



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD  
MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y  
REPARTO DE HIDROCARBUROS**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA:**

**JUAN ALEJANDRO MARTÍNEZ CARRILLO**



**MÉXICO, D.F. A 29 DE NOVIEMBRE 2013**



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.



## **JURADO**

- **PRESIDENTE DR. NÉSTOR NOÉ LÓPEZ CASTILLO**
- **VOCAL DR. M. JAVIER CRUZ GÓMEZ**
- **SECRETARIO DR. FAUSTO CALDERAS GARCÍA**
- **SUPLENTE M. en I. MARÍA ESTELA DE LA TORRE GÓMEZ TAGLE**
- **SUPLENTE M. en C. MARINA CABALLERO DÍAZ**

## **ASESOR**

---

**DR. M. JAVIER CRUZ GÓMEZ**

## **SUSTENTANTE**

---

**JUAN ALEJANDRO MARTÍNEZ CARRILLO**

*DEDICADO A*

*Mis padres Rocío y Juan a quienes agradezco infinitamente su enorme esfuerzo e incalculable apoyo.*

## AGRADECIMIENTOS

- *A mis abuelos Aurelia e Inocencio que siempre he contado con ellos y que son un ejemplo de vida.*

*"NUNCA DIGAS NO PUEDO", Gracias abuelo por dejarme esa filosofía de ver la vida.*

- *A mis tías, Cheli e Isabel por brindarme su apoyo incondicional todo el tiempo.*
- *A Nancy, Gaby y Diego por todo lo que hemos vivido juntos y tratar de seguir unidos.*
- *A la UNAM que me ha dado mucho en todos los aspectos*

# IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



MARTÍNEZ CARRILLO JUAN ALEJANDRO

UNAM, FES ZARAGOZA

2013



## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
1.1 HIPÓTESIS	10
1.2 OBJETIVO GENERAL	10
1.2.1 OBJETIVOS PARTICULARES	10
1.3 ALCANCE.	11
<b>CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO</b>	<b>12</b>
2.1 SEGURIDAD INDUSTRIAL	13
2.2 INTEGRIDAD MECÁNICA	14
2.3 LA CORROSIÓN Y EL DESGASTE EN TUBERÍAS	15
2.4 CLASES DE TUBERÍAS	16
2.4.1 TUBERÍAS CLASE 1	16
2.4.2 TUBERÍAS CLASE 2	17
2.4.3 TUBERÍAS CLASE 3	17
2.5 INSPECCIÓN TÉCNICA DE TUBERÍAS	18
2.5.1 INSPECCIÓN VISUAL EXTERNA	18
2.5.2 MEDICIÓN DE ESPESORES	19
2.5.3 LA INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO.	19
2.6 CONCEPTOS BÁSICOS EN INSPECCIÓN TÉCNICA PREVENTIVA.	21
2.6.1 CIRCUITO, LÍNEAS Y UNIDADES DE CONTROL	21
2.6.2 NIVEL DE MEDICIÓN	22
2.6.3 NIVEL DE TUBERÍA	25
2.6.4 NIVEL DE TORNILLERÍA	25
2.6.5 NIVELES DE NIPLERÍA	26
2.6.6 VIDA ÚTIL ESTIMADA, FECHA DE PRÓXIMA MEDICIÓN Y FECHA DE RETIRO PROBABLE	28
2.7 SIMECELE (SISTEMA INTEGRAL DE MEDICIÓN Y CONTROL DE ESPESORES EN LÍNEAS Y EQUIPOS)®.	31
2.7.1 MÓDULO DE CAPTURA Y EDICIÓN DE LA INFORMACIÓN.	31
2.7.2 MÓDULO DE CONSULTA DE INFORMACIÓN	32
2.7.3 MÓDULO DE CONSULTA DE ISOMÉTRICOS EN INTRANET	32
2.7.4 MÓDULO DE VER O CREAR REPORTES	32
2.7.5 MÓDULO DE ESPECIFICACIONES DE MATERIALES	32
2.7.6 MÓDULO PARA LA DIGITALIZACIÓN DE ISOMÉTRICOS	33



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



<b>CAPÍTULO 3 TRABAJO EN CAMPO</b>	<b>36</b>
3.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN TÉCNICA	37
3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA TAR	38
3.3 ELABORACIÓN DEL CENSO DE CIRCUITOS DE LÍNEAS DE PROCESO	41
3.4 ELABORACIÓN DEL CENSO DE UNIDADES DE CONTROL	42
3.5 ACTUALIZACIÓN DE DIAGRAMAS ISOMÉTRICOS EN CAMPO.	52
3.6 DIGITALIZACIÓN DE ISOMÉTRICOS PARA INSPECCIÓN TÉCNICA EN AUTOCAD®	53
3.7 CORRESPONDENCIA DE NIVELES DE MEDICIÓN DE ESPESORES	56
3.8 CAPTURA EN EL SIMECELE	60
3.9 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL	65
<b>CAPÍTULO 4 RESULTADOS</b>	<b>66</b>
<b>CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES</b>	<b>79</b>
5.1 RECOMENDACIONES	83
<b>ANEXO I</b>	<b>84</b>
A) DIAGRAMA MECÁNICO DE FLUJO CON CIRCUITOS IDENTIFICADOS	84
B) DIAGRAMA MECÁNICO DE FLUJO CON UNIDADES DE CONTROL IDENTIFICADAS	84
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>87</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>89</b>



<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>PÁG.</b>
Figura 1. La corrosión en ductos	15
Figura 2. Medidor ultrasónico krautkramer DMS 2	20
Figura 3. Conceptos de circuito, líneas, equipo y unidad de control	21
Figura 4. Posiciones de medición para tubería	22
Figura 4.1 Posiciones de medición para codos	22
Figura 4.2 Posiciones de medición para tee's	23
Figura 5. Niveles de tubería, nipleria y tornillería señalados en un diagrama isométrico	24
Figura 6. Arreglos típicos de nipleria	27
Figura 7. Interface de inicio del simecele	34
Figura 8. Esquema del proceso de medición preventiva	35
Figura 9. Levantamiento típico en papel isométrico	53
Figura 10. Diagrama isométrico 1 de 2 de la uc-002 del circuito de magna	54
Figura 10.1 Diagrama isométrico 2 de 2 de la uc-002 del circuito de magna	55
Figura 11. Captura de los niveles de medición de tubería de la uc-002 del circuito de magna	61
Figura 12. Captura de los niveles de medición de niplería de la uc-002 del circuito de magna	62
Figura 13. Captura de los niveles de tornillería de la uc-002 del circuito de magna	62
Figura 14. Características de la unidad de control uc-002 del circuito de magna	67



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



Figura 14.1 Especificación de la unidad de control uc-002 del circuito de magna	<b>68</b>
Figura 14.2 Niveles de medición de tubería de la unidad de control uc-tar-002 del circuito de magna	<b>69</b>
Figura 14.3 Niveles de niplería de la unidad de control uc-002 del circuito de magna	<b>69</b>
Figura 14.4 Niveles tornillería de la unidad de control uc-002 del circuito de magna	<b>70</b>
Figura 14.5 Vinculación de niveles con su historial de mediciones	<b>71</b>
Figura 15. Gráfica de mediciones de espesor	<b>72</b>
Figura 16. Unidades de control críticas y normales	<b>78</b>
Figura 17. Número de unidades de control por circuito	<b>80</b>



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



**ÍNDICE DE TABLAS**

**PÁG.**

Tabla 1. Grado de corrosión en inspección de tornillería	26
Tabla 2. Valores de referencia para los cálculos de espesores en tuberías de proceso	30
Tabla 3. Información recopilada	37
Tabla 4. Tanques de almacenamiento de la TAR	39
Tabla 5. Censo de circuitos de líneas	41
Tabla 6. Censo de unidades de control de líneas	42
Tabla 7. Correspondencia de niveles de tubería de la UC-002 del circuito de Magna	57
Tabla 8. Espesores de tubería	63
Tabla 9. Velocidad de desgaste puntual de tubería	73
Tabla 10. Resultados del análisis de la medición de espesores en líneas para la UC-TAR-002 del circuito de Magna	75
Tabla 11. Resultado del análisis de la medición de espesores para las líneas de proceso de la TAR	76



## RESUMEN

Debido a las propiedades físicas y químicas de los hidrocarburos con los que una terminal de almacenamiento y reparto opera, sus líneas de tubería y equipos de proceso (a través de las cuales se transportan dichos fluidos) están expuestos al desgaste y a la corrosión; Es por tal motivo que las tuberías son sometidas periódicamente a la evaluación de su estado físico, realizando distintas pruebas como la medición de su espesor por medios ultrasónicos. De aquí surge la importancia de llevar un control de la información relacionada con la medición de espesores, pues esta permitirá determinar el estado en el cual operan las líneas de proceso y de acuerdo al análisis de esa información se puedan tomar con tiempo las decisiones que eviten algún accidente.

Para ello se diseñó un software llamado SIMECELE (Sistema Integral de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos) que sirve como herramienta para mejorar la administración de la información relacionada con la medición de espesores en tuberías y equipos. Con respecto al presente trabajo cabe destacar que este se centra en la implementación del sistema en las líneas de proceso de una Terminal de Almacenamiento y Reparto de hidrocarburos (TAR).

El software SIMECELE está constituido por seis módulos, por medio de los cuales la información es administrada y puede ser consultada de manera accesible, se puede capturar y/o editar información con el fin de mantenerla actualizada, consultar las fechas de próxima medición, además de que el sistema aprovecha los avances tecnológicos pues se pueden capturar datos de medición de espesores obtenidos en campo a través de algún medidor ultrasónico. Las ventajas que el software ofrece para la administración de la información y actividades en la inspección de tuberías, aporta al mejoramiento de la seguridad en la planta.

