo para la captación de la base de datos es:

- Lenguaje de Programación Visual Basic. Net
- Sistema operativo Windows XP
- SQL Server (manejador de base de datos)
- Interfaces (controladores)

Las interfaces son los controladores o llaves para que el programa reconozca los equipos: medidor ultrasónico, Tablet Pc, PC personal.

---



Por políticas de privacidad del programa y del proyecto, no se describe detalladamente este procedimiento esperando su comprensión.

Los Equipos y accesorios que componen el hardware son:

- Tablet Pc PIII, lápiz digital
- DMS 2 (medidor ultrasónico con cables coaxiales)
- Transductor (palpador de material de cuarzo)

Medidor ultrasónico modelo DMS 2 con palpador (transductor de cuarzo.). En este equipo es de ayuda para tomar las lecturas de la medición de los espesores, ya que el almacenaje de las mediciones serán guardadas en el software, instalado en la Tablet PC.

Nota: en caso de ser aprobado el sistema SIMECELE se instalara también en una computadora de la refinería para que la información de reporte de resultados sea accesible para personal de la refinería procedimiento que solo se llevara a cavo por personal de programación.

Actualmente la refinería cuenta con una base de datos llamado SIDTI sistema de información de los diagramas técnicos e industriales (Figura III.8) la cual muestra al usuario información correspondiente a la planta <sup>14</sup>  
Localizada en la siguiente dirección:

<http://143.102.2.50/SIDTI/catalogo.asp>

Es accesible si se esta conectado a la red de PEMEX.

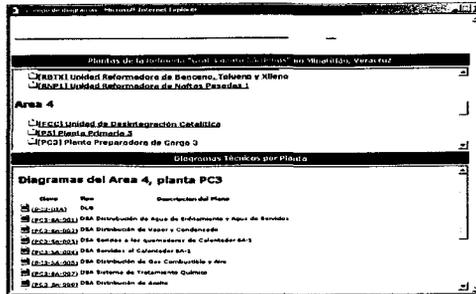


Figura (III.8) Base de datos SIDTI.

En la Tablet PC modelo Tr 3000 por sus características a las de una computadora personal (PIII, 933 MHz 640MB en Ram ,40 GB en DD), de uso rudo y fácil portación contendrá el software del sistema de medición.

Tiene la capacidad de guardar información de toda la refinería (para isométricos y datos históricos), pero por el momento solo contendrá la información del área 4 de la refinería, en caso de que este instalado en el SIDTI portara información para el trabajo de un día o una semana de acuerdo al área a inspeccionar de la planta de refinación.

### III.12 CAPTURA DE BASE DE DATOS, PARA LA MEDICIÓN DE ESPESORES.

¿Para qué es esta base de datos? la idea principal: es que se generé dicha base, para contar con un catalogo de niveles y posiciones en la medición de los espesores, así como también contar con información histórica de lecturas anteriores de los circuitos del área a inspeccionar.



Al contar con esta base de datos ayudara al ingeniero de inspección comparar la medición anterior con el actual y así evitar lecturas incorrectas, siendo muy útil en el departamento de inspección y seguridad para el cálculo del análisis estadístico de la medición de espesores.

Con base a lo dicho, se realizó la siguiente captura, mostrando algunas de las pantallas en las cuales se introdujo la información. Figura (III.9)

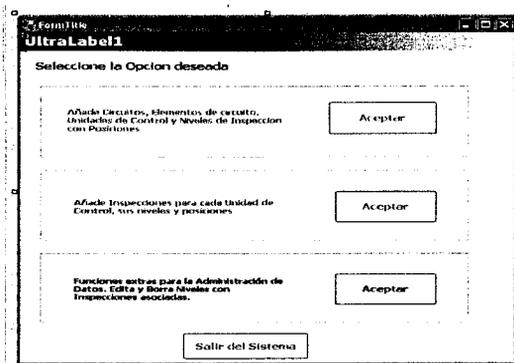


Figura (III.9) Icono de pantalla de captura cortesía de la Facultad de Química de la UNAM.

En este icono de presentación dividido en 3 partes. En el primero se elige los circuitos, elementos de circuito (equipo o tubería) de acuerdo al área y la planta perteneciente (catalítica, fraccionamiento, etc.) y posteriormente la unidad de control dentro del circuito de la planta, capturando la información con el número de inspecciones. Si es en tubería contemplara sus accesorios (niplera y tornillería) Figura (III.10).

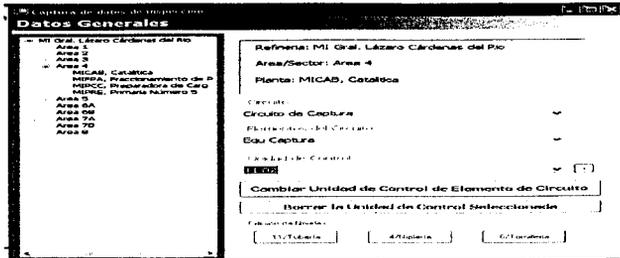


Figura (III.10) Icono de captura de inspecciones para niveles de tubería, nipliería y tornillería.

En la segunda opción se introduce el número de inspecciones de cada unidad de control con su fecha correspondiente.

Figura (III.11).

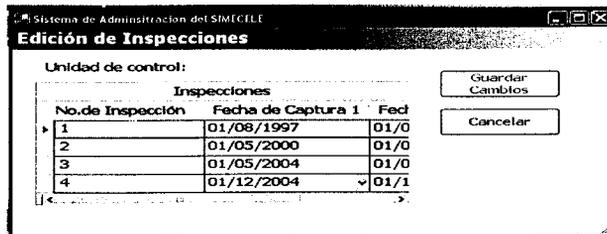


Figura (III. 11) Icono de captura de inspecciones de acuerdo a sus fechas correspondientes.

Tercera opción: Solo para personal autorizado (programador) en caso de introducir un dato erróneo en la captura.

El presente icono, se podrá observar que los datos para las posiciones de puntos de medición, se introdujeron de acuerdo a las columnas, dependiendo de la ubicación de la tubería o arreglo de nipliería. Figura (III.12).

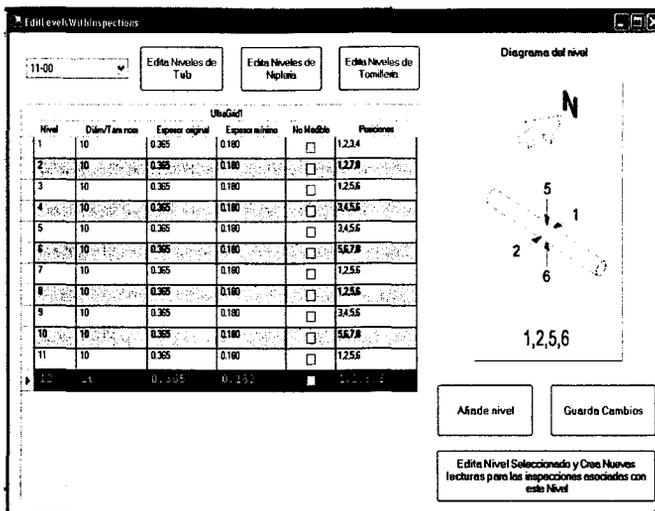


Figura (III.12) Lista de captación de niveles de acuerdo a la posición de la tubería.

La importancia de la ubicación (norte, sur, este, oeste) es de gran utilidad para el ingeniero de inspección, con las posiciones, se ubica como empezar a medir en una línea de tubería, así como algunos accesorios(codos y tees), figura (III.13) evitando incongruentes mediciones en la posición de la tubería y niplería. Figura (III.15).

En caso de una mala orientación, las lecturas no serán congruentes en su formato "Registro de medición de espesores". (Experiencia del I.Q Efrén Sánchez Pérez).

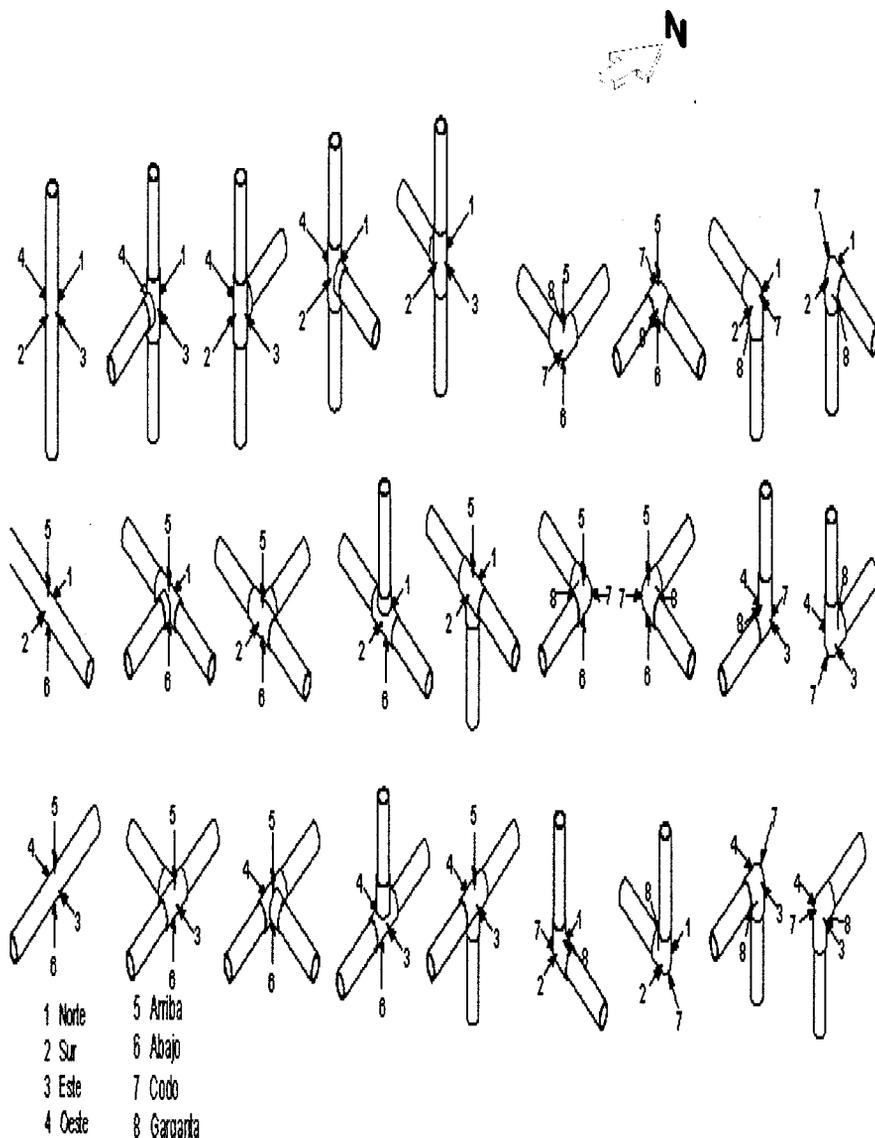


Figura (III.13) Localización de puntos de calibración en tubería.



Para en el caso de la medición de arreglos de niplería, se capturo de acuerdo a sus puntos de medición. Figura (III.14) y (III.15)

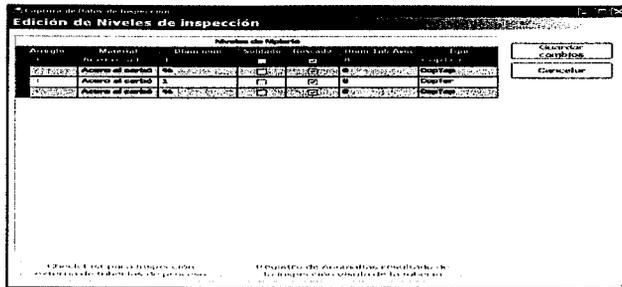
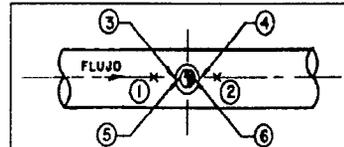
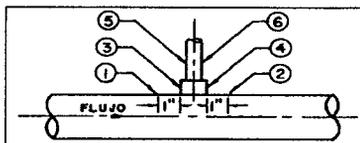
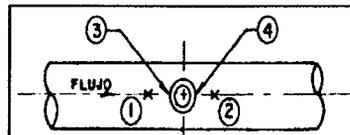
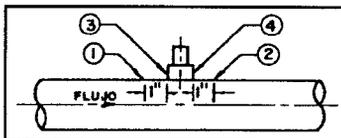


Figura (III.14) Pantalla de captura para arreglos de niplería.

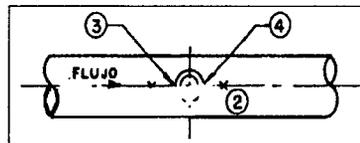
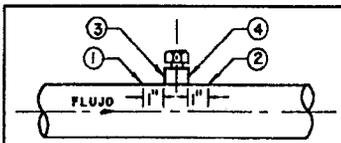
### LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE NIPLERÍA



COPLE-NIPLE-VALVULA



COPLE-TAPON



COPLE-TERMOPOZO

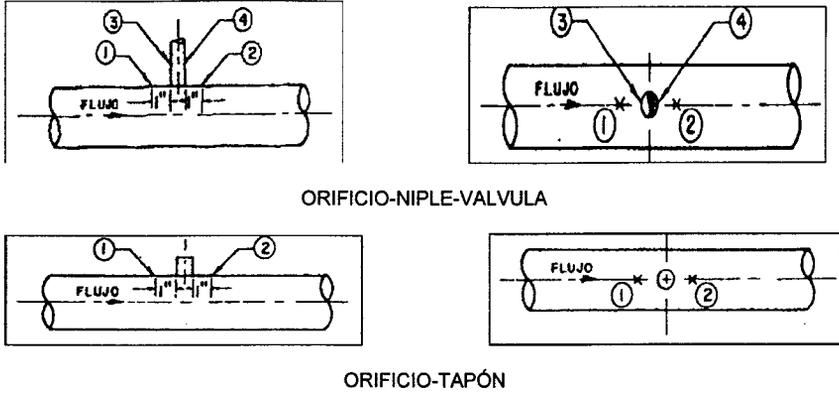


Figura (III.15) Arreglos básicos de niplería y localización de puntos de medición

Para la inspección visual de tornillería, la captura de datos se realizó de la siguiente manera. Figura (III.16)

**Edición de Registros de Arreglos de Tornillería para la Inspección Visual**

Nivel	Lectura		Comentario
	Parafusos por Ca	Grado de Corrosión	
001			
002			
003			
004			
005			
006			
007			
008			
009			
010			
011			
012			
013			
014			
015			
016			
017			
018			
019			
020			

Check list para inspección visual de tornillería de acceso. Registro de Avanzado, resultado de la inspección visual de la tubería.

Guardar cambios  
Cancelar

Figura (III.16) Capturación de datos de tornillería de inspección visual.



El objetivo de esta captación es, para que en el momento de evaluar el estado físico de la tornillería de las tuberías de las instalaciones (espárragos de juntas bridadas, tornillos o espárragos de las válvulas de bloqueo, válvulas de alivio y válvulas check), a fin de detectar oportunamente daños o fallas visuales. Se evite el dictado o llenado a mano.

Otro formato de llenado que se realiza a la par de la medición de espesores, es llamado checklist (Anexo5). Forma parte de una inspección visual externa la cual se realiza para determinar la condición externa de la tubería (pintura, vibración, fuga, etc.). Figura (III.17)

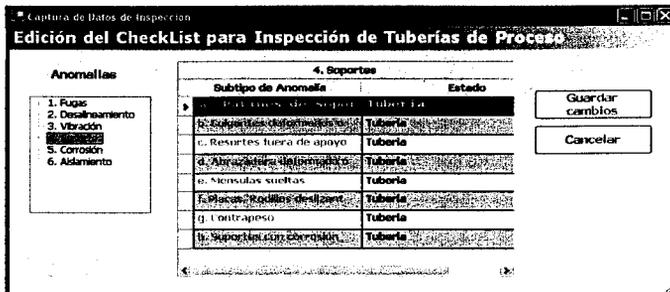


Figura (III.17) Icono de captura para la inspección visual checklist.

En la inspección de niplería y tornillería que se capturó de acuerdo al formato de reporte que se muestra en el Anexo (6 y 7) respectivamente.



### III.13 DIGITALIZACIÓN DE ISOMÉTRICOS

Los isométricos de acuerdo a los circuitos de la planta dividido en línea de tubería o unidad de control. Archivados en carpetas de acuerdo al área y su circuito perteneciente, son tomados y digitalizados con sus respectivas actualizaciones en Autocad 2006. Para la creación visual de una unidad de control con sus respectivos niveles de inspección y añadirlos ala base de información histórica. Como se muestra en la figura (III.18) y (III.19).

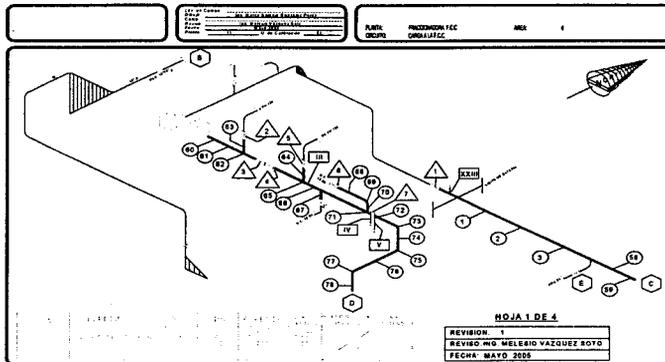


Figura (III.18) Digitalización de isométrico en Auto cad 2006 de una sección de una planta de refinación de petróleo.

La siguiente simbología es para representar los accesorios siguientes



Los tramos de tubería son tubos de 6, 9, 12 metros. La unión de tramos de tubería conforma la línea aunados por soldaduras o accesorios. (codos, tees, bridas, reducciones, expansiones etc.).



Una forma de facilitar la visualización de los puntos de calibración en tubería, niplera y tornillería, en un isométrico es mediante el apagado de capas. Las cuales representan los niveles para la inspección. Útil cuando hay un exceso de puntos de medición dentro de un isométrico y evitar posibles confusiones en el momento de selección del tipo de inspección.

- a) Capa de niveles de tubería, que contendrá solo los niveles de calibración de tubería y sus respectivas líneas de indicación.
- b) Capa de niveles de niplera, que contendrá solo los niveles de calibración de niplera y sus respectivas líneas de indicación.
- c) Capa de niveles de tornillería que contendrá solo los niveles de calibración de tornillería y sus respectivas líneas de indicación.

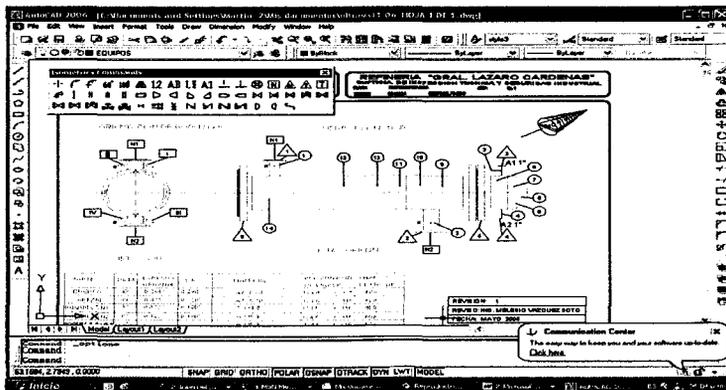


Figura (III.19) Digitalización de isométrico de un equipo en Auto cad 2006



Para la elaboración de estos isométricos se utilizó la simbología ubicada en la barra de herramientas diseñadas en Autocad 2006 , para la agilización y una mejor comprensión visual en un isométrico Figura (III.20a y III.20b ).

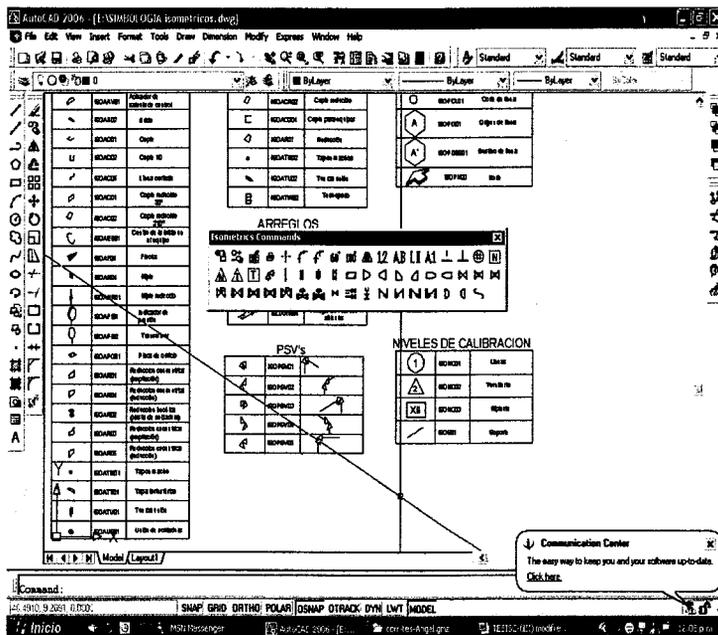


Figura (III.20a). Simbología para la digitalización de un isométrico.

### ACCESORIOS

	ISOAA01	Aislante para línea
	ISOAAV01	Actuador de válvula de control
	ISOAB02	Brida
	ISOAC01	Cople
	ISOAC02	Cople 1D
	ISOAC06	Línea cortada
	ISOAC01	Cople reducido 30°
	ISOAC02	Cople reducido 210°
	ISOAEB01	Centro de la brida en el equipo
	ISOAF01	Flacha
	ISOAN04	Niple
	ISOANR01	Niple reducido
	ISOAPI01	Indicador de presión
	ISOAPI02	Transmisor
	ISOAPO01	Placa de orificio
	ISOAR01	Reducción concentrica (ampliación)
	ISOAR04	Reducción concentrica (reducción)
	ISOAR02	Reducción hechiza (plasta de soldadura)
	ISOAR03	Reducción excentrica (ampliación)
	ISOAR05	Reducción excentrica (reducción)
	ISOATM01	Tapon macho
	ISOATT01	Tapa tonosférica
	ISOATU01	Tuerca unión
	ISOAUS01	Unión de soldadura

### ACCESORIOS NORMALES

	ISOAB02	Brida
	ISOACR02	Cople reducido
	ISOAC004	Cople para equipos
	ISOAR07	Reducción
	ISOATM02	Tapon macho
	ISOATU02	Tuerca unión
	ISOATW02	Termopozo

### ARREGLOS

	ISOARR01	Válvula con actuador y bridas
	ISOARR02	Válvula con actuador, bridas y reducciones
	ISOARR03	Cople, niple, válvula
	ISOARR04	Arreglo de F.E. con válvulas

### PSV's

	ISOPSV01	
	ISOPSV02	
	ISOPSV03	
	ISOPSV04	
	ISOPSV05	

### NIVELES DE CALIBRACION

	ISONC01	Líneas
	ISONC02	Tornillena
	ISONC03	Niplera
	ISOS01	Soporte

### VALVULAS

	ISOV01	Válvula de compuerta
	ISOV02	Válvula de compuerta con bridas
	ISOV03	válvula de globo
	ISOV04	válvula globo con bridas
	ISOV05	válvula de bola
	ISOV06	Válvula de bola con bridas
	ISOV07	válvula macho
	ISOV08	válvula macho con bridas
	ISOV09	válvula check
	ISOV10	Válvula check con bridas
	ISOV011	válvula de compuerta (para diámetros menores a 1" como purgas y venteos)
	ISOV011a	(para diámetros menores a 1" como purgas y venteos) con bridas
	ISOV012	válvula check
	ISOV013	Válvula check con bridas

### VALVULAS NORMALES

	ISOVN01	Válvula de compuerta
	ISOVN02	Válvula de compuerta con bridas
	ISOVN03	válvula check
	ISOVN04	Válvula check con bridas
	ISOVN05	Válvula para purgas
	ISOVN08	Válvula de globo
	ISOVN09	Válvula de bola

Figura (III.20b) Simbología y significado utilizado en la digitalización de isométricos.



### III.14 GENERACIÓN DE REPORTES CON EL SISTEMA SIMECELE

Una vez capturada la base de información histórica (figura III.21) instalado en el hardware (Tablet Pc) se podrá tener un registro comparativo de datos de lecturas de las mediciones llevadas a cabo con el medidor ultrasónico DMS2, y así generar los reportes, de una manera oportuna y presentable generándose automáticamente al terminar las mediciones del tramo de tubería(unidad de control)en los formatos de inspección conforme a la norma DG-GPASI-IT-00204,propio de la refinería.(Anexos 1, 2, 3, 5, 6, 7,8).

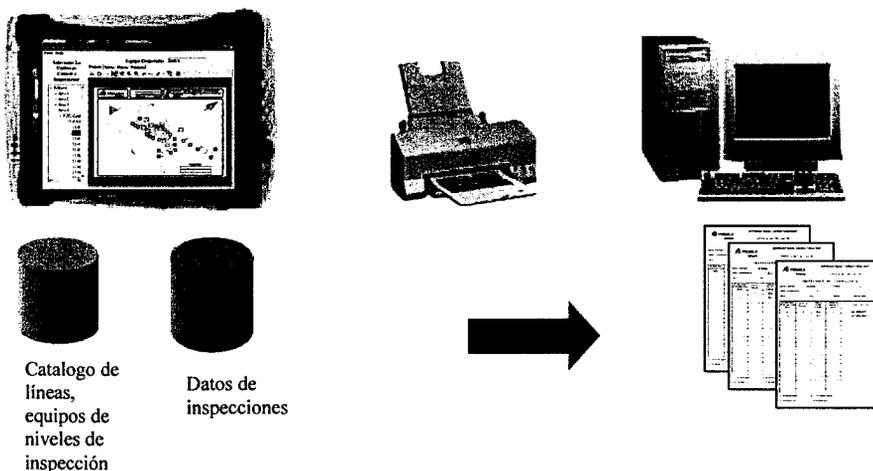


Figura (III.21) Generación de reportes desde la Tablet Pc o a una impresora o a un servidor.



De acuerdo a esta información (base de datos históricos e isométricos digitales) esta información sirve para el reporte y actualización, de las mediciones de espesores de tubería en una planta de refinación de petróleo, en donde comúnmente es: consulta continua de la información de la inspección y seguridad de la planta.

### **III.15 SECCIÓN DE APLICACIÓN DEL SIMECELE**

Debido a las dimensiones de una planta de refinación de petróleo son enormes, se escogió una sección pequeña (unidad de control 12-01), sección de carga ya que esta a nivel de piso para visualizar el procedimiento de medición y registro, al mismo tiempo verificar el desgaste de este tramo por estar en contacto con un fluido que contiene pequeñas cantidades de ácido sulfhídrico, otro motivo es nuestra seguridad al estar dentro de las instalaciones y en ese momento estaba dentro de la programación para su medición de espesores

### **III.16 GENERALIDADES DE LA PLANTA DE REFINACIÓN FCC AREA 4**

La misión del área 4 es la de elaborar energéticos intermedios y finales a partir del petróleo crudo, mediante el proceso de destilación (atmosférico, de alto vacío y craqueo catalítico) para satisfacer en calidad y oportunidad a clientes internos, cuidando la seguridad de sus recursos humanos e instalaciones, así como el entorno ecológico, atendiendo las áreas de oportunidad para la obtención de la mejora continua y desarrollo personal



La planta de desintegración catalítica fluida (Fluid Catalitic Cracking-F.C.C.) modelo UOP (Universal Oil Petroleum), se diseñó para operar con 26,000 BPD (barriles por día) de carga fresca. (Gasóleos de alto vacío y Gasóleos pesados de las unidades de destilación atmosférica) y 18,000 BPD de aceite cíclico pesado (ACP) más lodos de recirculación, haciendo una carga fresca recirculada (C.F.R.) 1.70, con una temperatura de operación de 516°C para el manejo de catalizadores amorfos.