Para llevar a cabo la implementación se realizó una secuencia de actividades, entre ellas fueron: la recopilación, clasificación y análisis de la información correspondiente a la medición de espesores en tuberías, se actualizaron los censos de circuitos y unidades de control realizando la delimitación e identificación como se indica en la norma NOM-DG-SASIPA-IT-00204<sup>1</sup> (Guía para el registro, análisis y programación de la medición



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



preventiva de espesores), se digitalizaron diagramas de inspección técnica y se capturaron al SIMECELE las inspecciones existentes, de esta manera se obtuvo un análisis general del estado físico de las tuberías que transportan hidrocarburos, lo cual permitió establecer las fechas de próxima inspección y optimizar el control de la información así como las actividades relacionadas con la integridad mecánica (inspección ultrasónica y visual) de las líneas de proceso del centro de trabajo.



## CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Por su naturaleza, cualquier proceso industrial es susceptible de generar riesgos de seguridad y de salud en sus trabajadores. En este contexto, la seguridad es un tema importante debido a que permite disminuir los riesgos existentes en una planta industrial.

En la industria petroquímica existe la necesidad de garantizar un adecuado estado de operación en equipos y líneas de proceso, con el objeto de disminuir los riesgos existentes para los trabajadores y el medio ambiente, además de evitar costos inesperados, por tal causa se requiere monitorear periódicamente el estado físico en que operan dichos equipos y líneas por medio de pruebas e inspecciones preventivas de espesores.

Las líneas de proceso, al ser sometidas siguiendo un programa, a una medición preventiva de espesores, permite identificar tendencias de fallas o riesgos en las distintas secciones de las tuberías y equipos afectados por la corrosión y desgaste durante su vida útil, y con ello disminuir el riesgo inherente.

En el presente trabajo se describen las actividades realizadas durante la implementación del SIMECELE en las líneas de proceso de una Terminal de Almacenamiento y Reparto de hidrocarburos. La implementación permitirá la reorganización de la información relacionada a la integridad mecánica (inspección ultrasónica y visual) mejorando la administración de esta, presentándola de forma ordenada, accesible y actualizada.

Además de cumplir con la normatividad aplicable en materia de integridad mecánica el SIMECELE colabora en la comprobación del cumplimiento de dicha normatividad por parte de la TAR en auditorías a cualquier nivel organizacional.



## 1.1 Hipótesis

Con la implementación del SIMECELE se tendrá una mejor administración de la información referente a las inspecciones técnicas de las líneas de proceso de una Terminal de Almacenamiento y Reparto de hidrocarburos, lo cual permitirá optimizar las actividades de inspección, mantenimiento y/o de emplazamientos.

## 1.2 Objetivo general

El objetivo general es llevar a cabo la implementación del SIMECELE en las tuberías por las cuales se transportan los hidrocarburos de una Terminal de Almacenamiento y Reparto.

### 1.2.1 Objetivos particulares

Los objetivos particulares para la implementación del SIMECELE son:

- I. Recopilar y analizar la información técnica de la Terminal de Almacenamiento y Reparto de hidrocarburos.
- II. Revisar y analizar la descripción del proceso de la Terminal de Almacenamiento y Reparto de hidrocarburos.
- III. Revisar y actualizar los censos de circuitos y unidades de control de acuerdo con la Guía DG-SASIPA-IT-0204<sup>1</sup> de la Terminal de Almacenamiento y Reparto de hidrocarburos.
- IV. Actualizar los diagramas de inspección técnica de las líneas de proceso de la Terminal de Almacenamiento y Reparto de hidrocarburos.
- V. Capturar los niveles de medición de líneas y las mediciones existentes de espesores al SIMECELE.



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



### 1.3 Alcance.

Implementar el SIMECELE en las tuberías por las cuales se transportan los hidrocarburos de una Terminal de Almacenamiento y Reparto.



## CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO



## 2.1 Seguridad industrial

La seguridad industrial es un área multidisciplinaria que tiene por objeto la prevención y disminución de riesgos, así como la protección contra accidentes y siniestros que dañen o perjudiquen a las personas, al medio ambiente y a las instalaciones. Parte del supuesto de que toda actividad industrial tiene peligros inherentes que necesitan de una correcta gestión, por tal motivo la prevención y la protección son parte fundamental en la seguridad de la industria química.

La creación de un ambiente seguro en el trabajo implica cumplir con las normas y procedimientos, sin pasar por alto ninguno de los factores que intervienen en la conformación de la seguridad, como son: en primera instancia el factor humano (entrenamiento y motivación), las condiciones de la empresa (infraestructura y señalización), las condiciones ambientales (ruido y ventilación). El seguimiento continuo mediante las inspecciones y el control de estos factores contribuyen a la formación de un ambiente laboral más seguro.

La industria química, como tal, es la causante de transformar física y/o químicamente la estructura de los materiales naturales con el fin de obtener productos secundarios o productos finales para la vida cotidiana. Y para ello en esta industria se utilizan equipos y sistemas de tuberías para transformar a los elementos, compuestos o sustancias que son sometidas a presiones y temperaturas que alteran su reacción, lo que la conlleva a la adopción de estrictas medidas de seguridad para reducir o anular la peligrosidad en el manejo tanto de los equipos como de los materiales a trabajar.

Es así que la seguridad industrial es una realidad compleja, que abarca desde problemáticas estrictamente técnicas hasta diversos tipos de efectos humanos y sociales. A la vez, debe ser una disciplina de estudio en la que se han de formar los especialistas apropiados, aunque su naturaleza no corresponde a las asignaturas académicas clásicas, sino a un tipo de disciplina de corte profesional, aplicada y con interrelaciones legales muy significativas<sup>2</sup>.



## 2.2 Integridad mecánica

Como actividad trascendente de la seguridad dentro de la TAR, está el mantener bajo un estado físico adecuado, de acuerdo a la normatividad vigente del centro de trabajo, las tuberías de proceso y tanques de almacenamiento por las cuales fluyen y se almacenan las gasolinas y el diesel.

La integridad mecánica son todas las actividades que aumentan la confiabilidad de los equipos y líneas de proceso, proporcionan un medio para reducir o eliminar eventos no deseados y garantizar la protección al personal, comunidad, medio ambiente y las instalaciones.

La integridad y seguridad de las instalaciones (equipos, estructuras y componentes), deben garantizarse mediante manuales de operación y programas integrales de mantenimiento (preventivo y correctivo) apegados a normas, especificaciones y procedimientos.

Además existen organismos nacionales e internacionales que establecen criterios basados en normas y datos históricos, por mencionar algunos de esos organismos están:

- ASTM: American Society for Testing and Materials (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
- OSHA: Occupational Safety and Health Administration (Administración para la Salud y la Seguridad Ocupacional).
- ASME: American Society of Mechanical Engineers (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).
- API: American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo).
- NACE: National Association of Corrosion Engineers (Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión).
- ANSI: American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estándares).



## 2.3 La corrosión y el desgaste en tuberías

Entre los factores que más influyen en el deterioro del estado físico de las líneas de proceso están la corrosión y el desgaste.

La corrosión se define como el deterioro de un material a consecuencia de una reacción química (óxido-reducción), los metales como el acero sufren una reacción electroquímica debido a la interacción con el medio que lo rodea, como se muestra en la Figura 1. Es un fenómeno inevitable a largo plazo si no se toman las precauciones adecuadas deteriora la integridad estructural de la tubería convirtiéndola en un medio inseguro para el transporte de cualquier tipo de fluido.

El fallo de una tubería puede tener múltiples consecuencias como la pérdida del fluido, daños a las instalaciones, contaminación, e incluso supone un riesgo para la vida y la salud del personal.



Figura 1. La corrosión en ductos.

El desgaste en tuberías está definido como la progresiva pérdida de material desde la superficie deslizante por la acción del rozamiento del fluido. El fenómeno ocurre sobre toda el área interna de la tubería la cual tiene contacto con el fluido, y es más severo en las áreas donde se presenta flujo turbulento, tales como cambios de dirección en un sistema de tubería o después de válvulas de control donde puede haber vaporización. El daño por desgaste se incrementa en flujos con grandes cantidades de partículas sólidas que fluyen a altas velocidades<sup>6</sup>.



## 2.4 Clases de tuberías<sup>6</sup>

En el documento normativo GPASI-IT-0209 (1994) “Procedimiento para Efectuar la Inspección de Tuberías de Proceso y Servicios Auxiliares en Operaciones de las Instalaciones de PEMEX-Refinación” hace mención a la clasificación de las diferentes tuberías de acuerdo al fluido que transportan, con la finalidad de conocer el riesgo de cada una y así poder determinar las acciones necesarias para asegurar su funcionamiento bajo un estado físico aceptable.

A continuación se mencionan las tres diferentes clases de tubería según el fluido que transportan.

### 2.4.1 Tuberías Clase 1

Se clasifica así a todas aquellas tuberías que por su servicio presenten el potencial más alto de riesgo que pueda afectar la seguridad o el medio ambiente, si llegara a presentarse una fuga. Incluye los siguientes servicios:

- I. Servicios inflamables autorefrigerados y que pueden inducir fracturas frágiles.
- II. Servicios presurizados que puedan vaporizarse rápidamente durante su liberación, creando vapores que se puedan congregarse y formar una mezcla explosiva. Por ejemplo, derrames de etano, propano o butano.
- III. Acido sulfhídrico (concentraciones superiores a 3% en masa) en una corriente gaseosa, por ejemplo acido clorhídrico anhidro.
- IV. Acido fluorhídrico.
- V. Tuberías que estén sobre o cercanas a caminos públicos o mantos acuíferos.



### **2.4.2 Tuberías Clase 2**

Se clasifica así a la mayoría de las tuberías de proceso y servicios auxiliares que manejan los siguientes productos:

- I. Hidrocarburos que vaporizan lentamente en el mismo lugar durante su liberación.
- II. Hidrógeno, gas combustible y gas natural.
- III. Ácidos y cáusticos fuertes.

### **2.4.3 Tuberías Clase 3**

Se clasifica así a todos aquellos servicios que son inflamables pero que no vaporizan significativamente cuando se derraman y no están localizados en áreas de alta actividad, y son los siguientes:

- I. Hidrocarburos que no vaporizan significativamente durante su liberación.
- II. Destilados y productos hacia y desde áreas de almacenamiento y carga.
- III. Ácidos y cáusticos fuera de áreas de proceso.