### III 17 SECCIÓN CATALÍTICA

La catalítica consta de dos partes principales y primordiales:

1. El reactor agotador-agotador: donde se lleva acabo la reacción y agotamiento de hidrocarburo absorbido por el catalizador.
2. El regenerador del catalizador que consta de un turbo.

La desintegración catalítica de los gasóleos de alto vacío se efectúa en un el elevador de carga del reactor FV-4 por medio de catalizador. Los hidrocarburos formados pasan a través de cuatro ciclones de un solo paso, separando el catalizador e hidrocarburos.

El catalizador se arrastra a través de las piernas de derrame de los ciclones de un solo paso, estos hidrocarburos pasan a una cámara anticocking en el domo del



reactor y de ahí a la base de la torre fraccionadora (FV-7) en forma de vapores a una temperatura de 505-515 °C.

El catalizador gastado pasa a la zona de agotamiento del reactor, el objetivo de esta zona es: eliminar los hidrocarburos que se adhieren al catalizador con flujo de vapor, regresándolo al reactor.

Los hidrocarburos pasan a una cámara anticocking en el domo del reactor y de ahí a la base de la torre fraccionadora FV-7 en fase vapor en un rango de 505-515°C de temperatura).

El catalizador gastado sale de la zona de agotamiento del reactor FV-4 y pasa a una bajante (debajo de la zona de agotamiento del reactor). Este catalizador gastado es regenerado con un flujo continuo de aire caliente dentro del regenerador (FV-3) manteniendo en la fase densa una temperatura de 630°C

En la regeneración de catalizador gastado, hay una combustión controlada en la que se forman monóxido y bióxido de carbono, nitrógeno y oxígeno que dejan este recipiente pasando a una chimenea a 650°C

Los gases formados en el regenerador FV-3 pasan a través de 6 juegos de ciclones primarios y secundarios, donde el catalizador arrastrado por estos gases es regresado al regenerador, por medio de las piernas de los ciclones primarios y secundarios. Los gases son colectados en una cámara plena y de ahí pasan al reactor FV-4 regenerador



FV-3 y finalmente salen a la atmósfera a través de una cámara de orificios y una chimenea.

El catalizador gastado es regenerado con un flujo continuo de aire caliente en el regenerador FV-3, manteniendo en la fase densa una temperatura de 630°C. La planta cuenta con un quemador auxiliar FH-1 que opera con gas combustible o aceite y que sirve para calentar el reactor regenerador durante las operaciones de arranque de la planta.

El flujo de aire al regenerador FV-3 se obtiene por medio de un turbo soplador FC-1, que opera con una turbina de condensación total.

El catalizador se envía al regenerador FV-3 presionando el silo con aire de plantas hasta 3.5 Kg/cm<sup>2</sup> de presión y aplicando aire en la línea que va a este recipiente.

El agua o vapor se inyecta en el regenerador para prevenir excesivas temperaturas en la fase diluida y en la entrada de los ciclones. El agua de espreas se utiliza generalmente para controlar la postcombustion excesiva.

El aceite de antorcha (ACP) que se inyecta en el regenerador, su objetivo es: calentar el catalizador durante el arranque, antes de de introducir la carga así como también se utiliza para controlar la postcombustion en el regenerador o para mantener una temperatura de regeneración deseada.



---

### III.18 PREPARACIÓN DE CARGA.

De la planta de vacío son enviados gasóleos, a los tanques de almacenaje TV-5 y 6, mediante una bomba FP-2 A/B es impulsado el flujo de gasóleos, enviándose a una planta catalítica con una temperatura de 55-60°C y 12.0 Kg/cm<sup>2</sup> de presión. El flujo intercambia calor con el equipo (FE-2) a una temperatura de salida de 220°C, mas adelante intercambiador calor con la recirculación de fondos del la torre (FV-7), mediante el equipo (FE-3 A/C). Esta carga entra al elevador del reactor (FV-4) a una temperatura de 260°C y 8 Kg/cm<sup>2</sup> de presión combinándose con aceite cíclico pesado, finos y lodos de recirculación provenientes de las bombas FP-5 A/B.

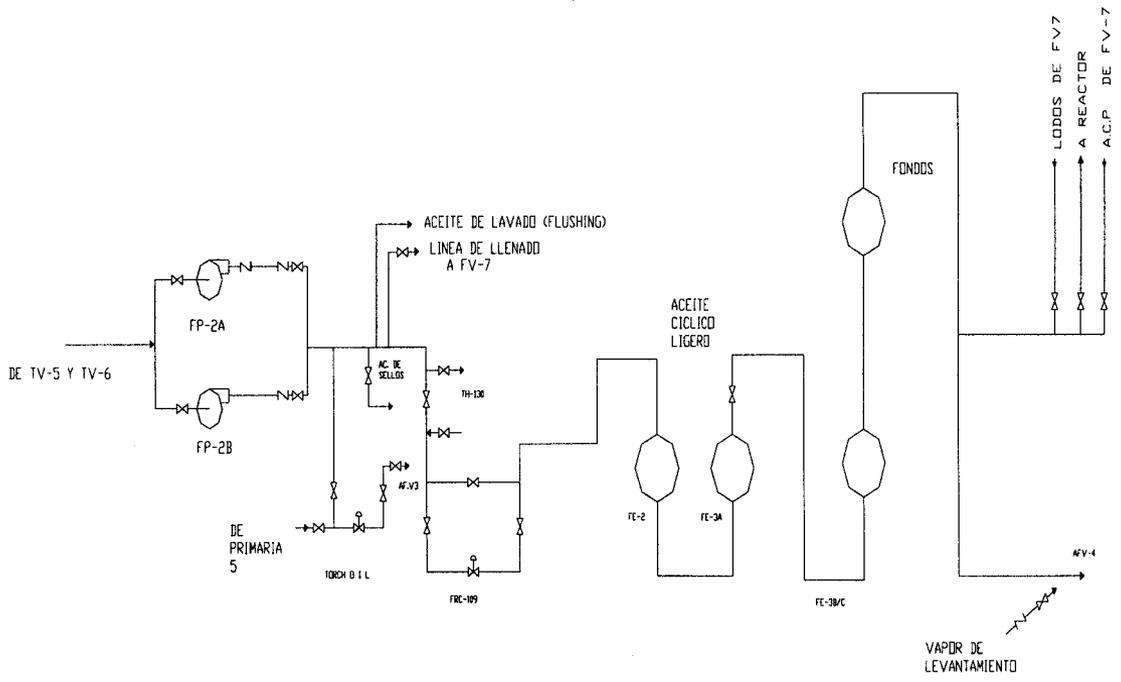
Existe una línea de desvio antes del elevador del reactor, la cual lleva flujo de carga fresca y recirculados provenientes de las bombas (FP-5 A/B), para formar una carga combinada, este flujo es enviado al fondo de la torre fracionadora (FV-7), que se utiliza durante el proceso de arranque para circular la carga durante una emergencia ya sea por falla de las bombas FP-2.

La carga también proviene de las torres de alto vacío (TAV-3, TAV-2,) y de la planta primaria numero tres, llegando a un cabezal. Una parte se manda a tanques de retorno y otra parte se almacena en el tanque de balance (TH-130).





CIRCUITO DE CARGA





---

**III.21 SECUENCIA POR EL SISTEMA (SIMECELE) PROPUESTO POR LA UNAM.**

Propuesta para la agilización del reporte técnico de inspección (procedimiento para el registro análisis y programación de la medición preventiva de espesores) mediante la implementación del sistema de medición de espesores Figura (III.22 y II.23) al llevar acabo, el mantenimiento preventivo de la sección de carga de una planta FCC.

- Visualización del punto de calibración en un isométrico digital en una Tablet Pc.
  
- Medición y registro de espesores en líneas de tubería y equipo (SIMECELE).
  
- Vaciado de datos desde la Tablet a una PC o Servidor.
  
- Actualización del programa mensual y anual de inspección e impresión.

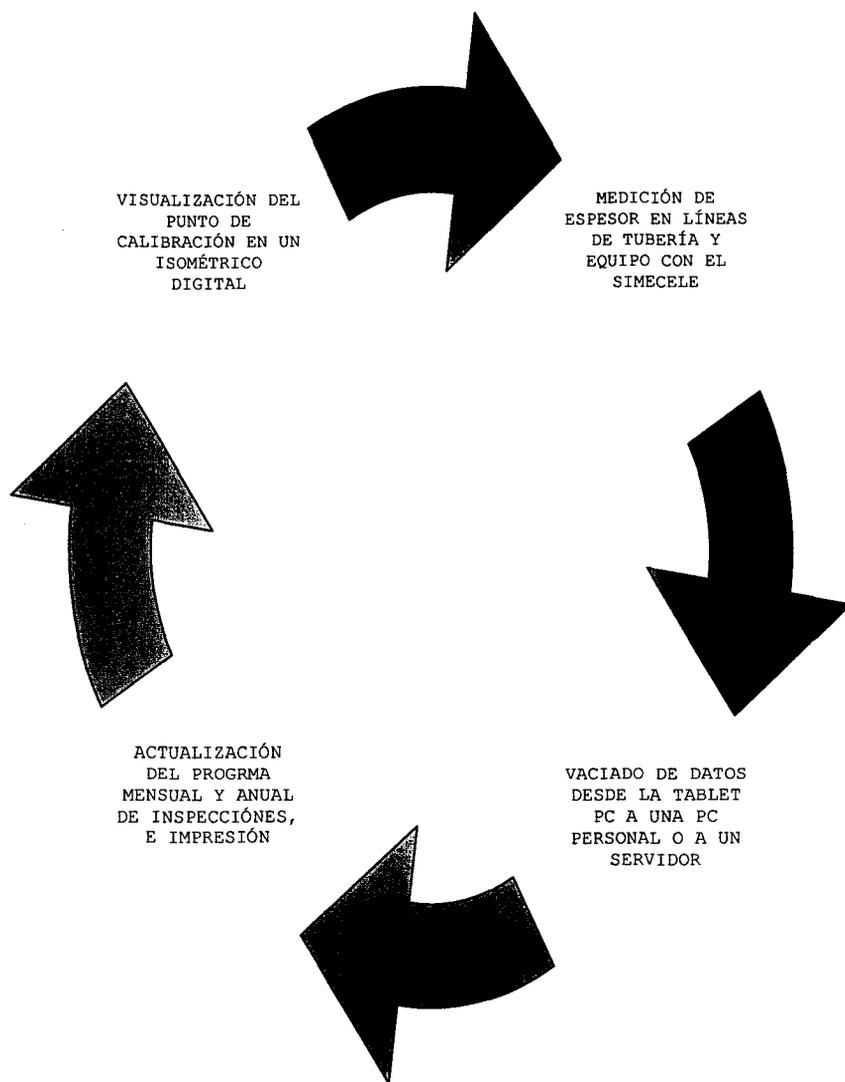


Figura (III.22) Sistema propuesto por la UNAM.

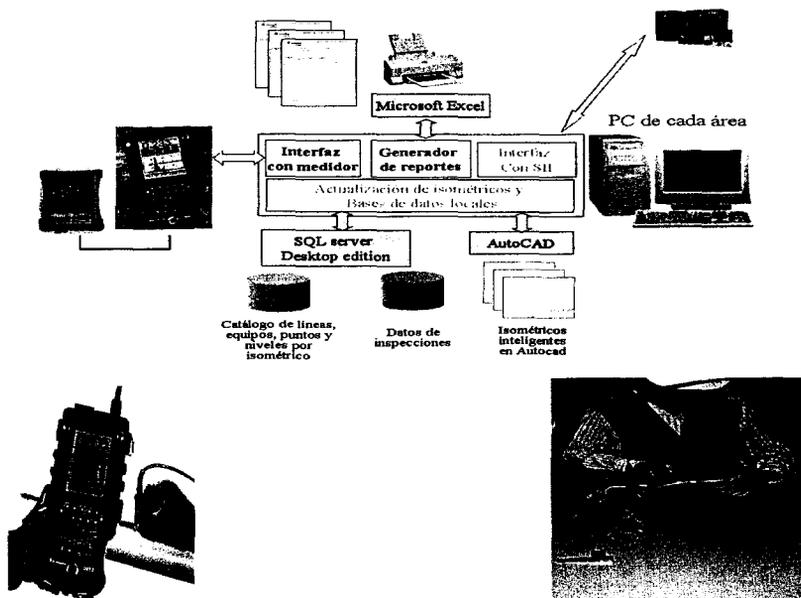


Figura (III.23) Sistema de medición y registro (SIMECELE).

### Visualización del isométrico digital en una Tablet Pc.

Al llevar a cabo una medición de espesor, el técnico de inspección busca las carpetas donde están archivados por códigos de cada sección de la planta de refinación, lo que se busca primero es el isométrico del código a inspeccionar, una vez localizado se va a campo.

Al estar en contacto constante el isométrico con la mano del inspector, dadas las condiciones climáticas, (humedad y calor) el isométrico puede maltratarse y volverse ilegible.



Por otra parte, se pueden tener casos como la falta de actualización de sus isométricos, y no encontrar en el isométrico, líneas o accesorios.

Si el ingeniero de inspección en su isométrico no cuenta con la especificación del tipo de material a medir, no realiza la medición hasta consultar con personal de operación o diseño. Restándole tiempo al ingeniero para cubrir las mediciones programadas.