## 2.5 Inspección técnica de tuberías

De acuerdo a la clasificación anterior la TAR tiene tuberías de clase 2 debido a que opera con hidrocarburos que vaporizan lentamente. Por lo cual para evitar alguna falla en las tuberías se deben inspeccionar las áreas probables donde se puede localizar corrosión y/o desgaste, utilizando métodos no destructivos apropiados, que proporcionen datos del estado estructural de las tuberías, el tipo de inspección apropiado va a depender de las circunstancias y del tipo de sistema de tubería.

Es importante resaltar los sitios que pueden presentar mayor desgaste, por lo cual deben llevar un seguimiento de inspección adecuado, algunos ejemplos de esos sitios a inspeccionar son:

- I. Después de las válvulas.
- II. Después de las placas de orificio.
- III. Después de la descarga de bombas.
- IV. En cualquier punto donde haya un cambio de dirección del flujo, como el radio interior y exterior de codos.
- V. Después de las configuraciones de la tubería (como soldaduras, termopozos y bridas) que producen turbulencia.

Para los fines del presente trabajo se enfocara en la inspección visual externa y en la medición de espesores las cuales se describen a continuación.

### 2.5.1 Inspección visual externa<sup>6</sup>

La inspección visual externa se realiza para determinar la condición externa de la tubería y para detectar cualquier signo de desalineamiento, vibración y fugas.

Cuando se observa la formación de productos de corrosión en la superficie de contacto con el soporte de la tubería, probablemente se requiera remover el soporte para la inspección.



Las inspecciones externas de las tuberías se pueden hacer, cuando la tubería esta en servicio y se anexa una lista de verificación para darle seguimiento a una inspección.

En el momento en que se realiza una inspección visual externa el inspector debe revisar el sistema de tubería por cualquier modificación de campo o reparaciones temporales no registradas previamente en los planos y/o en el historial de la tubería, de igual forma debe poner atención en la presencia de cualquier componente en servicio que pueda ser inapropiado para operar, tales como bridas, reparaciones o modificaciones temporales como: abrazaderas, mangueras flexibles o válvulas fuera de especificación.

Los componentes roscados que puedan quitarse e instalarse fácilmente, merecen atención especial a causa de su potencial tan alto para instalarse inapropiadamente.

Es importante la revisión de las tuberías en las zonas ubicadas en pasos inferiores o en trincheras, buscando daños por corrosión exterior principalmente en el área inferior de las mismas. Los pasos inferiores y trincheras deben estar libres de tierra, maleza, agua, etc.

### **2.5.2 Medición de espesores**

La medición de espesores se realiza con el propósito de conocer la condición en que se encuentra el ducto en cuanto al espesor de pared remanente que tiene la tubería y de esta manera determinar si puede o no seguir operando bajo las condiciones actuales. La medición de espesores puede realizarse cuando el sistema de tubería esta dentro o fuera de operación. Esta medición generalmente se lleva a cabo mediante técnicas ultrasónicas, pudiendo también utilizar métodos físicos directos, radiográficos, etc.

### **2.5.3 La inspección por ultrasonido.**

Es un procedimiento no destructivo de tipo mecánico, que se basa en la impedancia acústica de los materiales, la que se manifiesta como producto de la velocidad máxima de propagación del sonido y la densidad de un material<sup>16</sup>.



Existen diversos modelos de aparatos para realizar la inspección por ultrasonido pero para fines de implementación del SIMECELE, el más recomendado además de ser el más común, es el Krautkramer modelo DMS 2 (Figura 2) debido a que esta soportado por el sistema y puede sincronizarse con este a fin de hacer más rápida y eficiente la inspección.



**Figura 2. Medidor ultrasónico Krautkramer DMS 2.**

El ultrasonido son vibraciones ultrasónicas que se transmiten en el material por medio de ondas con una frecuencia mayor a los 20,000 Hz. El principio físico en el que se basa este método de inspección es la transmisión a una velocidad constante de ondas ultrasónicas a través del material y la captación del eco producido cuando existe un cambio en la impedancia acústica “Z” (resistencia que oponen los materiales al paso de una onda ultrasónica).

La inspección ultrasónica es uno de los métodos de inspección no destructivos más utilizados para la medición de espesores.

La finalidad de la inspección ultrasónica es conocer el estado en el cual se encuentra la tubería a fin de detectar y evaluar oportunamente las disminuciones de espesor debajo de los límites permisibles, que puedan afectar la integridad física de las tuberías, para tomar las decisiones necesarias y con ello prevenir la falla de las tuberías. La periodicidad de medición de espesor depende del análisis de la velocidad de desgaste la cual indica la rapidez con la que disminuye el espesor de una pared metálica y se calcula comparando los espesores obtenidos en mediciones efectuadas en dos fechas consecutivas.



## 2.6 Conceptos básicos en inspección técnica preventiva.

El proceso de inspección técnica de tuberías emplea los conceptos básicos que a continuación se describen, de acuerdo a la norma DG-SASIPA-IT-00204 Rev. 7 (2010).

### 2.6.1 Circuito, Líneas y Unidades de Control

Todas las instalaciones pertenecientes al organismo de refinación deben contar con un censo de circuitos el cual se divide en unidades de control de líneas y unidades de control de equipos, en la figura 3 se define lo que es un circuito y unidad de control.

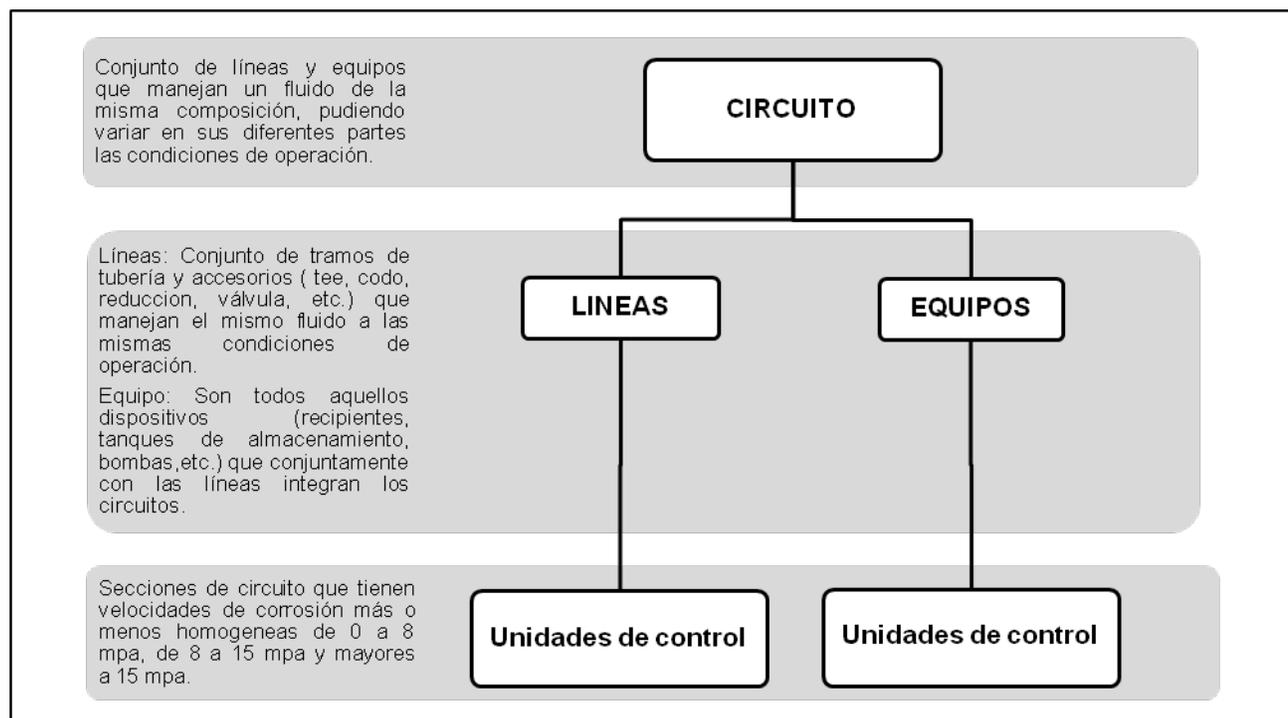


Figura 3. Conceptos de circuito, líneas, equipo y unidad de control.

La clasificación se realiza para que el análisis de la medición de espesores sea significativa y consistente, además de que la medición de espesores en líneas y equipos se realiza obedeciendo diferentes parámetros, por ejemplo en líneas de proceso la medición se realiza en accesorios (tee's, codos, reducciones, injertos, etc.) que por lo regular presentan mayor flujo



turbulento y por lo tanto mayor desgaste. Con respecto a los tanques de almacenamiento, la medición se hace en los traslapes de las placas y en las boquillas, de esta forma el manejo de la información por separado la hace más práctica.

## 2.6.2 Nivel de medición

Es el conjunto de posiciones de medición de espesor de pared que se deben efectuar en un mismo sitio de tubería, la orientación de las posiciones a medir dependerá de la orientación del tramo de tubería al que se le mide su espesor.

Por lo cual cada nivel de medición representado en un diagrama isométrico cuenta con un mínimo de cuatro posiciones de medición, las posiciones para tubería, codos y tee's. Estas se muestran en las siguientes figuras.

**Figura 4.0 Posiciones de medición para tubería**

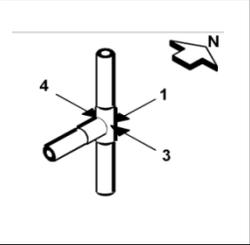
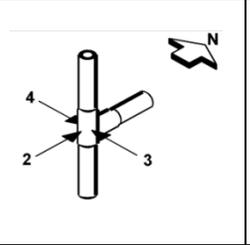
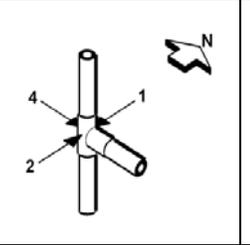
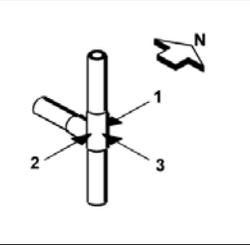
Dibujo			
Orientación de las posiciones	Norte (1), Sur (2), Oriente (3), Poniente (4).	Norte (1), Sur (2), Arriba (5), Abajo (6).	Oriente (3), Poniente (4), Arriba (5), Abajo (6).

**Figura 4.1 Posiciones de medición para codos**

Dibujo				
Orientación de las posiciones	Norte (1), Sur (2), Codo (7), Garganta (8).	Oriente (3), Poniente (4), Codo (7), Garganta (8).	Norte (1), Sur (2), Codo (7), Garganta (8).	Arriba (5), Abajo (6), Codo (7), Garganta (8).



Figura 4.2 Posiciones de medición para tee's.

Dibujo				
Orientación de las posiciones	Norte (1), Oriente (3), Poniente (4).	Sur (2), Oriente (3), Poniente (4).	Norte (1), Sur (2), Poniente (4).	Norte (1), Sur (2), Oriente (3).

En un diagrama isométrico se representa gráficamente la estructura de la línea de operación correspondiente a alguna de las unidades de control identificadas y sirve para guiarse en campo donde se deberán hacer las mediciones de espesores.

Los isométricos sirven de referencia para hacer más práctica la inspección en campo, y para distinguir entre los diferentes niveles de medición de tubería, niplería y tornillería estos se representan con un círculo, un triángulo y un rectángulo respectivamente. En la figura 5 se observa un diagrama isométrico.



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS

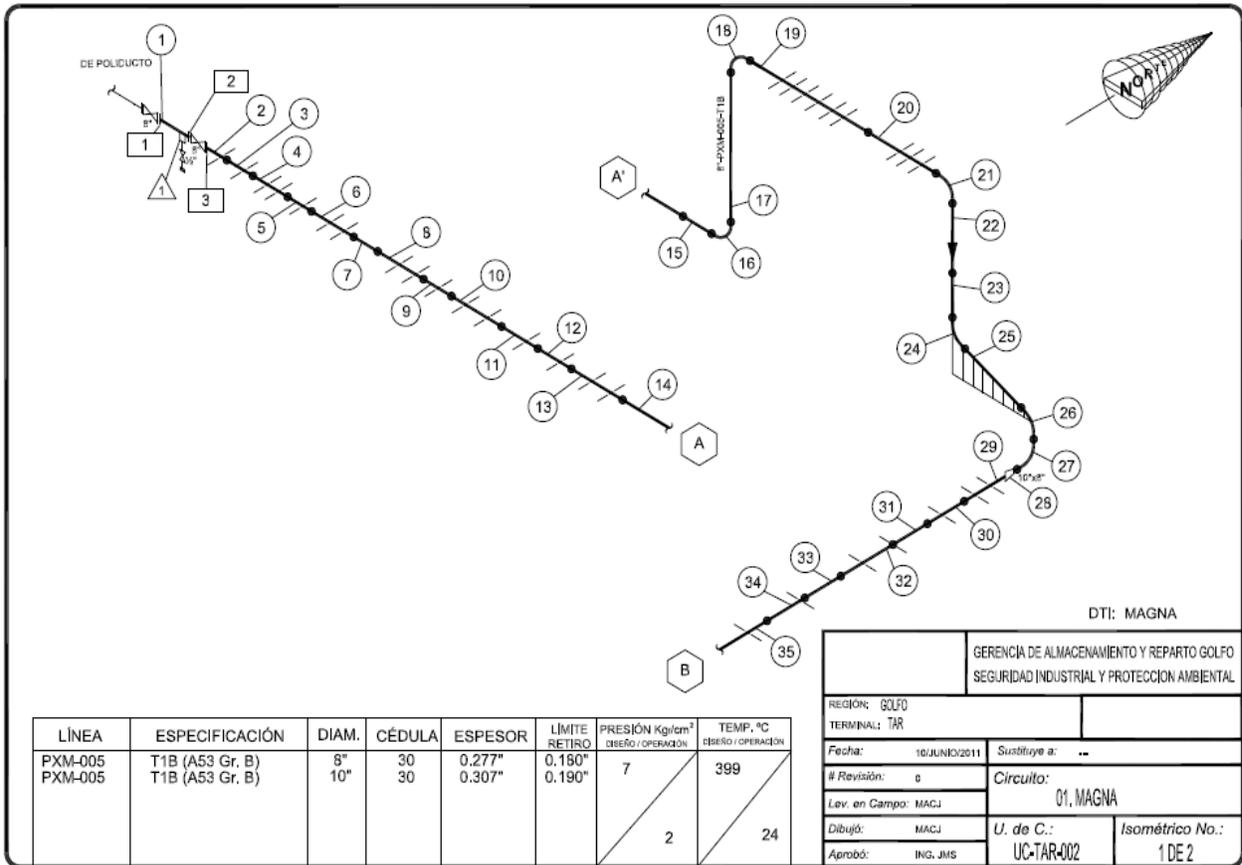


Figura 5. Niveles de tubería, niplería y tornillería señalados en un diagrama isométrico.

Es importante mencionar que todos los niveles, ya sea de tubería, niplería o tornillería se colocan en dirección al sentido del flujo.

Para mayor información acerca de los criterios para elaborar isométricos se puede consultar la guía de dibujo de diagramas para inspección técnica de espesores elaborada por el grupo CEASPA de la UNAM<sup>12</sup>.



### 2.6.3 Nivel de tubería

El símbolo para indicar un nivel de tubería en un isométrico es un círculo y en la parte central se enumera, los criterios para determinar un nivel de tubería son:

- Después de cada soldadura
- En un injerto
- En los codos
- En la reducción
- En la unión de una "T"
- En la unión de los filtros
- Cuando sea un arreglo típico para un termopar (cople, línea de proceso, brida, niple y termopar).
- Después de un medidor de flujo
- Después de una brida

### 2.6.4 Nivel de tornillería

Los niveles de tornillería (espárragos o tornillos de las bridas, válvulas, etc.) se representan con un rectángulo y con números arábigos que indican el número de nivel.

Se inspecciona visualmente para determinar el grado de corrosión que presentan, de acuerdo a la Tabla 1:



Tabla 1. Grado de corrosión en inspección de tornillería<sup>7</sup>.

GRADO DE CORROSIÓN	DESCRIPCIÓN	PERIODO DE REVISIÓN
1) Leve	Se observan oxidados, pero la cuerda del espárrago no se ve desgastada en forma apreciable.	5 años
2) Moderada	Se observan depósitos de corrosión en algunas partes del espárrago y los hilos de la rosca se ven con cierto desgaste, pero todavía con profundidad suficiente.	4 años
3) Alta	El espárrago prácticamente ya no cuenta con rosca en alguna sección, pero se alcanzan a ver todavía los hilos.	3 años
4) Severa	El espárrago ya se ve en algunas zonas sin su diámetro original. Se observa acinturamiento y por supuesto los hilos de la rosca ya no existen.	2 años

De esta forma se registra y se lleva un control del estado físico de todas las uniones bridadas sobre las líneas de proceso, a fin de detectar oportunamente daños o fallas, e implementar las acciones correctivas necesarias.

### 2.6.5 Niveles de niplería

El símbolo para indicar un nivel de niplería es un triángulo, y de igual forma que la tubería los arreglos de niplería también deben de ser incluidos en la medición de espesores.

Los criterios para determinar un punto de medición de nivel de niplería son:

- En una purga
- En un dren
- En un venteo
- En una toma de instrumento
- En un termopozo

En la siguiente figura se muestran los arreglos típicos de niplería en los que se señalan las posiciones de medición de acuerdo a la GPI-IT-4200 “Procedimiento para el control de desgaste de niplería”.

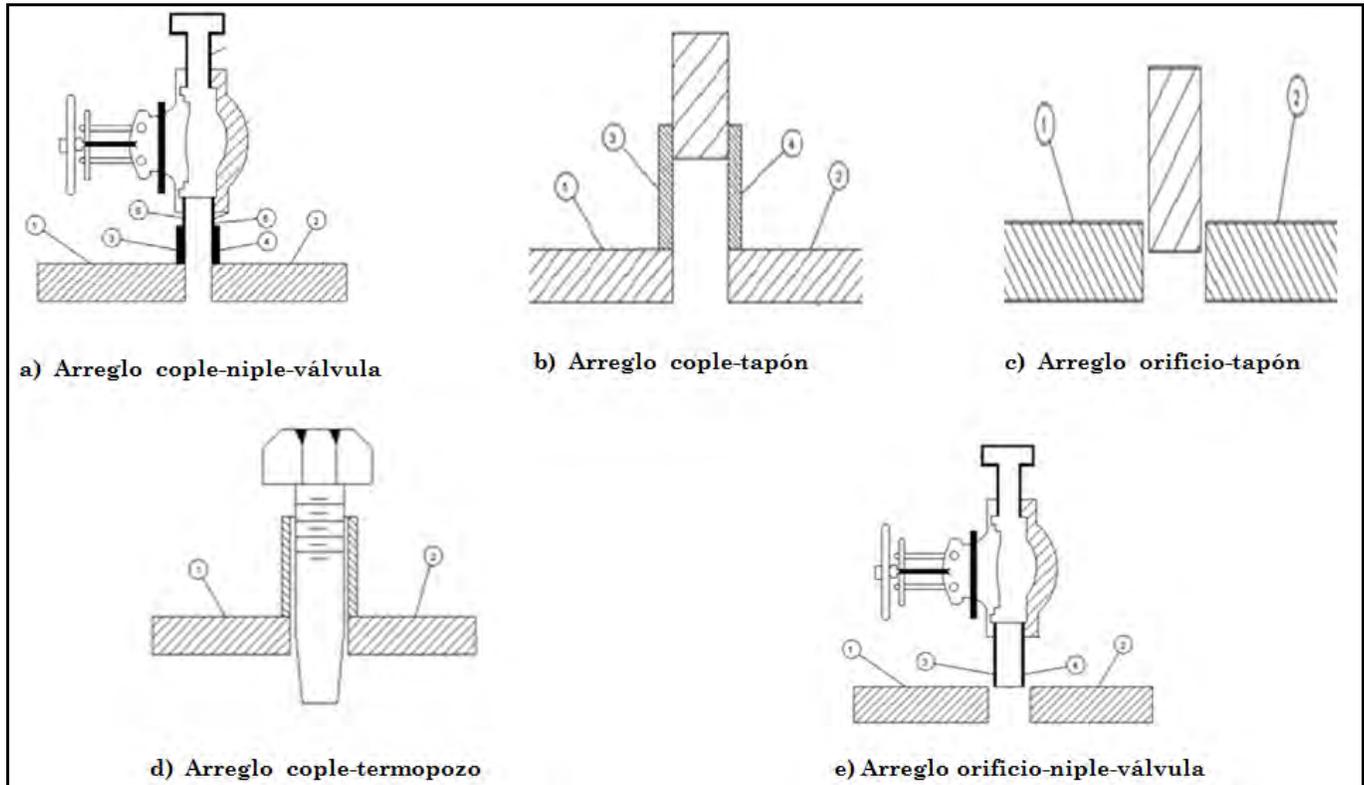


Figura 6. Arreglos típicos de niplería.