Al estar en campo, la persona encargada de la medición ultrasónica, no necesita buscar la carpeta de los isométricos del área a inspeccionar. con el sistema SIMECELE instalado en la Tablet PC podrá ejecutar una función mostrando un icono donde elige la sección de la planta por códigos, abriendo esta carpeta selecciona mediante un listado de las unidades de control por código o tramo de tubería Figura (III.24.a) y (III.24 b)

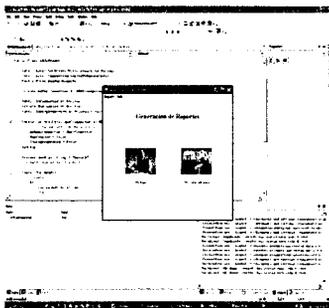


Figura (a)

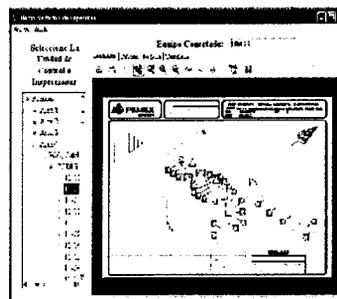


Figura (b)

Figura (III.24 a y b) pantalla de selección de área y código para determinar la unidad de calibración.



Al contar con isométricos digitalizados y actualizados dentro del sistema (SIMECELE), el ingeniero de inspección no porta con la copia en papel del isométrico, e inclusive con el apoyo de una pluma digital en caso de un cambio en alguna línea de se actualiza., dibujando sobre el isométrico que se muestra en la Tablet PC con la pluma digital. Figura (III.25 a y b)

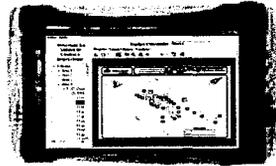


Figura (III.25a) pluma digital Figura (III.25b) Visualización de un isométrico en la Tablet Pc.

En la Tablet se mostrara las mediciones a realizar) Con la pluma digital se selecciona la unidad de calibración (tubería, niplería o tornillería)

Algunas observaciones y comentarios de la experiencia del ingeniero de inspección, son: el difícil acceso a algunos niveles de medición (alturas, caídas quemadura, etc.), portación de isométrico en mano Si no se cuenta con un asistente, se tendrá que tomar las mediciones por uno mismo, realizando las anotaciones en el formato preestablecido para el registro de los puntos de medición En caso de que el isométrico no este actualizado el ingeniero se encargará de marcar en dicho isométrico sus modificaciones.



Con el sistema que se esta proponiendo, el inspector, evitara la incomodidad de medir y anotar a la vez, ya que al medir el registro es automático a partir de una orden

### Medición y registro con el sistema SIMECELE

De acuerdo al sistema (SIMECELE) de su histórico de información, la Tablet PC mostrara en su pantalla, las posiciones y puntos a medir de la línea (codo, niple y tornillería).Figura (III.26).

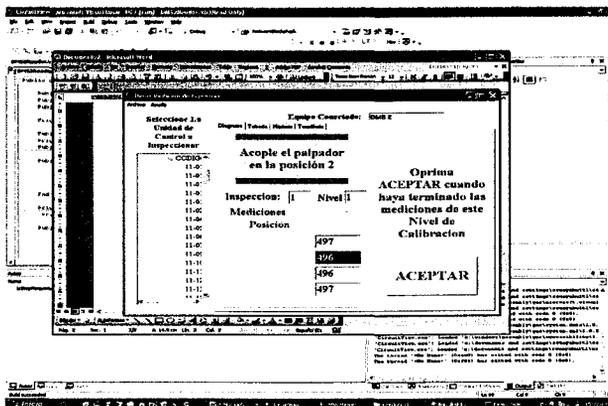


Figura (III.26) Puntos de medición por código.

Al tomar la medición de una tubería en ocasiones son erróneas, por no contar con una medición anterior como referencia, en la siguiente figura muestra, si la lectura no es lógica de acuerdo a la medición pasada, mostrara una alarma parpadeante, así como lecturas pasadas de acuerdo a las posiciones.

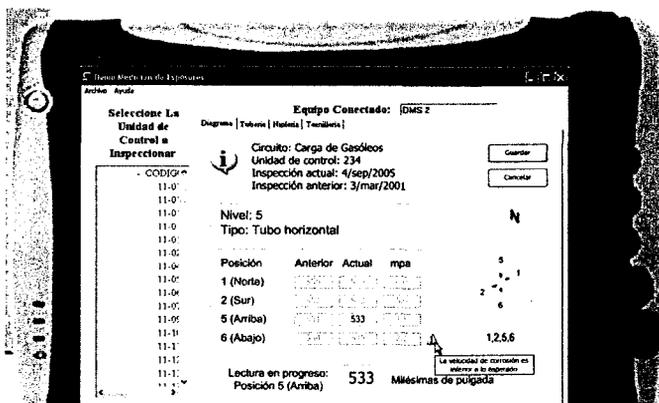


Figura (III.27) lectura actual incorrecta al realizar la comparación de lecturas anteriores a través de la Tablet pc.

La información obtenida de las lecturas de la medición a través del medidor ultrasónico, son registradas y almacenadas en el sistema (SIMECELE), instalado en la Tablet Pc., proporcionando la información, la cual se requiere para el reporte de la inspección en campo.

Los datos de medición almacenados dentro de la Tablet Pc se procesan dentro del mismo sistema de medición (SIMECELE), en donde el ingeniero de inspección solo tendrá que ejecutar una orden y el sistema realiza los cálculos correspondientes, para la obtención de la velocidad de desgaste y de acuerdo a lo que piden los formatos (Anexo 1, 2, 3, 5, 6, 7,8). Apegado a una normatividad (DG-GPASI-IT-204), ahorrando tiempo en la captura comparado con el procedimiento actual de la refinería.



---

Esta información obtenida y procesada se puede vaciar a una PC (computadora personal) o directamente a un Servidor agilizando de esta manera el reporte de inspección y seguridad.

En una refinería, el vaciado de datos en su área administrativa, es un trabajo que requiere de varias horas al día (3 a 4 hrs.), para evitar la acumulación de dichos valores y mantener actualizada dicha base de datos, dependiendo de los valores en ella anotados con anterioridad se hacen los nuevos cálculos.

El ingeniero de inspección realiza su análisis, si las mediciones son congruentes. En caso de una mala medición de espesor se tendría que repetir la toma de dicho punto de calibración, al día siguiente, lo que resta tiempo para seguir con la inspección del resto de la planta.

La ventaja de contar con este equipo (Tablet PC), es que mostrará una alarma, señalando una incongruencia en la medición, teniendo como referencia la última fecha de medición, de esta manera el técnico de inspección, se dará cuenta instantáneamente y volverá a realizar esa misma medición sin tener que esperar hasta su reporte y retrasarlo administrativamente.



---

---

**Cálculos estadísticos para saber la próxima fecha de calibración y vida útil remanente**

Al contar con los datos de las mediciones ya almacenadas y acomodados en su formato de inspección (Anexo I) es necesario llevar a cabo los cálculos correspondientes. VUE, FRP, FPM como lo exige la norma de PEMEX (DG-GPASI-IT-2004). En esta labor el ingeniero de inspección al pasar su información a una computadora tiene un programa en la cual ejecuta para obtener los valores deseados

**Actualización del programa mensual y anual de inspecciones**

Se debe mantener actualizado un programa de medición, para que cuando se realice una próxima medición en la refinería se haga con base a un formato. "Programa de medición de espesores", (Anexo 3). En dicho programa, la fecha de próxima medición de espesores (FPME) se indica con un cuadro de en rojo. Esta fecha se determina como se indica en el ejemplo (U.C 12-01). En el formato (Anexo 2) Análisis de registro de medición de espesores se registran los datos velocidad de desgaste, FRP y FPM. Los cuales son de ayuda para el análisis estadístico y observar si los desgastes están por arriba de los 20 MPA. Para poner más atención en la programación de las próximas mediciones

**III.22 APLICACIÓN DEL SIMECELE EN LA U C.12-01**

En la siguiente tabla se observa que a partir del registro de las mediciones se toman estos valores para la realización de los cálculos dentro de sistema SIMECELE.

---

---



Unidad de control (U.C): 12-01 circuito: carga

CALIBRACION	VEL.DE	CALIBRACION	VEL. DE		
Fecha	DESGASTE	Fecha:O5.833	DESGASTE(in)	Mes	valor
04 .0830	PUNTUAL(d)				
0.174	0.0074	0.1610	0.0130	Enero 0	0.0
0.184	0.0005	0.1830	0.0010	Febrero 1 /12	0.083
0.182	0.0000	0.1820	0.0000	Marzo 2 /12	0.166
0.178	0.0005	0.1770	0.0010	Abril 3 /12	0.250
0.188	0.0028	0.1830	0.0050	Mayo 4 /12	0.333
0.206	0.0005	0.2050	0.0010	Junio 5 / 12	0.416
0.179	0.0011	0.1770	0.0020	Julio 6 /12	0.500
0.188	0.0000	0.1880	0.0000	Agosto 7/ 12	0.583
0.216	0.0000	0.2160	0.0000	Septiembre 8 /12	0.666
0.221	0.0080	0.2070	0.0140	Octubre 9 /12	0.750
0.213	0.0005	0.2120	0.0010	Noviembre 10/12	0.833
0.236	0.0194	0.2020	0.0340	Diciembre 11/12	0.916
0.201	0.0005	0.2000	0.0010		
0.21	0.0040	0.2030	0.0070		
0.204	0.0034	0.1980	0.0060		
0.212	0.0000	0.2120	0.0000		
0.208	0.0005	0.2070	0.0010		
0.226	0.0051	0.2170	0.0090		
0.229	0.0171	0.1990	0.0300		
0.208	0.0022	0.2040	0.0040		
0.206	0.0005	0.2050	0.0010		
0.213	0.0074	0.2000	0.0130		
0.202	0.0005	0.2010	0.0010		
0.205	0.0000	0.2050	0.0000		
0.217	0.0160	0.1890	0.0280		
0.195	0.0034	0.1890	0.0060		
0.198	0.0074	0.1850	0.0130		
0.196	0.0028	0.1910	0.0050		
0.223	0.004	0.2160	0.0070		
0.227	0.0034	0.2210	0.0060		
0.236	0.0120	0.2150	0.0210		
0.22	0.0091	0.2040	0.0160		
0.214	0.0062	0.2030	0.0110		
0.214	0.0062	0.2030	0.0110		
0.217	0.0125	0.1950	0.0220		
0.221	0.0108	0.2020	0.0190		
0.221	0.0062	0.2100	0.0110		
0.212	0.000	0.2120	0.0000		
0.205	0.0005	0.2040	0.0010		
0.212	0.0000	0.2120	0.0000		
	$\Sigma=0.184$		0.3220		
	(Dt)=184	Ek=161	SUMA DE DIFERENCIAS =322		



PROCEDIMIENTO DE CALCULO DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CALIBRACIÓN DE  
ESPESORES

FECHA DE MEDICIÓN ACTUAL (**FR**)=2005.8330

FECHA DE MEDICIÓN ANTERIOR (**FA**)=2004.0830

DIFERENCIA DE FECHAS=**FR-FA**

2005.8330-2004.0830=1.75

SUMA DE LAS DIFERENCIAS DE ESPESORES = 322

VELOCIDAD DE DESGASTE DEL PUNTO = (*d*)

$$d = \frac{0.174-0.161}{1.75} = 0.00742$$

NÚMERO DE VALORES DE VELOCIDADES DE DESGASTE (*d*), QUE INTERVIENEN EN  
EL CÁLCULO (*n*)  $n=40$

VELOCIDAD DE DESGASTE PROMEDIO ( $D^-$ )

$$D^- = \frac{184}{40} = 4.6$$

VELOCIDAD DE DESGASTE PROMEDIO AJUSTADA ESTADÍSTICAMENTE

$$D_{MAX} = 4.6 + 1.28 \frac{4.6}{\sqrt{40}} = 5.168$$

ESPESOR MÍNIMO ENCONTRADO (**EB**) =161

LÍMITE DE RETIRO (**Lr**) =100.00

ESPESOR MÍNIMO REMANENTE (**Er**)= EB-Lr

Er =161-100

Er=61.00

VIDA ÚTIL ESTIMADA (**VUE**)

$$VUE = \frac{61}{5.168} = 11.8034$$

FECHA PRÓXIMA DE MEDICIÓN DE ESPESORES

$$FPM = 2005 + \frac{11.8434}{3} = 2008.934$$

FECHA PRÓXIMA DE RETIRO PROBABLE (**FRP**)

$$FRP = 2005.8330 + 11.8034 = 2,017.6364$$

Sep- 2017



**CAPÍTULO IV.**  
**RESULTADOS**  
**Y**  
**CONCLUSIONES**



IV.1 FORMATOS IMPRESOS POR EL SISTEMA (SIMECELE)

INSPECCIÓN TEC. Y SEGURIDAD IND.																
REGISTRO DE NIVELES DE CALIBRACIÓN DE TUBERÍA																
PLANTA: F.C.C.		CIRCUITO:		FECHA:				FECHA:				DIBUJO				
NIVEL DE CALIBRACIÓN	DIAM NOM	LIMITE DE RETIRO	LOCALIZACIÓN	FECHA: 04.083				FECHA: 05.833				FECHA:				
	ESP ORIG			CALIBRACIÓN	TRANSDUCTOR	DMSZ	VELOCIDAD DE DESGASTE: MPA	CALIBRACIÓN	TRANSDUCTOR	DMSZ	VELOCIDAD DE DESGASTE: MPA	CALIBRACIÓN	TRANSDUCTOR	DMSZ	VELOCIDAD DE DESGASTE: MPA	
1	2"	0.100"	1	0.174		0.161										
			2	0.184		0.183										
	0.218		3	0.182		0.182										
			4	0.178		0.177										
2	2"	0.100"	3	0.188		0.183										
			4	0.206		0.205										
	0.218		5	0.179		0.177										
			6	0.188		0.188										
3	2"	0.100"	1	0.216		0.216										
			2	0.221		0.207										
	0.218		3	0.213		0.212										
			4	0.236		0.202										
4	2"	0.100"	1	0.201		0.200										
			2	0.210		0.203										
	0.218		5	0.204		0.198										
			6	0.212		0.212										
5	2"	0.100"	1	0.208		0.207										
			2	0.226		0.217										
	0.218		3	0.229		0.199										
			4	0.208		0.204										
6	2"	0.100"	1	0.206		0.205										
			2	0.213		0.200										
	0.218		5	0.202		0.201										
			6	0.205		0.205										
7	2"	0.100"	1	0.217		0.189										
			2	0.195		0.189										
	0.218		3	0.198		0.185										
			4	0.196		0.191										

OBSERVACIONES



**INSPECCIÓN TEC. Y SEGURIDAD IND.**  
**REGISTRO DE NIVELES DE CALIBRACIÓN DE TUBERÍA**

PLANTA: F.C.C.		CIRCUITO: carga		DIBUJO										
NIVEL DE CALIBRACIÓN	DIAM. NOM ESP. ORIG	LÍMITE DE RETIRO	FECHA: 04.083		FECHA: 05.833		FECHA:		FECHA:		FECHA:			
			LOCALIZACIÓN	LOCALIZACIÓN	LOCALIZACIÓN	LOCALIZACIÓN	LOCALIZACIÓN	LOCALIZACIÓN	LOCALIZACIÓN	LOCALIZACIÓN	LOCALIZACIÓN	LOCALIZACIÓN		
			CALIBRACIÓN	TRANSDUCTOR	DMS2	VELOCIDAD DE DESGASTE: MPA	CALIBRACIÓN	TRANSDUCTOR	DMS2	VELOCIDAD DE DESGASTE: MPA	CALIBRACIÓN	TRANSDUCTOR	DMS2	VELOCIDAD DE DESGASTE: MPA
8	2"	0.100"	3	0.223		0.216	0.0070							
			4	0.227		0.221	0.0060							
	0.21 8		5	0.236		0.215	0.0210							
			6	0.220		0.204	0.0160							
9	2"	0.100"	1	0.214		0.203	0.0110							
			2	0.214		0.203	0.0110							
	0.21 8		3	0.217		0.195	0.0220							
			4	0.221		0.202	0.0190							
10	2"	0.100"	1	0.221		0.210	0.0110							
			2	0.212		0.212	0.0000							
	0.21 8		3	0.205		0.204	0.0010							
			4	0.212		0.212	0.0000							
OBSERVACIONES														



**ANALISIS ESTADISTICO DE TUBERIA**

**ANALISIS ESTADISTICO DE LA CALIBRACION DE ESPESORES**

CENTRO DE TRABAJO: REFINERÍA

ÁREA: 4

PLANTA: FCC

CIRCUITO: CARGA

UNIDAD DE CONTROL **TUBERIA U.C. 12-01**

FECHA DE MEDICIÓN ACTUAL(FR) **2005.833**

FECHA DE MEDICIÓN ANTERIOR(FA)=**2004.0830**

ESPESOR ACTUAL (ER)

ESPESOR ANTERIOR (EA)

DIFERENCIA DE FECHAS =1.75

SUMA DE DIFERENCIAS =322.00

d = VELOCIDAD DE DESGASTE DEL PUNTO

$$\frac{EA - ER}{FR - FA}$$

VELOCIDAD DE DESGASTE TOTAL(DT)=D1+ D2+ D3.....

3224

n = 40

VELOCIDAD DE DESGASTE PROMEDIO ( $D^-$ ) =DT/n

=4.6

VELOCIDAD MÁXIMA DE DESGASTE PROMEDIO AJUSTADA ESTADÍSTICAMENTE( $D^-$  MAX)

$$D^- + 1.28(D^-/n)$$

$D^-$  MAX = 5.168

ESPESOR MÍNIMO ENCONTRADO (EB) = 161

LIMITE DE RETIRO (LR) = 100.000

ESPESOR MÍNIMO REMANENTE(EB-LR) = 61.0

VIDA ÚTIL ESTIMADA(VUE)=ER/ $D^-$  MAX = 11.8034

FECHA PRÓXIMA DE MEDICIÓN DE ESPESORES(FPME)= FR +  $\frac{VUE}{3}$

=008.934

FPME =OCT 2007

FECHA DE RETIRO PROBABLE(FPR)= FR +VUE =2017.6364

FRP =SEP 2017

ANALIZO: \_\_\_\_\_

FECHA DE ANALISIS  
NOV.2005



**ANALISIS ESTADISTICO DE NIPLERIA**

**ANALISIS ESTADISTICO DE LA CALIBRACION DE ESPESORES**

CENTRO DE TRABAJO: REFINERÍA

ÁREA: 4

PLANTA: FCC

CIRCUITO: CARGA

UNIDAD DE CONTROL **NIPLERIA U.C. 12-01**

FECHA DE MEDICIÓN ACTUAL(FR) **2005.833**

FECHA DE MEDICIÓN ANTERIOR(FA)=**2004.0830**

ESPEJOR ACTUAL (ER)

ESPEJOR ANTERIOR (EA)

DIFERENCIA DE FECHAS =1.75

SUMA DE DIFERENCIAS =892.00

D = VELOCIDAD DE DESGASTE DEL PUNTO

$$\frac{EA - ER}{FR - FA}$$

VELOCIDAD DE DESGASTE TOTAL(DT)=D1+ D2+ D3.....

=509.714

n =127

VELOCIDAD DE DESGASTE PROMEDIO ( $D^-$ ) =DT/n

=4.01349

VELOCIDAD MÁXIMA DE DESGASTE PROMEDIO AJUSTADA ESTADÍSTICAMENTE( $D^-$  MAX)

$$D^- + 1.28(D^-/\sqrt{n})$$

$D^-$  MAX = **4.4693**

ESPEJOR MÍNIMO ENCONTRADO (EB) = 127

LIMITE DE RETIRO (LR) = **90.000**

ESPEJOR MÍNIMO REMANENTE(EB-LR) = 37.0

**VIDA ÚTIL ESTIMADA(VUE)=ER/ $D^-$  MAX = 8.2785**

FECHA PRÓXIMA DE MEDICIÓN DE ESPESORES(FPME)= FR +  $\frac{VUE}{3}$

2007.759

**FPME =OCT 2007**

FECHA DE RETIRO PROBABLE(FPR)= FR +VUE =2013.278

**FRP =ABRIL 2013**

ANALIZO: \_\_\_\_\_

FECHA DE ANALISIS  
NOV.2005





**FORMATO**  
**PROGRAMA DE MEDICION DE ESPESORES DG-GPASI-IT-00204-4**

GERENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL	PROGRAMA DE MEDICION DE MEDICION DE ESPESORES	SUBDIRECCION:
		CENTRO DE TRABAJO:
		SECTOR O AREA: 4
		PLANTA O INSTALACION: FCC

C T O.	U C.	FECHAS DE PROXIMA MEDICION DE ESPESORES (AÑOMES)																																				
		AÑO: 2004												AÑO: 2005												AÑO: 2006												
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
	Carga: 12-01																																					



**FORMATO**

**CHECK LIST PARA INSPECCION EXTERNA PARA TUBERIA DE PROCESO  
CENTRO REFINERIA PLANTA FCC CIRCUITO CARGA FECHA 11-2005**

ANOMALIAS	ESTADO
1.- FUGAS	NO
a.- Proceso	NO
b.-Indicios de vapores	NO
c.-Grampas existentes	NO
2.- DESALINEAMIENTO	NO
a.-Desalineamiento de tuberías/ desplazamiento restringido	NO
b.-Desalineamiento de juntas de expansión	NO
3.-VIVRACIÓN	NO TIENE
a.-Peso colgado excesivo	NO
b.-Soportes inadecuados	NO
c.- Tubería de pequeño calibre	NO
d.-Conexiones roscadas	NO
e.-Soportes sueltos por deterioro metálico	NO
4.- SOPORTE	
a.-Patines de soporte	NO LLEVA
b.- Colgantes deformados o fracturados	NO
c.-Resortes fuera de su apoyo	NO LLEVA
d.-Abrazadera deformada o fracturada	NO
e.-Mensulas sueltas	NO
f.-Placas / rodillos deslizantes	NO LLEVA
g.-Contrapeso	NO TIENE
h.-Soportes en corrosión	NO
5.-CORROSION	
a.-Partes de soporte bajo rampas	NO
b.-Recubrimiento pintura deteriorada	LIGERAMENTE DAÑADA
c.-Interfase suelo aire	NO
d.-Superficie de contacto aislamiento	NO
e.-Productos biológicos	NO
6.- AISLAMIENTO	NO
a.-Daños / perforaciones	NO
b.-Envoltura / aislamientos extraviados	NO LLEVA
c.- Sello deteriorado	NO
d.- Abultamiento	NO
e.-Flejes(rotos / extraviados)	NO



**FORMATO**  
**INSPECCION DE TORNILLERIA**

**INSPECCION DE TORNILLERIA**

EQUIPO O CIRCUITO: CARGA

PLANTA: FC.C

DIBUJO O ISOMETRICO No: 12-01

FECHA: NOVIEMBRE 2005

REVISO: \_\_\_\_\_

No. Brida, tapa o válvula según dibujo anexo	Cantidad de espárragos	Grado de corrosión observado	Cantidad de espárragos a cambiar	observaciones
<b>FEBRERO 2004</b>				
1	12	MOD	0	
2	8	MOD	0	
3	8	MOD	0	
4	12	MOD	0	
<b>NOVIEMBRE 2005</b>				
1	12	MOD	0	
2	8	MOD	0	
3	8	MOD	0	
4	12	MOD	0	

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



FORMATOS

CONTROL DE DESGASTE DE NIPLERIA

DIBUJO: 12-01					ARREGLO BASICO N°: I		
CIRCUITO O EQUIPO: CARGA					DIAMETRO: 3/4"		
REGISTRO DE CALIBRACIONES							
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1 <sup>a</sup> CALIBRACION	DESGASTE	VIDA	2 <sup>a</sup> CALIBRACION	DESGASTE	VIDA
		FECHA:04-083	MPY	UTIL	FECHA:05-883	MPY	UTIL
1	BASE	0.210			0.207	0.003	
2	BASE	0.210			0.205	0.005	
3	COPLA	0.400			0.388	0.000	
4	COPLA	0.400			0.400	0.000	
5	NIPLA	0.145			0.135	0.005	
6	NIPLA	0.145			0.127	0.018	
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
PUNTO DE CALIB	PIEZA CALIBRADA	3 <sup>a</sup> CALIBRACION	DESGASTE	VIDA	4 <sup>a</sup> CALIBRACION	DESGASTE	VIDA
		FECHA:	MPY	UTIL	FECHA	MPY	UTIL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
OBSERVACIONES _____							



DIBUJO: 12-01					ARREGLO BASICO Nº: II		
CIRCUITO O EQUIPO: CARGA					DIAMETRO: 3/4"		
REGISTRO DE CALIBRACIONES							
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1 <sup>a</sup>	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	2 <sup>a</sup>	DESGASTE MPY	VIDA UTIL
		CALIBRACIÓN			CALIBRACION		
		FECHA:04-083			FECHA:05-883		
1	BASE	0.212			0.212	0.000	
2	BASE	0.218			0.202	0.016	
3	COPLÉ	0.415			0.389	0.026	
4	COPLÉ	0.429			0.378	0.051	
5	NIPLE	0.215			0.210	0.005	
6	NIPLE	0.208			0.208	0.000	
7		0.208			0.208	0.000	
8		0.216			0.216	0.000	
9		0.216			0.216	0.000	
10		0.214			0.214	0.000	
11		0.339			0.339	0.000	
12		0.351			0.351	0.000	
13							
14							
15							
PUNTO DE CALIB	PIEZA CALIBRADA	3 <sup>a</sup>	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	4 <sup>a</sup>	DESGASTE MPY	VIDA UTIL
		CALIBRACION			CALIBRACION		
		FECHA:			FECHA		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							



DIBUJO: 12-01			ARREGLO BASICO N°: III				
CIRCUITO O EQUIPO: CARGA			DIAMETRO: 3/4"				
REGISTRO DE CALIBRACIONES							
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1 <sup>a</sup>	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	2 <sup>a</sup>	DESGASTE MPY	VIDA UTIL
		CALIBRACION FECHA:04-083			CALIBRACION FECHA:05-883		
1	BASE	0.216			0.200	0.016	
2	BASE	0.207			0.207	0.000	
3	COPLA	0.572			0.550	0.022	
4	COPLA	0.578			0.535	0.043	
5	NIPLA	0.253			0.241	0.012	
6	NIPLA	0.252			0.232	0.020	
7		0.245			0.245	0.000	
8		0.241			0.241	0.000	
9		0.431			0.431	0.000	
10		0.443			0.443	0.000	
11							
12							
13							
14							
15							
PUNTO DE CALIB	PIEZA CALIBRADA	3 <sup>a</sup>	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	4 <sup>a</sup>	DESGASTE MPY	VIDA UTIL
		CALIBRACION FECHA:			CALIBRACION FECHA		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							



DIBUJO: 12-01				ARREGLO BASICO N°: IV			
CIRCUITO O EQUIPO: CARGA				DIAMETRO: ¼"			
REGISTRO DE CALIBRACIONES							
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1ª	DESGASTE	VIDA	2ª	DESGASTE	VIDA
		CALIBRACIÓN FECHA:04-083	MPY	UTIL	CALIBRACION FECHA:05-883	MPY	UTIL
1	BASE	0.204			0.204	0.000	
2	BASE	0.204			0.204	0.000	
3	COPE	0.399			0.360	0.000	
4	COPE	0.360			0.360	0.000	
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
PUNTO DE CALIB	PIEZA CALIBRADA	3ª	DESGASTE	VIDA	4ª	DESGASTE	VIDA
		CALIBRACION FECHA:	MPY	UTIL	CALIBRACION FECHA	MPY	UTIL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							