Además de la medición de espesor se realiza una inspección visual de cada uno de los componentes de los arreglos básicos con la finalidad de verificar su estado físico y el cumplimiento de las especificaciones de instalación establecidas en la norma.

La inspección visual de los arreglos de niplería debe incluir la revisión y el cumplimiento de los siguientes puntos:

- Espesores, cédulas o librajés.
- Longitud de coples y niples.
- Estado de la soldadura.
- Tipos de tapones.



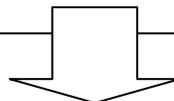
## 2.6.6 Vida útil estimada, fecha de próxima medición y fecha de retiro probable

Con los datos obtenidos de la medición de espesores de cada unidad de control se hace un análisis para determinar la vida útil estimada (VUE), fecha de próxima medición (FPME) y fecha de retiro probable (FRP).

Para realizar dicho análisis se considera el punto que tenga el espesor más bajo en cada uno de los diferentes diámetros de las secciones que compongan la unidad de control, y para el cálculo de la VUE, FPME y la FRP se utilizan las siguientes ecuaciones:

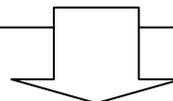
**Vida útil estimada (VUE):** Es el tiempo que debe transcurrir antes de que la unidad de control llegue a su límite de retiro

$$VUE = \frac{ek - Lr}{D_{max}} \quad \text{Ecuación 1}$$



**Fecha de próxima medición de espesor (FPME):** Es la fecha en la cual debe efectuarse la siguiente medición de la unidad de control.

$$FPME = fk + \frac{VUE}{3} \quad \text{Ecuación 2}$$



**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.

$$FRP = FPME + VUE \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

Lr = Límite de retiro [mils].

fk = Fecha de última medición [años].

ek = Espesor más bajo encontrado en la última medición [mils].

Dmax = Velocidad máxima ajustada [mils/año].



Para el cálculo del límite de retiro de tuberías de proceso la norma de Pemex DG-ASIPA-IT-00008<sup>16</sup> (Espesores de retiro para tuberías, válvulas y conexiones metálicas, empleadas en el transporte de fluidos) propone determinarlo por medio de la ecuación 4.

$$Lr = \frac{P * D}{2s} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

Lr= espesor o límite de retiro

P= Presión de diseño [lb/in<sup>2</sup>]

D= Diámetro nominal [in]

S= Esfuerzo máximo permisible del material a la temperatura de diseño [lb/in<sup>2</sup>]

Para el caso de tubería con extremos roscados, al espesor de retiro se le agrega el valor R, que es el espesor adicional debido a la profundidad de la cuerda en pulgadas. (Ecuación 5)

$$Lrr = Lr + R \quad \text{Ecuación 5}$$

R = 0.030" para ¾"

R = 0.040" para 1" a 2"

R = 0.060" para 2 ½" a 24"

Donde:

Lrr = Límite de retiro para tuberías con extremos roscados.

De acuerdo a estas ecuaciones, el espesor mínimo al que se puede operar de forma confiable y segura a determinadas condiciones de operación no debe de tener valores menores a 0.090" para tubería con extremos planos, ni menores a 0.110" para tuberías con extremos roscados. Este valor se debe comparar con los mostrados en la Tabla 2 y se utilizará el valor de límite de



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



retiro que resulte mayor. Cuando el fabricante proporcione el límite de retiro se utiliza dicho valor.

Tabla 2. Valores de referencia para los cálculos de espesores en tuberías de proceso.

DIÁMETRO NOMINAL [PULGADAS]	TUBERÍAS CON EXTREMOS PLANOS (in)	TUBERÍA ROSCADA (in)	CONEXIONES CON BRIDA Y VÁLVULA		
			CLASE		
			150 #	300 #	600 #
3/8	0.080	0.110	...	...	...
1/2	0.090	0.120	...	...	...
3/4	0.090	0.120	...	...	...
1	0.090	0.120	0.115	0.125	0.150
1 1/2	0.100	0.120	0.120	0.140	0.175
2	0.100	0.130	0.125	0.150	0.200
2 1/2	0.100	0.140	0.130	0.165	0.225
3	0.100	0.150	0.140	0.175	0.250
4	0.120	0.170	0.150	0.200	0.300
6	0.150	0.190	0.170	0.250	0.400
8	0.180	0.200	0.200	0.300	0.500
10	0.190	0.230	0.230	0.350	0.600
12	0.190	0.240	0.250	0.400	0.700
14	0.190	0.250	0.270	0.450	0.800
16	0.190	0.250	0.295	0.495	0.900
18	0.190	0.250	0.320	0.545	1.000
20	0.190	0.250	0.345	0.595	1.100
24	0.190	0.250	0.395	0.695	1.300

El análisis para determinar la VUE, FPME y la FRP de la unidad de control se hace comparando la medición de espesores de dos fechas que presenten un intervalo de al menos un año de diferencia.



Con respecto a la vida útil estimada, si esta resulta menor o igual a 1.5 años se deberá emplazar la pieza o la línea completa.

La fecha de próxima medición de espesores debe ser aquella que resulte más cercana de la calculada para todos los diferentes diámetros de la unidad de control y con base a esta se registrará su próxima medición de espesores en el programa anual de medición preventiva.

## **2.7 SIMECELE (Sistema Integral de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos)®.**

El SIMECELE, es una herramienta informática que ayuda a mejorar la administración, el control de la información y las actividades relacionadas con la inspección técnica de espesores en líneas y equipos de proceso de una planta de almacenamiento y reparto de hidrocarburos, con el fin de mejorar la seguridad de los procesos en términos de la integridad mecánica de las instalaciones.

Consta de varios módulos de software que mejoran la gestión y control del trabajo de inspección, realizando tareas como la generación de reportes, consulta de la información de la medición de espesores, consulta de diagramas técnicos para la realización de la medición de espesores y el análisis estadístico de los datos.

Los módulos que conforman el SIMECELE se describen a continuación.

### **2.7.1 Módulo de captura y edición de la información.**

En este módulo se puede acceder a la captura y edición de nuevas unidades control (líneas y equipos), inspecciones, equipos de medición, asignación de personal, etc. Cada una de estas opciones muestra una ventana con todas las herramientas necesarias para la captura y edición de la información contenida en el sistema.



### **2.7.2 Módulo de consulta de información**

El módulo de consulta de información permite acceder, de manera rápida a la información que se desee consultar referente a la medición de espesores. En esta opción se puede consultar la información de próximas fechas de inspección, características sobre las unidades de control, así como el resumen de información de alguna planta o centro de trabajo, etc. El módulo de consulta no permite modificar la información contenida en el sistema.

### **2.7.3 Módulo de consulta de isométricos en intranet**

En este módulo se pueden consultar los diagramas isométricos para inspección técnica de espesores. La principal ventaja de los diagramas es que los niveles de medición en el dibujo están vinculados con la información de la medición de espesores capturada, otra característica es la localización rápida de los elementos en el dibujo mediante un listado lateral y vínculo directo con otros diagramas referenciados.

Otro tipo de diagramas que pueden ser incluidos y consultados con éste módulo son los Diagramas de Flujo de Proceso (DFP) y los Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI).

### **2.7.4 Módulo de ver o crear reportes**

Una vez que se ha capturado la información de los datos de medición de espesores para una unidad de control previamente definida, en este módulo se pueden crear y consultar reportes, como por ejemplo; los formatos de registro de mediciones, el resumen de los análisis de desgaste, la memoria de cálculo y en caso de ser necesario, las solicitudes de emplazamiento o mantenimiento de las piezas que así lo requieran. Es importante mencionar que estos formatos son generados de acuerdo a la normatividad vigente en el centro de trabajo.

### **2.7.5 Módulo de especificaciones de materiales**

En este módulo se puede capturar o consultar el servicio de cada línea de proceso así como también la especificación de materiales, cédula, diámetros y espesores ya sea de tuberías o equipos. La información contenida en este módulo es de trascendental importancia para el



análisis de las mediciones de espesores, ya que el valor del límite de retiro es obtenido a partir de estos datos y con el cual se realizan los cálculos utilizados para el análisis.

### **2.7.6 Módulo para la digitalización de isométricos**

En este módulo se puede digitalizar o editar isométricos utilizando la barra de herramientas (QITDraw<sup>®</sup>) que se instala como aplicación en AutoCAD<sup>®</sup>, la cual facilita la creación de los isométricos para inspección de espesores, mientras que estandariza y adiciona de modo simple, claro y automático, la información que después podrá ser consultada en el SIMECELE.