DIBUJO: 12-01				ARREGLO BASICO N°: V			
CIRCUITO O EQUIPO: CARGA				DIAMETRO: 3/4"			
REGISTRO DE CALIBRACIONES							
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1 <sup>a</sup>	DESGASTE	VIDA	2 <sup>a</sup>	DESGASTE	VIDA
		CALIBRACIÓN FECHA:04-083	MPY	UTIL	CALIBRACION FECHA:05-883	MPY	UTIL
1	BASE	0.210			0.210	0.000	
2	BASE	0.207			0.207	0.000	
3	COPLA	0.542			0.542	0.000	
4	COPLA	0.522			0.522	0.000	
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
PUNTO DE CALIB	PIEZA CALIBRADA	3 <sup>a</sup>	DESGASTE	VIDA	4 <sup>a</sup>	DESGASTE	VIDA
		CALIBRACION FECHA:	MPY	UTIL	CALIBRACION FECHA	MPY	UTIL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							



DIBUJO: 12-01				ARREGLO BASICO N°: VI			
CIRCUITO O EQUIPO: CARGA				DIAMETRO: 3/4"			
REGISTRO DE CALIBRACIONES							
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1ª	DESGASTE	VIDA	2ª	DESGASTE	VIDA
		CALIBRACIÓN FECHA:04-883	MPY	UTIL	CALIBRACION FECHA:05-883	MPY	UTIL
1	BASE	0.222			0.212	0.010	
2	BASE	0.228			0.216	0.008	
3	COPE	0.416			0.396	0.020	
4	COPE	0.415			0.390	0.025	
5	NIPLE	0.210			0.208	0.002	
6	NIPLE	0.219			0.209	0.010	
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
PUNTO DE CALIB	PIEZA CALIBRADA	3ª	DESGASTE	VIDA	4ª	DESGASTE	VIDA
		CALIBRACION FECHA:	MPY	UTIL	CALIBRACION FECHA	MPY	UTIL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							



DIBUJO: 12-01				ARREGLO BASICO N°: VII			
CIRCUITO O EQUIPO: CARGA				DIAMETRO: 3/4"			
REGISTRO DE CALIBRACIONES							
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1 <sup>a</sup>	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	2 <sup>a</sup>	DESGASTE MPY	VIDA UTIL
		CALIBRACIÓN			CALIBRACION		
		FECHA:04-883			FECHA:05-883		
1	BASE	0.206			0.206	0.000	
2	BASE	0.206			0.206	0.000	
3	COPLA	0.418			0.418	0.000	
4	COPLA	0.416			0.401	0.015	
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
PUNTO DE CALIB	PIEZA CALIBRADA	3 <sup>a</sup>	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	4 <sup>a</sup>	DESGASTE MPY	VIDA UTIL
		CALIBRACION			CALIBRACION		
		FECHA:			FECHA		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							



DIBUJO: 12-01					ARREGLO BASICO N°: VIII		
CIRCUITO O EQUIPO: CARGA					DIAMETRO: 3/4"		
REGISTRO DE CALIBRACIONES							
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1 <sup>a</sup>			2 <sup>a</sup>		
		CALIBRACIÓN FECHA:04-083	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	CALIBRACION FECHA:05-883	DESGASTE MPY	VIDA UTIL
1	BASE	0.221			0.201	0.020	
2	BASE	0.217			0.208	0.009	
3	COPLÉ	0.415			0.395	0.020	
4	COPLÉ	0.415			0.393	0.000	
5	NIPLE	0.226			0.210	0.000	
6	NIPLE	0.184			0.211	0.000	
7					0.213		
8					0.218		
9					0.228		
10					0.218		
11					0.405		
12					0.410		
13							
14							
15							
PUNTO DE CALIB	PIEZA CALIBRADA	3 <sup>a</sup>			4 <sup>a</sup>		
		CALIBRACION FECHA:	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	CALIBRACION FECHA	DESGASTE MPY	VIDA UTIL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							



DIBUJO: 12-01		ARREGLO BASICO N°: IX					
CIRCUITO O EQUIPO: CARGA		DIAMETRO: 3/4"					
<b>REGISTRO DE CALIBRACIONES</b>							
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1 <sup>a</sup> CALIBRACIÓN	DESGASTE	VIDA	2 <sup>a</sup> CALIBRACION	DESGASTE	VIDA
		FECHA:04-083	MPY	UTIL	FECHA:05-883	MPY	UTIL
1	BASE	0.184			0.184	0.000	
2	BASE	0.226			0.187	0.039	
3	COPLA	0.572			0.533	0.019	
4	COPLA	0.590			0.562	0.028	
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
PUNTO DE CALIB	PIEZA CALIBRADA	3 <sup>a</sup> CALIBRACION	DESGASTE	VIDA	4 <sup>a</sup> CALIBRACION	DESGASTE	VIDA
		FECHA:	MPY	UTIL	FECHA	MPY	UTIL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							



DIBUJO: 12-01				ARREGLO BASICO N°: X			
CIRCUITO O EQUIPO: CARGA				DIAMETRO: 3/4"			
REGISTRO DE CALIBRACIONES							
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1ª CALIBRACIÓN	DESGASTE	VIDA	2ª CALIBRACION	DESGASTE	VIDA
		FECHA:04-083	MPY	UTIL	FECHA:05-883	MPY	UTIL
1	BASE	0.212			0.212	0.000	
2	BASE	0.221			0.215	0.006	
3	COPLÉ	0.532			0.532	0.000	
4	COPLÉ	0.513			0.513	0.000	
5	NIPLE	0.251			0.251	0.000	
6	NIPLE	0.244			0.244	0.000	
7		0.243			0.243	0.000	
8		0.250			0.250	0.000	
9		0.472			0.472	0.000	
10		0.429			0.429	0.000	
11							
12							
13							
14							
15							
PUNTO DE CALIB	PIEZA CALIBRADA	3ª CALIBRACION	DESGASTE	VIDA	4ª CALIBRACION	DESGASTE	VIDA
		FECHA:	MPY	UTIL	FECHA	MPY	UTIL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							



DIBUJO: 12-01				ARREGLO BASICO N°: XI			
CIRCUITO O EQUIPO: CARGA				DIAMETRO: 3/4"			
REGISTRO DE CALIBRACIONES							
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1ª	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	2ª	DESGASTE MPY	VIDA UTIL
		CALIBRACIÓN FECHA:04-083			CALIBRACION FECHA:05-883		
1	BASE	0.213			0.213	0.000	
2	BASE	0.211			0.211	0.000	
3	COPLÉ	0.372			0.372	0.000	
4	COPLÉ	0.415			0.415	0.000	
5	NIPLE	0.207			0.207	0.000	
6	NIPLE	0.235			0.235	0.000	
7		0.158			0.158	0.000	
8		0.158			0.158	0.000	
9		0.42			0.42	0.000	
10		0.399			0.399	0.000	
11							
12							
13							
14							
15							
PUNTO DE CALIB	PIEZA CALIBRADA	3ª	DESGASTE MPY	VIDA UTIL	4ª	DESGASTE MPY	VIDA UTIL
		CALIBRACION FECHA:			CALIBRACION FECHA		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							



DIBUJO: 12-01				ARREGLO BASICO Nº: XII			
CIRCUITO O EQUIPO: CARGA				DIAMETRO: 3/4"			
REGISTRO DE CALIBRACIONES							
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1ª CALIBRACIÓN	DESGASTE	VIDA	2ª CALIBRACION	DESGASTE	VIDA
		FECHA:24-083	MPY	UTIL	FECHA:05-883	MPY	UTIL
1	BASE	0.213			0.213	0.000	
2	BASE	0.214			0.214	0.000	
3	COPLA	0.329			0.318	0.011	
4	COPLA	0.343			0.321	0.022	
5	NIPLE	0.240			0.217	0.023	
6	NIPLE	0.222			0.222	0.000	
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
PUNTO DE CALIB	PIEZA CALIBRADA	3ª CALIBRACION	DESGASTE	VIDA	4ª CALIBRACION	DESGASTE	VIDA
		FECHA:	MPY	UTIL	FECHA	MPY	UTIL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							



IV.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

DEPARTAMENTO DE INSPECCION DE SEGURIDAD														
PLANTA F.C.C.		CIRCUITO CARGA LTC DEL T.H.130										DIBUJO 72501		
PUNTO DE CALIBRACION	DIAM. NOM. ESP. ORIC.	LIMITE DE RETIJO	LOCALIZACION	FECHA 88833	FECHA 90250	FECHA 94250	FECHA 9748E	FECHA 9748E	FECHA 9748E	FECHA 9748E	FECHA 9748E	FECHA 9748E	FECHA 9748E	
				CALIBRACION	VELOCIDAD DE DESGASTE M.P.A.	CALIBRACION	VELOCIDAD DE DESGASTE M.P.A.	CALIBRACION						
1	2	100	154	1	220	210	210	0	210	0	200	10	174	26
				2	210	200	200	0	175	30	188	-	189	4
				3	200	200	200	0	190	10	190	0	182	8
				4	210	190	200	-	190	10	190	0	178	12
2				3	220	200	200	0	190	10	219	-	189	2
	4	220	200	200	0	195	10	214	-	206	8			
	5	210	210	200	10	185	10	212	-	179	6			
	6	200	200	200	0	200	0	214	-	188	12			
3				1	200	210	200	10	208	0	216	-	216	-
	2	200	210	200	10	295	10	211	-	221	-			
	3	200	210	200	10	205	0	213	-	213	-			
	4	200	220	200	10	210	10	236	-	236	-			

En este ejemplo se puede visualizar la incorrecta anotación que puede presentarse a confusión a la hora de la transcripción de las lecturas de medición para los cálculos estadísticos.

Realizando la comparación de los formatos impresos por el sistema SIMECELE con los formatos que ellos realizan (anexos 1, 5, 6 7, 8), se observa que se tienen formatos más presentables y datos mas claros y entendibles, en el momento que se requiera, por las auditorias internas de la planta así como para personal de mantenimiento o informes ejecutivos, sin tener la presión de las capturas de los formatos borrador.



---

#### **RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE TUBERÍA Y NIPLERÍA**

De los resultados de las mediciones de espesores del tramo de tubería de una sección de carga (U.C 12-01), se obtuvo que su vida útil estimada (**VUE**) sea de 11 años. Para la fecha de su próxima medición (**FPME**) será para el año 2008, con una fecha de retiro probable (**FRP**) para septiembre 2017. En cuanto a la inspección superficial de tubería (checklist) se observa que no presenta mucha problemática visualmente, así como para la inspección en tornillería presentando una corrosión moderada.

Para el análisis estadístico de niplería se obtuvo un valor de una vida útil estimada (**VUE**) de: 8 años, con una fecha próxima de medición (**FPME**) para, octubre del 2007 y una fecha de retiro probable (**FRP**) en el mes de abril 2013.



**IV.3 CUADRO COMPARATIVO EN EL PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN Y REGISTRO DE ESPEORES EN UNA REFINERIA Y EL SIMECELE**

<p>Procedimiento de medición y registro de espesores en una refinería</p>	<p>Procedimiento de medición y registro de espesores en una refinería con el SIMECELE</p>
<p>Búsqueda de isométricos en carpetas</p>	<p>Rapidez en la búsqueda de isométricos a partir de iconos de selección</p>
<p>Portación de isométrico impreso incomodidad para el Ing. de inspección.</p>	<p>Fácil visualización en un isométrico digital, y toma de medición aleatorio mediante la Tablet Pc</p>
<p>Medición independiente del registro para el análisis estadístico</p>	<p>Unificación de medición y registro para un consecuente análisis estadístico sin error humano de dictado</p>
<p>Vaciado de datos en su programa para el cálculo estadístico y conocer (Desgaste, VUE, FPME, FRP). Tiempo de inversión 3-4 horas para un circuito de 40 niveles de inspección</p>	<p>El sistema de medición al termino de las lecturas el operador ejecuta un comando para la realización de los cálculos estadístico y su impresión. Tiempo necesario para la impresión (5 min.)</p>
<p>Doble trabajo cuando se realiza el vaciado de datos en formatos borrador y error humano en la captura de mediciones hechas</p>	<p>Registro, almacenamiento y actualización de las mediciones al instante al realizar la lectura de la medición</p>
<p>Posible error de medición por inadecuada colocación del palpador</p>	<p>Alarma de lecturas incorrectas por mala posición del palpador</p>
<p>Para el ingeniero representa un 30 % de trabajo al invertir en la captura y análisis estadístico en una jornada de 8 hrs. de trabajo</p>	<p>Ahorro de tiempo , para cumplir con su programa de inspección</p>



---

#### IV.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DELA PROPUESTA DE LA IMPLEMENTACION

##### VENTAJAS

- Programación automática de inspecciones ultrasónicas.
- Registro de datos mas confiables para la estadística de medición.
- Agilización del análisis estadístico de medición de espesores por ultrasonido.
- Planeación de las principales operaciones de mantenimiento.
- Cumple con norma exclusiva de PEMEX (DG-GPASI-IT-2004).
- Al hacer la medición con el medidor ultrasónico, el valor numérico de la medición se actualizará automáticamente, en la base de datos, asegurando la secuencia correcta de dicha toma de mediciones.
- Mejor comunicación interdepartamental entre (inspección- mantenimiento y proceso).

En caso de ser aprobado el sistema de medición de la UNAM estos reportes podrán ser consultados en la red de intranet de PEMEX. De esta manera podrán ser consultados en el momento que se requieran. Así como también se tendrá el beneficio en la administración de estos reportes al tener un respaldo de archivos como se los exige la aseguradora. de la planta.



---

#### **DESVENTAJAS EN EL EQUIPO ULTRASÓNICO.**

- Equipo muy caro.
- A temperaturas arriba de 150 °C son erróneas las lecturas.
- La Tablet Pc podrá ser usado solamente por 4 hr de tiempo, ya que es lo que dura para proporcionar energía su batería (batería recargable).

#### **IV.5 CONCLUSIONES**

El sistema SIMECELE proporciona información confiable en el registro de la medición de espesores evitando: errores humanos en el dictado de las mediciones, transcripción inadecuada para el análisis estadístico, así como también la generación de reportes más claros y presentables para quien lo solicite (personal de inspección y seguridad, mantenimiento y auditorías internas). Ahorro de tiempo en la generación de los formatos del reporte de inspección.

#### **RECOMENDACIONES.**

Dar capacitación en el manejo del equipo SIMECELE (Tablet Pc). Cambiar al fondo negro de la pantalla de la Tablet ya que con el reflejo de la luz del día no se observa adecuadamente algunas líneas. El chaleco para portar la Tablet es incomodo. Diseñar una más cómoda. En caso de ser aceptado la propuesta actualizar isométrico si hay una modificación en algún tramo de tubería.



---

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. <http://www.invides.com.mx/antiores/Julio2001/htm/corrosion.html>.
  2. GENESCA LLONGUERAS JOAN. *Más allá de la herrumbre III Corrosión y medio ambiente, fondo de cultura económica México, D.F. 1994*
  3. <http://www.materialsengineer.com/CA-pipeline-failure.htm>
  4. <http://www.monografias.com/trabajos15/mantenimiento-industrial/mantenimiento-industrial.shtml#PREVENT>
  5. <http://www.sieend.com.mx/pnd%20mt.htm>
  6. <http://www.inspeccion.com.mx/estudio espesores ultrasonido placa.htm>.
  7. <http://www.ilustrados.com/publicaciones/EpZyEkEupETCUNOkDP.php>
  8. [http://www.hardware-corner.net/hp/hp\\_tr3000/1c.html](http://www.hardware-corner.net/hp/hp_tr3000/1c.html)
  9. <http://www.microsoft.com/latam/prensa/tablet/pc/>
  10. <http://www.inspeccion.com.mx/estudioespesores ultrasonido.html>
-



11. Procedimiento Para el Registro, Análisis y programación De la Medición Preventiva de Espesores Documento Normativo., clave: DG-GPASI-IT-00204. (PEMEX-REFINACION)
12. <http://www.cre.gob.mx/discursos/2004/sensis/PEMEXPGPB.pdf#sear%20ch='SSPA%20pemex>
13. *Curso de Análisis de Riesgo de Proceso*, impartido por: Dr. M. Javier Cruz Gómez con la colaboración de: Ing. Héctor J. Cruz Campa, Ing. Víctor E. Rodríguez Martines, Ing. Miriam Guzmán Espinaza. UNAM Facultad de Química 2004.
14. TESIS DESARROLLO Y ANALISIS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LOS DIAGRAMAS TECNICOS E INDUSTRIALES (SIDTI), EN LA UNIDAD DE CICLOEXANO (AREA 3), DE LA REFINERÍA "GRAL. LAZARO CARDENAS" DE MINATITLAN VERACRUZ. MARCO ANTONIO GONZALEZ PEREZ. FACULTAD DE QUÍMICA.2001

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Owen L. Davies. "Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación y a la producción" Traducción del inglés por Francisco Azorin, Anselmo Calleja. Editorial Aguilar 1965.
2. Diseño de reactores Químicos. Jesús Blanco Álvarez, Ricardo Linarte Lascano.Edit, Trilla S.A., México 1978
3. GENESCA LLONGUERAS JOAN. *Más allá de la herrumbre III Corrosión y medio ambiente, fondo de cultura económica México, D.F. 1994.*



- 
4. Manual de operación de la planta FCC área 4 .de la refinería Gral."Lázaro Cárdenas" Minatitlán Veracruz.1995
  
  5. TESIS: INCORPORAR CRITERIOS ACORDES A LOS AVANCES TECNOLÓGICOS QUE NOS PERMITEN MEJORAR LA INTEGRIDAD MECÁNICA Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD, EN SISTEMAS DE TUBERÍAS NUEVAS O REHABILITADAS UTILIZADAS PARA EL TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS. MARTINEZ MARTINEZ MARCO ANTONIO. FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA. UNAM. 2005.
  
  6. Manual de procedimiento de equipo "modelo DMS 2" medidor de espesores ultrasónico con verificador de imagen y almacenador de datos integrado. Grupo KB de México, S.A. de C. V.
  
  7. ¿Que fallo? Desastres en plantas con procesos químicos ¿como evitarlos? Mc GrauHill/interamericana de España. S. A. U.2002 traducido de la 4° edición en ingles de What went wrong.
  
  8. TESIS DESARROLLO Y ANALISIS DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE LOS DIAGRAMAS TECNICOS E INDUSTIALES(SIDTI),EN LA UNIDAD DE CICLOEXANO (AREA 3),DE LA REFINERIA"GRAL.LAZARO CARDENAS" DE MINATITLAN VERACRUZ. MARCO ANTONIO GONZALEZ PEREZ. FACULTAD DE QUIMIICA.2001.
  
  9. Sistema Informático de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos (SIMECELE): Software desarrollado por: Ing. Héctor Javier Cruz Campa, Ing. Susana Ortiz Cuayahuitl.
-

**A NEXOS**



Anexo 1

FORMATO TIPO DG-GPASI-IT-00204-2, REGISTRO DE MEDICIÓN DE ESPORES EN LÍNEAS DE TUBERÍA.

DEPARTAMENT DE INSPECCION SEGURIDAD														
PLANTA <u>F.C.U</u>				CIRCUITO <u>CARGA</u>						DIBUJO <u>12501</u>				
PUNTO DE CALIBRACION	DIAM. NOM.	LIMITE DE METRO	LOCALIZACION	FECHA <u>88633</u>	FECHA <u>90250</u>	FECHA <u>94250</u>	FECHA <u>97-08E</u>	FECHA <u>9900</u>	FECHA <u>03083</u>	CALIBRACION	VELOCIDAD DE DESGASTE M.P.A.	CALIBRACION	VELOCIDAD DE DESGASTE M.P.A.	
				CALIBRACION	VELOCIDAD DE DESGASTE M.P.A.	CALIBRACION	VELOCIDAD DE DESGASTE M.P.A.	CALIBRACION	VELOCIDAD DE DESGASTE M.P.A.					CALIBRACION
1	2	100	134	1	220	210	210	0	210	0	200	10	174	24
				2	210	200	200	0	175	30	188	-	184	4
				3	200	200	200	0	190	10	190	0	182	8
				4	210	190	200	-	190	10	190	0	178	12
2				3	220	200	200	0	190	10	219	-	188	2
				4	220	200	200	0	195	10	214	-	206	8
				5	210	210	200	10	185	10	212	-	179	6
				6	200	200	200	0	200	0	214	-	188	12
3				1	200	210	200	10	195	0			216	-
				2	200	210	200	10	195	10			221	-
				3	200	210	200	10	205	0			213	-
				4	200	220	220	0	210	10			230	-
4				1	220	200	200	0	210	0	209	1	201	8
				2	220	200	230	-	205	10	224	-	210	14
				3	210	200	200	0	200	0	198	2	204	-
				4	220	200	190	10	200	0	221	-	212	9
5				1	220	210	200	10	2140	-	224	-	202	16
				2	220	210	200	10	200	0	226	-	226	0
				3	200	200	200	-	2140	-	224	-	229	-
				4	210	200	200	0	210	0	224	-	208	16
6				1	200	200	200	0	210	0	214	-	206	2
				2	210	200	200	0	215	0	212	3	213	-
				3	200	200	200	0	210	0	217	-	202	14
				4	220	200	200	0	205	0	219	-	205	14
7				1	210	210	210	0	210	0	220	-	217	3
				2	190	190	230	-	190	10	220	-	195	24
				3	200	190	240	-	200	10	220	-	194	22
				4	200	210	220	-	175	30	220	-	194	22

OBSERVACIONES:  EN ESPESOR RETIRADO  EN ESPESOR ORIGINAL. 70 220 216







---

#### **Anexo 4. CRITERIOS ADICIONALES EN LA MEDICIÓN DE ESPESORES**

Cuando las velocidades de desgaste sean mayores en determinados puntos de las líneas o equipos, debe considerarse que pudiera tenerse el caso de corrosión de tipo localizado y por lo tanto, se procede a hacer la revisión de los materiales y de las corrientes de la unidad de control, como base para un estudio de corrosión posterior.

Cuando el desgaste se encuentre localizado y definido en alguna sección de las líneas o equipos, se deben analizar materiales tanto de diseño como de construcción, cambios bruscos de dirección, cédula menor, inyección de aditivos, orificios de restricción, incrustación interior, etc.

Si en una unidad de control existen diferentes clases de materiales en piezas de tubería o partes de equipo, deben analizarse en forma separada, ya que su comportamiento en cuanto a velocidades de desgaste, es totalmente distinto.

En el caso de piezas de tubería o equipos con materiales fuera de norma o especificación, como podrían ser materiales o cédulas distintas al diseño, o que presenten problemas metalúrgicos, soldaduras defectuosas, fracturas, poros, corrosión exterior o cualquier otro tipo de falla o defecto diferente al concepto de velocidad de desgaste, en lugar de utilizar el formato de "Emplazamiento", se usa el de "Solicitud de fabricación"



---

Para el caso de tuberías que operan a bajas temperaturas y en las cuales no es conveniente remover el aislamiento externo, se recomienda efectuar la medición de espesores por el método radiográfico, el cual es confiable hasta diámetros de 8 pulgadas. Sin embargo se pueden presentar varias situaciones:

Tuberías con más de dos años en operación sin datos de valores de espesor; se radiografiará 10% de sus niveles de medición, si los valores encontrados no acusan desgaste apreciable en comparación con los valores de diseño, se programará otra determinación a los 5 años.

Tuberías con diámetros mayores a 8 pulgadas sin ningún dato de medición, se debe hacer una determinación ultrasónica al 10% lo antes posible retirando el aislamiento en un paro. Dependiendo de los espesores encontrados y comparando con los datos de diseño y el tiempo de operación, se estima una fecha de próxima medición.

Desde luego, si los espesores obtenidos acusan desgastes importantes o si han existido fallas en operación, se amplía el porcentaje de niveles a medir.

Equipos operando a bajas temperatura.- Se miden los espesores ultrasónicamente en los paros de la planta ya sea interiormente o por el exterior retirando el aislamiento. La intensidad de medición base, será del 10% de los puntos o más si se detectan espesores bajos.

---



---

Es conveniente se elimine pintura de tuberías y equipos en los puntos donde se va a medir el espesor , dejándolos cubiertos de grasa para evitar la oxidación , con el propósito de identificar el punto de control con fines estadísticos esta práctica de eliminar la pintura puede evitarse en los casos en que el Centro de Trabajo realice mediciones de espesor con aparatos con capacidad de discriminar el espesor correspondiente a la pintura y que la superficie metálica sea suficientemente uniforme y no requiera de pulirse.

Las líneas construidas con materiales especiales y que de diseño en algunos casos no se consideró el margen de corrosión correspondiente, como por ejemplo titanio, acero inoxidable, aluminio, etc., se miden a un 25% de sus niveles de medición en dos fechas espaciadas más de un año, para comprobar que el material se comporte como se planeó y por lo tanto que no hay desgaste, así como para tener datos estadísticos de referencia. Si esto se comprueba, se programa a 5 años la fecha de próxima medición, midiendo con una intensidad de 10%. Si es al contrario, se hará el análisis respectivo según el procedimiento.



Anexo 5

FORMATO DE CHECK LIST

CHECKLIST PARA INSPECCION EXTERNA DE TUBERIAS DE PROCESO

ENTRO R. G. L. C. PLANTA F. C. C. CIRCUITO SKOP FECHA 18-07-02

ANOMALIAS	ESTADO
<b>FUGAS</b>	NO TIEVE
- Proceso	
- Indicios de vapores	
- Grampas existentes	
<b>DESALINAMIENTO</b>	NO PRESENTA
- Desalinamiento de tubería /desplazamiento restringido	
- Desalinamiento de juntas de expansión	
<b>VIBRACION</b>	NO TIEVE
- Peso colgado excesivo	
- Soportes inadecuados	
- Tuberías de pequeño calibre	
- Conexiones roscadas	
- Soportes sueltos por deterioro metálico	
<b>SOPORTE</b>	
- Patines de soportes	
- Colgantes desformados ó fracturados	
- Resortes fuera de apoyo	
- Abrazadera deformada ó fracturada	FLOJA EN UNO DE LOS Y CON SU RESORTES CORROSION
- Mésulas sueltas	DEL ESPACIO
- Placas / rodillos deslizantes	
- Contra peso	
- Soportes con corrosión	
<b>CORROSION</b>	LEVE
- Partes de soportes bajo grampas	
- Recubrimiento / pintura deteriorados	NO
- Interfase suelo - aire	
- Superficie de contacto del aislamiento	
- Productos biológicos	
<b> AISLAMIENTO</b>	NO LEVE
- Daños / perforaciones	
- Envoltura / aislamiento extraviados	
- Sello deteriorado	
- Abultamiento	
- Flejes ( rotos / extraviados )	



**Anexo 6  
FORMATO BORRADOR DE DESGASTE DE NIPLERÍA**

**CONTROL DE DESGASTE DE NIPLERIA**

DIBUJO: <u>12-48</u>					ARREGLO BASICO No. <u>1</u>					
CIRCUITO O EQUIPO: <u>200.</u>					DIAMETRO: _____					
REGISTRO DE CALIBRACIONES										
PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	1ra. CALIBRACION FECHA	DESGASTE M.P.Y	VIDA UTIL	2da. CALIBRACION FECHA	DESGASTE M.P.Y	VIDA UTIL	3ra. CALIBRACION FECHA.	DESGASTE M.P.Y	VIDA UTIL
1	N- 8"	295			335					
2	N- 6"	280			355					
3	NIFE 12	312			370					
4	NIFE 12	320			380					
5	NIFE 14	285			165					
6	NIFE 12	153			170					
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