Los diagramas generados en AutoCAD<sup>®</sup> se crean en un formato (.dwg) los cuales son editables, mientras que el SIMECELE requiere archivos con formato (.dwf) que no son editables pero que interactúan con el software por lo que la transformación se realiza con la barra de herramientas.

Los módulos descritos son las partes que constituyen al software SIMECELE, en la figura 7 se muestra la imagen de la interface del sistema.



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS

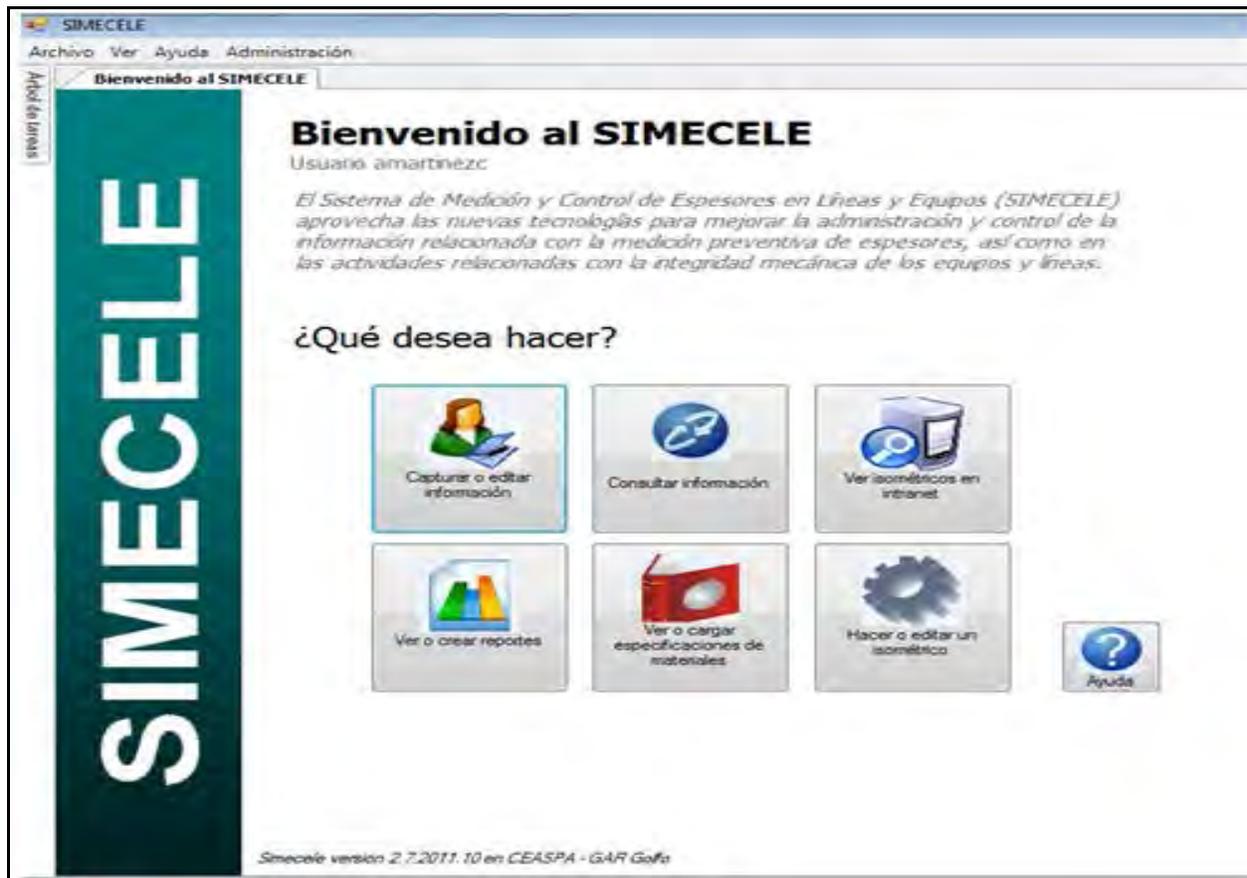


Figura 7. Interface de inicio del SIMECELE.

En contexto con todo lo descrito en este capítulo, la inspección preventiva de tuberías es un proceso cíclico el cual involucra varias actividades que deben realizarse bajo normas específicas según corresponda a cada una, además de que dichas actividades son dependientes entre si y que su correcta ejecución e interpretación da como resultado un eficiente sistema de medición preventiva de espesores. El cual obliga a mantener bajo un estado físico seguro de operación las líneas de proceso y con ello garantizar la seguridad de los trabajadores, el medio ambiente y las instalaciones.



El orden y las actividades que lleva a cabo el sistema de medición preventiva de espesores se muestra en la Figura 8.

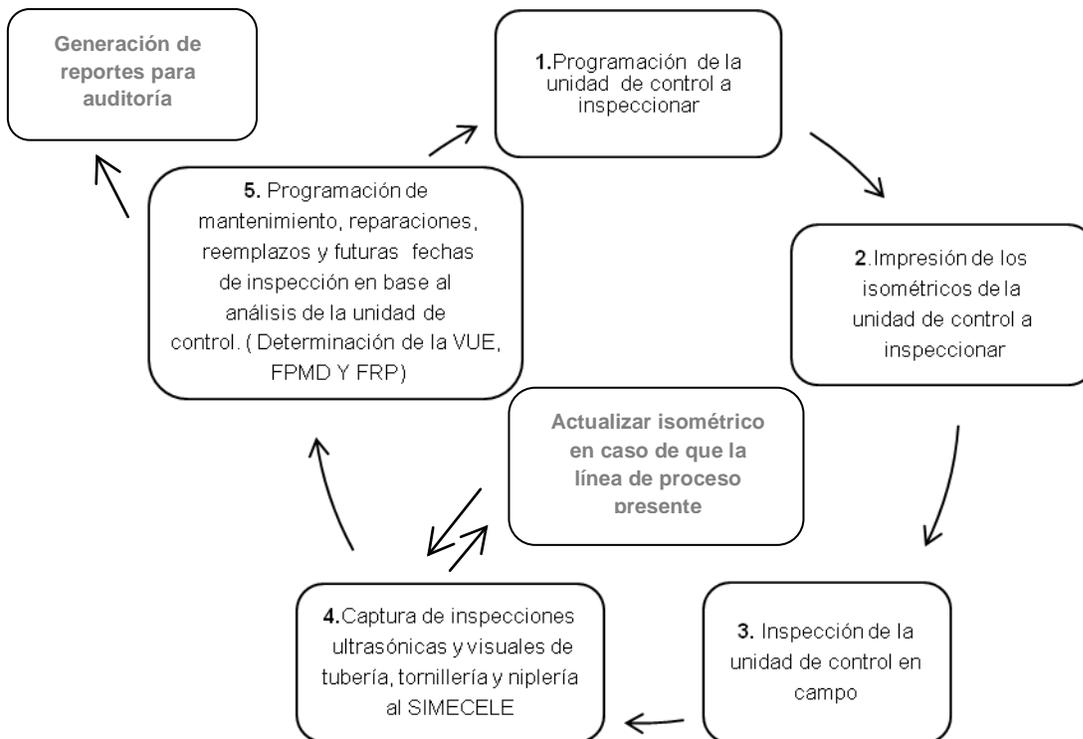


Figura 8. Esquema del proceso de medición preventiva.

Por consiguiente el SIMECELE administra todas las actividades de este proceso y es así que en el siguiente capítulo se describe la secuencia y las actividades que tuvieron que realizarse durante el periodo de implementación del sistema en una terminal de almacenamiento y reparto de hidrocarburos.



## **CAPÍTULO 3 TRABAJO EN CAMPO**



### 3.1 Recopilación y análisis de información técnica

En este capítulo se describen las actividades que se realizaron para la implementación del SIMECELE en la terminal de almacenamiento y reparto de hidrocarburos (TAR).

Como primer paso de implementación se recopiló y analizó la información relacionada con la medición preventiva de espesores de la TAR, esta información se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3. Información Recopilada.**

No.	DESCRIPCIÓN	REVISIÓN
1	Diagrama de tuberías e instrumentación de gasolina Magna.	N/I
2	Diagrama de tuberías e instrumentación de gasolina Diesel.	N/I
3	Diagrama de tuberías e instrumentación de gasolina Premium.	N/I
4	Diagrama de tuberías e instrumentación de Contaminados.	N/I
5	Plano de localización general de la instalación y equipos.	3
6	Diagrama mecánico de flujo.	N/I
7	Expedientes de integridad mecánica para la medición preventiva de espesores, para los circuitos de Magna, Diesel, Premium y Contaminados.	0
8	Diagramas isométricos de los circuitos Magna, Diesel, Premium y Contaminados	0

N/I: No Indicado



### 3.2 Descripción del proceso de la TAR

Además de la información recopilada, también fue necesario conocer el proceso de operar de la TAR, el cual se describe a continuación.

Para garantizar el suministro de combustibles en la región sureste se construyó la Terminal de Almacenamiento y Reparto, la cual tiene la función de recibir productos destilados (gasolinas y diesel) del poliducto de 12" Minatitlán-México, y almacenar dichos productos en tanques verticales y repartirlos por auto tanques.

La capacidad de almacenamiento de la planta es de 425,000 barriles y puede operar para recibir el 100% del gasto del poliducto 70,000 barriles/día. La terminal puede recibir productos por dos vías diferentes, a) por poliducto y b) por auto tanques cuando el poliducto sale de operación.

a) Por poliducto.

La estación puede recibir uno de los siguientes productos a la vez: Diesel, gasolina Magna o Premium a un flujo máximo de 70,000 barriles/día. El ducto Minatitlán-México llega a la estación de recibo y medición, donde se filtra el producto y se cuantifica el volumen recibido con los medidores de flujo. Posteriormente el producto recibido pasa a un cabezal de distribución donde por medio de válvulas automáticas se canaliza a los tanques TV-103, TV-101 ó TV-11, la gasolina magna se envía a los tanques TV-101 o TV-112 la gasolina Premium o el diesel a los tanques TV-105, TV-106 o TV-107.

b) Por auto tanques.