PUNTO DE CALIB.	PIEZA CALIBRADA	4ta. CALIBRACION FECHA	DESGASTE M.P.Y	VIDA UTIL	5ta. CALIBRACION FECHA	DESGASTE M.P.Y	VIDA UTIL	6ta. CALIBRACION FECHA.	DESGASTE M.P.Y	VIDA UTIL
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

OBSERVACIONES ARREGLO UBICADO EN EL NIVEL 37



**Anexo 7**  
**FORMATO BORRADOR DE INSPECCIÓN DE TORNILLERÍA**

GPEI-1 54

SUBDIRECCION DE TRANSFORMACION INDUSTRIAL  
GERENCIA DE PROTECCION ECOLOGICA E INDUSTRIAL  
SUBGERENCIA DE INSPECCION TECNICA

**INSPECCION DE TORNILLERIA**

ENTRO DE TRABAJO: REF. GRAL. LAZARO @ PLANTA O AREA: FABRICA F.C.E  
QUIPO O CIRCUITO: AREA #5 ISOMETRICO Nº: 12-46

Nº DE BRIDA, TAPA O VALVULA, SEGUN DIBUJO ANEXO.	CANTIDAD DE ESPARRAGOS	GRADO DE CORROSION OBSERVADO	CANTIDAD DE ESPARRAGOS A CAMBIAR	OBSERVACIONES
1	8	1	/	
2	8	4	4	
3	8	2	/	
4	8	2	/	
5	16	2	/	
6	16	2	/	
7	4	2	/	
8	8	2	/	
9	4	2	/	
10	4	2	/	
11	4	2	/	
12	4	2	/	
13	4	2	/	
92				
				Fco. SALGADO FERDIX

**GUIA PARA LA REVISION DE TORNILLERIA:**

- 1 BAJA:** OXIDADOS, PERO LA CUERDA DEL ESPARRAGO NO SE VE DESGASTADA EN FORMA APRECIABLE.
- 2 MODERADA:** DEPOSITOS DE CORROSION EN PARTES DEL ESPARRAGO, HILOS DE LA ROSCA CON PROFUNDIDAD SUFICIENTE.
- 3 ALTA:** EL ESPARRAGO PRACTICAMENTE YA NO CUENTA CON ROSCA EN ALGUNA SECCION, PERO SE ALCANZAN A VER TODAVIA LOS HILOS, AUNQUE YA CASI BORRADOS.
- 4 SEVERA:** EL ESPARRAGO YA SE VE EN ALGUNAS ZONAS SIN SU DIAMETRO ORIGINAL. SE OBSERVAN ACINTURONAMIENTOS Y LOS HILOS DE LA ROSCA YA NO EXISTEN EN ESTE LUGAR.



**Anexo 8**  
**FORMATO BORRADOR ANÁLISIS DE REGISTRO DE MEDICIÓN DE**  
**ESPEORES**

CONDENSADO DE LA ESTADÍSTICA DE CALIBRACION

REFINERIA G. L. C. PLANTA Fracc. FCC  
 CIRCUITO De Desfogue  
 LINEA O UNIDAD DE CONTROL 12-46  
 TOTAL DE PUNTOS DE CONTROL ORIGINALES 30 (100%)

FECHA DE ANALISIS	FECHA ULTIMA CALIBRACION.	NO. PUNTOS CALIBRACIONES COMPLETOS	VELOCIDAD DE DESGASTE	FECHA PROXIMA CALIBRACION F.T.C.	FECHA DE TIROPROBARLE	TEMP. CALIBRACION	% PUNTOS FOR CALIBRACION EN F.T.C.
<del>DIC-83</del>	<del>NOV-83</del>	<del>30</del>	<del>①</del>	<del>NOV-85</del>		<del>Frio</del>	<del>100%</del>
<del>SEPT-89</del>	<del>SEPT-89</del>	<del>30</del>	<del>5.28</del>	<del>SEPT-89</del>	<del>91.63V</del>		
<del>SEPT-90</del>	<del>SEPT-90</del>	<del>30</del>	<del>13.5</del>	<del>SEP-91</del>	<del>INMEDIATO</del>	<del>WUE=0</del>	<del>100%</del> ②
<del>NOV-91</del>	<del>NOV-91</del>	<del>30</del>	<del>8.94</del>	<del>NOV-92</del>	<del>INMEDIATO</del>	<del>WUE=0</del>	<del>100%</del>
<del>FEB-94</del>	<del>FEB-94</del>	<del>30</del>	<del>18.61</del>	<del>FEB-95</del>	<del>✓</del>		
<del>FEB-95</del>	<del>FEB-95</del>	<del>30</del>	<del>22.99</del>	<del>FEB-96</del>	<del>✓</del>	<del>✓</del>	
<del>FEB-96</del>	<del>FEB-96</del>	<del>30</del>	<del>20.03</del>	<del>FEB-97</del>	<del>✓</del>	<del>✓</del>	
<del>FEB-97</del>	<del>FEB-97</del>	<del>32</del>	<del>26.83</del>	<del>FEB-98</del>	<del>✓</del>	<del>✓</del>	<del>✓</del>
<del>FEB-98</del>	<del>FEB-98</del>	<del>32</del>	<del>①</del>	<del>FEB-99</del>		<del>FRIO</del>	<del>100%</del>
<del>MAR-99</del>	<del>MAR-99</del>	<del>27</del>	<del>21.5</del>	<del>JUL-2000</del>	<del>MAY-2003</del>	<del>FRIO</del>	<del>100%</del>
<del>SEP-00</del>	<del>SEP-00</del>	<del>35</del>	<del>4.70</del>	<del>NOV-01</del>	<del>&gt;WUE=0</del>	<del>WUE=0.13</del>	

OBSERVACIONES: ① Primera Calibración

② SOLICITAR CAUSO DEC N-5 (2%)



---

## GLOSARIO

**Accidente.**- Evento no premeditado aunque muchas veces previsible, que se presenta en forma súbita, altera el curso regular de los acontecimientos, lesiona o causa la muerte a las personas y ocasiona daños en sus bienes y entorno.

**Accidente químico.**- Liberación accidental de sustancias químicas peligrosas ocurrida durante su producción, transporte o manejo.

**Análisis de riesgos.**- Es la identificación y evaluación sistemática de objetos de riesgo o peligros.

**Atmósfera explosiva.**- Mezcla constituida por aire y gases, vapores, nieblas o polvos inflamables bajo condiciones atmosféricas, en proporciones tales que a una temperatura excesiva, arcos, o chispas produzcan su explosión.

**Análisis de la estadística.**- Es el análisis formal que se ejecuta a partir de los datos asentados en el "Registro de medición de espesores", para determinar las fechas de la próxima medición y de retiro probable de tuberías y equipos.

**Análisis preliminar.**- Es el análisis inmediato que debe realizarse comparando los espesores obtenidos en ese momento con los de mediciones anteriores y con el límite de retiro.

**Circuito.**- Conjunto de líneas y equipos que manejen un fluido de la misma composición, pudiendo variar en sus diferentes partes las condiciones de operación.

---



---

**Clad.**-conocido como WPR-29, es una aplicación al acero inoxidable para dar mayor resistencia a la corrosión, abrasión que consta de una malla de carburo de tuxteno (62% cloruro de tuxteno, 30% níquel, 6% cromo, 2 %otro.

**Combustóleo o Fuel Oil.**- Es un combustible pesado para hornos y calderas industriales.

**Corrosión variable.**- Por lo que las unidades de control en este caso pueden ser equipos enteros o partes de los mismos que presenten similares condiciones de corrosión.

**Disolventes alifáticos.**- Sirven para la extracción de aceites, pinturas, pegantes y adhesivos; para la producción de thinner, gas para quemadores industriales, elaboración de tintas, formulación y fabricación de productos agrícolas, de caucho, ceras y betunes, y para limpieza en general.

**Equipos.**- Son todos aquellos dispositivos (recipientes, cambiadores, bombas, tanques de almacenamiento, etc.) que conjuntamente con las líneas integran los circuitos.

**Espesor remanente.**- Es la diferencia de espesores entre el obtenido en la última medición y el límite de retiro.

**Fecha de próxima medición de espesor (FPME).**- Es la fecha en la cual debe efectuarse la siguiente medición de la unidad de control, de acuerdo al análisis.

---



---

**Fecha de retiro probable (FRP).**- Es la fecha en la cual se estima que debe retirarse la unidad de control, por haber llegado al término de su vida útil.

**Gas propano o GLP.**- Se utiliza como combustible doméstico e industrial.

**Límite de retiro.**- Es el espesor con el cual deben retirarse los tramos de tubería y equipos de acuerdo con sus condiciones de diseño.

**Línea.**- Es llamada así al conjunto de tramos de tubería y accesorios que manejen el mismo fluido a las mismas condiciones de operación. Normalmente esto se cumple para la tubería localizada entre dos equipos en la dirección de flujo.

**Líneas y equipos críticos.**- Son aquellos, cuyas velocidades de desgaste exceden el valor de 20 milésimas de pulgada por año (20 mpa).

**Lining.**- sistema de recubrimiento con geomembrana de caucho, para recubrimientos y aplicaciones en protecciones ambientales.

**Mantenimiento Preventivo.**- Acción u operación que se aplica para evitar que ocurran fallas.

**Medición de espesores.**- Actividad en la cual se mide el espesor por medios ultrasónicos, electromagnéticos, mecánicos o la combinación de ellos.



---

**Medición de espesores con la instalación o unidad fuera de operación.**-Es la medición del espesor de líneas y equipos que se efectúa durante sus períodos de inactividad, principalmente durante las reparaciones.

**Medición preventiva de espesores.**- Es el trabajo de medición sistemática de espesores de pared en tuberías y equipos. Esta medición generalmente se lleva a cabo mediante técnicas ultrasónicas, pudiendo también utilizar métodos físicos directos, radiográficos, etc. *(Por parte del personal de inspección lo define como el aviso oportuno para evitar una posible falla a un equipo o un sistema de tubería mediante la medición de espesores).*

**Nitrógeno.**-El nitrógeno es un gas no tóxico, incoloro, inodoro e insípido. Puede condensarse en forma de un líquido incoloro que, a su vez, puede comprimirse como un sólido cristalino e incoloro.

**Nivel de medición.**- Es el conjunto de posiciones de medición que se deben efectuar en un mismo sitio de una tubería o equipo.

**Periodicidad de medición de espesores.**- Se considera como tal el tiempo que transcurre entre una fecha de medición y la siguiente consecutiva y la cual depende del análisis de la velocidad de desgaste.

**Pieza de tubería.**- Es el tramo recto de tubería o accesorio (tee, codo, reducción, válvula, etc.) colocado entre bridas, soldaduras o roscas, el conjunto de "piezas de tubería" integrará por lo tanto, las "líneas".

---



---

**Pitting.**- corrosión puntual (pequeños orificios difíciles de detectar).

**Planeación.**- Se considera como tal la elaboración del programa con los dibujos de unidades de control, necesarios para efectuar la medición preventiva de espesores en una fecha determinada.

**Programación de la medición preventiva de espesores.**- Se considera como tal la elaboración del programa anual de medición preventiva, en el cual se indica para cada línea y equipo la fecha en que deben medirse sus espesores conforme al criterio de unidad de control que resulta del análisis de la velocidad de desgaste y del límite de retiro.

**Posición o punto de medición.**- Es el lugar en donde se mide el espesor de pared.

**Saneamiento de la estadística.**- Es el trabajo consistente en repetir la medición de espesores en aquellos equipos, líneas, piezas, etc., así como en aquellos puntos, cuya velocidad de desgaste sea muy diferente al típico obtenido para la línea o equipo de que se trate.

**Unidad de control.**- Los circuitos se dividen en «unidades de Control», estas últimas se definen como secciones de circuitos que tengan una velocidad de corrosión más o menos homogénea. En el caso de tuberías, la unidad de control será la línea. En el caso de equipos, se debe proceder como se indica en equipos.

**Vaciado de datos.**- Es transferir la lectura de los espesores obtenidos en el campo a un registro permanente llamado también "Registro de medición de espesores".

---



---

**Velocidad de desgaste.**- Como tal, se considera la rapidez con la cual disminuye el espesor de una pared metálica. Ordinariamente, se calcula comparando los espesores obtenidos en mediciones efectuadas en dos fechas consecutivas.

**Velocidad de Corrosión.**- Es la relación del desgaste del material metálico con respecto al tiempo, en mm/ año, pulg. /año.

**Verificación de puntos sospechosos.**- Es repetir la medición de los puntos cuyos espesores de acuerdo al análisis preliminar, arrojan dudas sobre su veracidad, por observarse "disparados" con respecto a los que por lógica sería recomendable encontrar.

**Vida útil estimada (VUE).**- Es el tiempo supuesto que debe transcurrir antes de que la unidad de control llegue a su límite de retiro.

TELS. OFICINA 5512 - 0585 / 5866 - 9008

## Impresos de calidad



*Filiberto Auerta Linares*  
*Atención Personal*

*TRABAJOS URGENTES EN 8 HRS.*

Encuadernaciones en  
queratol, piel, valencia  
y papelería en general.

CUBA 99 DESPACHO 1,  
PRIMER PISO COL. CENTRO.

*(Llame nosotros vamos)*

- Trabajos garantizados ○
- calidad y puntualidad ○
- servicio a domicilio  
sin costo extra. ○



Evite Pagar comisión.  
Antes de llegar al edificio  
llame, alguien de nuestro  
personal bajara por usted.