Esta estación cuenta con dos islas de descarga de producto, con dos posiciones de descarga junto con su respectivo patín de medición. Cada posición tiene la flexibilidad de descargar cualquier producto a un flujo de 450 GPM.

El acoplamiento hacia los autotanques se hace con conexiones rápidas hembra-macho tipo auto-check, estas líneas se conectan al cabezal de distribución a tanques.



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



El sistema de almacenamiento de productos destilados, es la parte fundamental de la instalación y cuenta con los siguientes productos: Diesel, Magna, Premium y contaminados de acuerdo a la tabla 4.

**Tabla 4. Tanques de almacenamiento de la TAR**

TANQUE	SERVICIO	CAPACIDAD (Bls)
TV-101	Magna	55,000
TV-102	Magna	55,000
TV-103	Magna	55,000
TV-104	Contaminados	5,000
TV-105	Diesel	30,000
TV-106	Diesel	55,000
TV-107	Diesel	55,000
TV-108	Contaminados	5,000
TV-111	Magna	80,000
TV-112	Premium	30,000

La planta cuenta con una Unidad Recuperadora de Vapores (URV), los vapores se recolectan en el área de llenaderas y se canaliza al tanque TV-103 y al tanque de condensados de



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



gasolinas pertenecientes a la URV evitando de esta manera la emisión de vapores a la atmósfera. El producto recuperado se envía a las líneas de recibo de Magna.

La secuencia del proceso, únicamente involucra el transporte de hidrocarburos por lo cual no existe ningún cambio en la composición química de los productos.

Finalmente los productos pasan a través de la casa de bombas hasta el área de llenaderas la cual cuenta con 17 llenaderas para cargar el producto a los autotanques.



### 3.3 Elaboración del censo de circuitos de líneas de proceso

Una vez analizada la información y considerando el criterio que la norma DG-SASIPA-IT-00204<sup>1</sup> establece para definir los circuitos, se elaboró el censo de circuitos de líneas. Por lo cual se enlistaron los circuitos identificados incluyendo su nombre y número de circuito, así como el servicio que maneja, además de una breve descripción.

En la tabla 5 se muestran los circuitos identificados.

**Tabla 5. Censo de Circuitos de Líneas.**

No.	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	SERVICIO
1	Magna	De Poliducto y patín de descarga de autotanque No. 1, 2, 3 y 4 a llenaderas No. 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16 y 17.	Gasolina magna
2	Diesel	De Poliducto y patín de descarga de autotanque No. 1, 2, 3 y 4 a llenaderas No. 1, 2, 3, 11 y 12.	Gasolina diesel
3	Premium	De Poliducto y patín de descarga de autotanque No.1, 2, 3 y 4 a llenaderas No. 5, 6, 4 y 14.	Gasolina premium
4	Contaminados	De Poliducto y patín de descarga de autotanque No.1, 2, 3 y 4 a tanques TV-104 y TV-108.	Contaminados
5	URV	De llenaderas a tanque TV-103.	Vapores recuperados

Para la elaboración del censo de circuitos se trabajó con un diagrama mecánico de flujo en el cual cada circuito se identificó con un color diferente de manera que facilitara su ubicación en el diagrama, en el Anexo I figura A, se puede observar el diagrama mecánico de flujo con los circuitos identificados.



### 3.4 Elaboración del censo de unidades de control

La TAR contaba con un censo de unidades de control el cual no cumplía con los criterios establecidos en la NOM-DG-SASIPA-00204<sup>1</sup> con las debido a situaciones como, el cambio de criterios para definir las unidades de control, las líneas de proceso alguna modificación, las unidades de control no estaban identificadas como la norma lo establece, estas situaciones implicaron que el censo fuera actualizado.

Se inicio dividiendo los circuitos en unidades de control, identificando y delimitando cada una de estas de acuerdo a la norma DG-SASIPA-IT-00204<sup>1</sup>.

Las unidades de control identificadas se enlistaron incluyendo el nombre del circuito al que pertenecen, el número de unidad de control, una breve descripción y el número de isométricos que le corresponde. Además se incluyó el nombre con el que se identificaban anteriormente, para conocer la correspondencia con el nuevo censo, con el fin de no perder el historial de las unidades de control.

En la tabla 6 se enlistan las unidades de control identificadas que conformaron finalmente el censo.

**Tabla 6. Censo de unidades de control de líneas.**

CIRCUITO EN EL SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN EL SIMECELE UC-TAR-	UNIDAD DE CONTROL ANTERIOR	DESCRIPCIÓN	No. DE ISOMÉTRICOS	DIAGRAMA DE REFERENCIA
01. Pemex Magna	001	UC-TAR-005 UC-TAR-006 UC-TAR-007 UC-TAR-008	De poliducto a TV-101, TV-103 y TV-111.	5	Pemex Magna



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Tabla 6. Censo de unidades de control de líneas.

CIRCUITO EN EL SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN EL SIMECELE UC-TAR-	UNIDAD DE CONTROL ANTERIOR	DESCRIPCIÓN	No. DE ISOMÉTRICOS	DIAGRAMA DE REFERENCIA
01. Pemex Magna	002	UC-TAR-009 UC-TAR-010	De poliducto a TV-102.	2	Pemex Magna
01. Pemex Magna	003	UC-PUEBLA-011 UC-PUEBLA-012 UC-PUEBLA-013 UC-PUEBLA-014 UC-PUEBLA-015	De descargaderas a TV-101, TV-103 y TV-111.	4	Pemex Magna
01. Pemex Magna	004	UC-PUEBLA-016	De descargaderas a TV-102.	2	Pemex Magna
01. Pemex Magna	005	UC-TAR-026 UC-TAR-027 UC-TAR-028 UC-TAR-029 UC-TAR-030 UC-TAR-031	De TV-111 a bombas BA-403,BA-402 A/B/C/D.	4	Pemex Magna



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Tabla 6. Censo de unidades de control de líneas.

CIRCUITO EN EL SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN EL SIMECELE UC-TAR-	UNIDAD DE CONTROL ANTERIOR	DESCRIPCIÓN	No. DE ISOMÉTRICOS	DIAGRAMA DE REFERENCIA
01. Pemex Magna	006	UC-TAR-017 UC-TAR-018 UC-TAR-019 UC-TAR-020 UC-TAR-021 UC-TAR-022 UC-TAR-023 UC-TAR-024 UC-TAR-025	De TV-101, TV-102 y TV-103 a bombas BA-417 A/B/C/D/E.	6	Pemex Magna
01. Pemex Magna	007	UC-TAR-032 UC-TAR-037 UC-TAR-042	De BA-402 A a llenadera No. 7.	2	Pemex Magna
01. Pemex Magna	008	UC-TAR-033 UC-TAR-038 UC-TAR-043	De BA-402 B a llenadera No. 8.	2	Pemex Magna
01. Pemex Magna	009	UC-TAR-034 UC-TAR-039 UC-TAR-044	De BA-402 C a llenadera No. 9.	3	Pemex Magna



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Tabla 6. Censo de unidades de control de líneas.

CIRCUITO EN EL SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN EL SIMECELE UC-TAR-	UNIDAD DE CONTROL ANTERIOR	DESCRIPCIÓN	No. DE ISOMÉTRICOS	DIAGRAMA DE REFERENCIA
01. Pemex Magna	010	UC-TAR-036 UC-TAR-041 UC-TAR-046	De BA-403 a llenadera No.13.	2	Pemex Magna
01. Pemex Magna	011	UC-TAR-047 UC-TAR-057 UC-TAR-062	De BA-417 E a llenadera No. 16.	2	Pemex Magna
01. Pemex Magna	012	UC-TAR-048 UC-TAR-058 UC-TAR-064	De BA-417 D a llenadera No. 17.	2	Pemex Magna
01. Pemex Magna	013	UC-TAR-050 UC-TAR-055 UC-TAR-061	De BA-417 B a llenadera No. 15.	2	Pemex Magna
01. Pemex Magna	014	UC-TAR-051 UC-TAR-054 UC-TAR-060	De BA-417 A a llenadera No. 14.	2	Pemex Magna
01. Pemex Magna	015	UC-TAR-052 UC-TAR-053 UC-TAR-059	De BA-402 D a llenadera No. 14.	2	Pemex Magna



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Tabla 6. Censo de unidades de control de líneas.

CIRCUITO EN EL SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN EL SIMECELE UC-TAR-	UNIDAD DE CONTROL ANTERIOR	DESCRIPCIÓN	No. DE ISOMÉTRICOS	DIAGRAMA DE REFERENCIA
01. Pemex Magna	016	UC-TAR-049 UC-TAR-056 UC-TAR-063	De BA-417 C a llenadera No. 15, F/O.	2	Pemex Magna
01. Pemex Magna	017	UC-TAR-035 UC-TAR-040 UC-TAR-045	De BA-417 C a llenadera No.10.	2	Pemex Magna
02. Pemex Diesel	018	UC-TAR-097 UC-TAR-098 UC-TAR-099 UC-TAR-100	De poliducto a TV-105, TV-106, TV-107.	3	Pemex Diesel
02. Pemex Diesel	019	UC-TAR-101 UC-TAR-102 UC-TAR-103 UC-TAR-104 UC-TAR-105	De descargaderas a TV-105, TV-106, TV-107.	4	Pemex Diesel



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Tabla 6. Censo de unidades de control de líneas.

CIRCUITO EN EL SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN EL SIMECELE UC-TAR-	UNIDAD DE CONTROL ANTERIOR	DESCRIPCIÓN	No. DE ISOMÉTRICOS	DIAGRAMA DE REFERENCIA
02. Pemex Diesel	020	UC-TAR-106 UC-TAR-107 UC-TAR-108 UC-TAR-109 UC-TAR-110 UC-TAR-111 UC-TAR-112 UC-TAR-113 UC-TAR-114 UC-TAR-115	De TV-105, TV-106, TV-107 a bombas BA-415 A/B, BA-405 A, BA-407 A/C/D.	5	Pemex Diesel
02. Pemex Diesel	021	UC-TAR-116 UC-TAR-122 UC-TAR-127	De BA-415 B a llenadera No. 1.	4	Pemex Diesel
02. Pemex Diesel	022	UC-TAR-120 UC-TAR-125 UC-TAR-130	De BA-407 C a llenadera No. 11.	3	Pemex Diesel
02. Pemex Diesel	023	UC-TAR-119 UC-TAR-126 UC-TAR-131	De BA-407 A a llenadera No. 12.	2	Pemex Diesel



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Tabla 6. Censo de unidades de control de líneas.

CIRCUITO EN EL SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN EL SIMECELE UC-TAR-	UNIDAD DE CONTROL ANTERIOR	DESCRIPCIÓN	No. DE ISOMÉTRICOS	DIAGRAMA DE REFERENCIA
02. Pemex Diesel	024	UC-TAR-117 UC-TAR-123 UC-TAR-128	De BA-415 A a llenadera No. 2.	2	Pemex Diesel
02. Pemex Diesel	025	UC-TAR-118 UC-TAR-121 UC-TAR-124 UC-TAR-129	De BA-405 A a llenadera No. 3.	3	Pemex Diesel
03. Pemex Premium	026	UC-TAR-071 UC-TAR-072 UC-TAR-073	De poliducto a TV-104, TV-112.	4	Pemex Premium
03. Pemex Premium	027	UC-TAR-074 UC-TAR-075 UC-TAR-076 UC-TAR-077	De descargaderas a TV-104, TV-112.	5	Pemex Premium
03. Pemex Premium	028	UC-TAR-078 UC-TAR-079 UC-TAR-082	De TV-112 a bombas BA-404, BA-405 B/C, BA-418 A.	3	Pemex Premium



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



**Tabla 6. Censo de unidades de control de líneas.**

CIRCUITO EN EL SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN EL SIMECELE  UC-TAR-	UNIDAD DE CONTROL ANTERIOR	DESCRIPCIÓN	No. DE ISOMÉTRICOS	DIAGRAMA DE REFERENCIA
03. Pemex Premium	029	UC-TAR-080 UC-TAR-081 UC-TAR-083 UC-TAR-084 UC-TAR-085	De TV-104 a bombas BA-404, BA-405 B/C, BA-418 A.	3	Pemex Premium
03. Pemex Premium	030	UC-TAR-086 UC-TAR-087 UC-TAR-088	De BA-404 a llenadera No. 5.	2	Pemex Premium
03. Pemex Premium	031	UC-TAR-089 UC-TAR-090 UC-TAR-091	De BA-405 B a llenadera No. 6.	2	Pemex Premium
03. Pemex Premium	032	UC-TAR-092 UC-TAR-093 UC-TAR-094	De BA-405 C a llenadera No. 4.	2	Pemex Premium
03. Pemex Premium	033	UC-TAR-095 UC-TAR-096	De BA-418 A a llenadera No. 14.	1	Pemex Premium
04. Contaminados	034	UC-TAR-065	De poliducto a TV-108.	2	Contaminados



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



**Tabla 6. Censo de unidades de control de líneas.**

CIRCUITO EN EL SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN EL SIMECELE  UC-TAR-	UNIDAD DE CONTROL ANTERIOR	DESCRIPCIÓN	No. DE ISOMÉTRICOS	DIAGRAMA DE REFERENCIA
04. Contaminados	035	NUEVA	De poliducto línea de desfogue de seguridad a TV-108 y TV-104.	2	Contaminados
04. Contaminados	036	UC-TAR-066 UC-TAR-067 UC-TAR-068 UC-TAR-069 UC-TAR-070	De TV-108 a BA-402 D y RE-P8.	5	Contaminados
04. Contaminados	037	NUEVA	De bomba RP-8 a poliducto.	5	Contaminados
04. Contaminados	038	UC-TAR-001	De conexión de carro tanque a succión de bomba BA-421 B.	1	Contaminados
04. Contaminados	039	UC-TAR-001	De descarga de bomba BA-421 B a peine de descargadera No. 1.	1	Contaminados
04. Contaminados	040	UC-TAR-002	De conexión de carro tanque a succión de bomba BA-421 D.	1	Contaminados



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Tabla 6. Censo de unidades de control de líneas.

CIRCUITO EN EL SIMECELE	UNIDAD DE CONTROL EN EL SIMECELE UC-TAR-	UNIDAD DE CONTROL ANTERIOR	DESCRIPCIÓN	No. DE ISOMÉTRICOS	DIAGRAMA DE REFERENCIA
04. Contaminados	041	UC-TAR-002	De descarga de bomba BA-421 D a peine de descargadera No. 2.	1	Contaminados
04. Contaminados	042	UC-TAR-003	De conexión de carro tanque a succión de bomba BA-421 A.	1	Contaminados
04. Contaminados	043	UC-TAR-003	De descarga de bomba BA-421 A a peine de descargadera No. 3.	1	Contaminados
04. Contaminados	044	UC-TAR-004	De conexión de carro tanque a succión de bomba BA-421 C.	1	Contaminados
04. Contaminados	045	UC-TAR-004	De descarga de bomba BA-421 C a peine de descargadera No. 4.	1	Contaminados
05. URV	046	NUEVA	De llenaderas a URV.	11	--



De igual forma que los circuitos las unidades de control se identificaron en un diagrama mecánico de flujo con nombre y color, respetando los criterios establecidos en la norma DG-SASIPA-IT-00204<sup>1</sup> en el ANEXO I figura B se muestra el diagrama con las unidades de control identificadas.

### **3.5 Actualización de diagramas isométricos en campo.**

Cuando las unidades de control de cada circuito fueron claramente identificadas en el diagrama mecánico de flujo se procedió a la actualización de los diagramas isométricos en campo. Esta etapa consistió en trazar detalladamente sobre papel isométrico cada unidad de control, verificando datos como, el diámetro de la tubería, soportes, soldaduras, equipos, tags, tipos de válvulas y el sentido del flujo.

Para la verificación y actualización de isométricos en campo, es necesario determinar el punto cardinal norte el cual se ubica en la parte superior derecha del dibujo y con respecto a esta referencia se trazan las orientaciones de las líneas de tubería. Como ejemplo del proceso de implementación se explicara la UC-002 del circuito de magna, cubriendo desde el levantamiento en campo hasta el análisis de sus mediciones de espesores. En la figura 9 se muestra un levantamiento típico en papel isométrico, que se realizó durante el periodo de implementación.

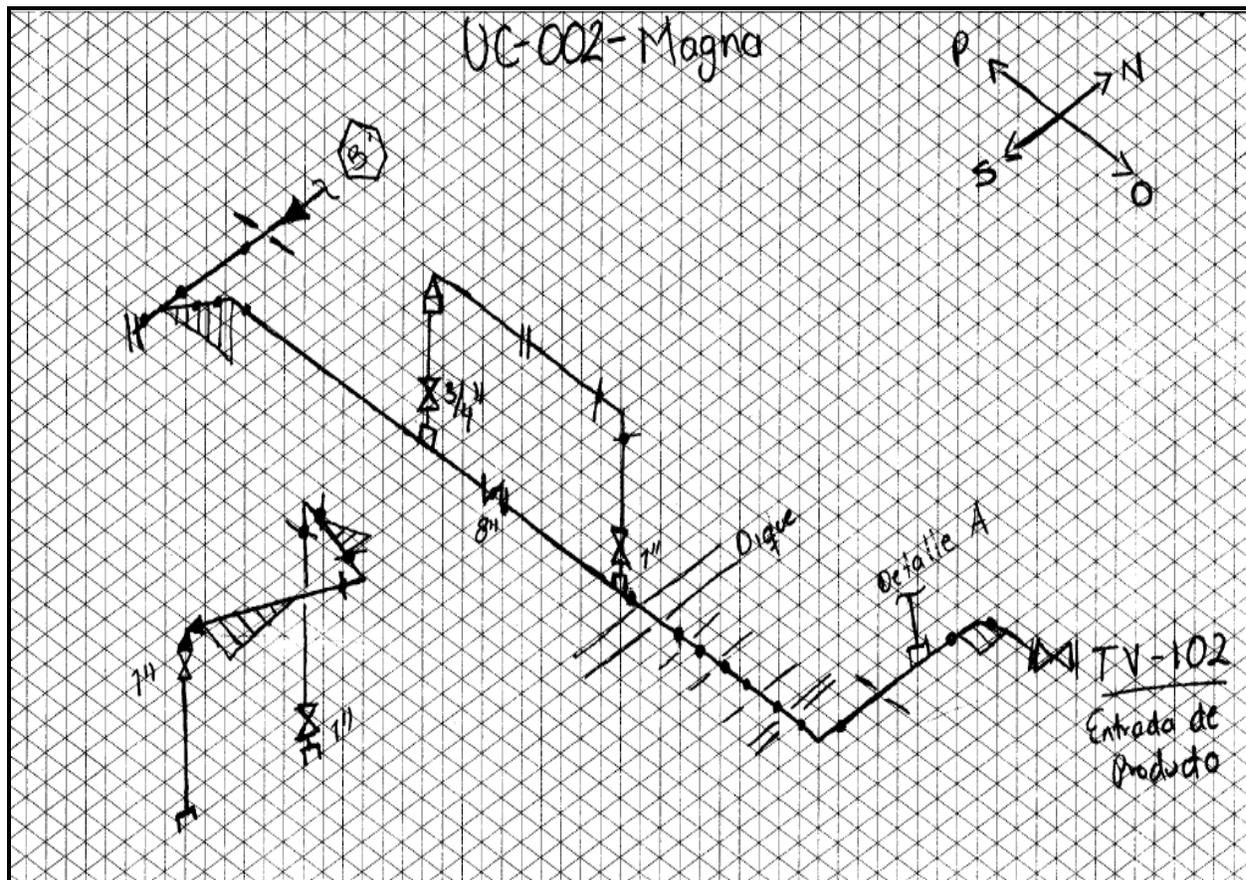


Figura 9. Levantamiento típico en papel isométrico.

### 3.6 Digitalización de isométricos para inspección técnica en AutoCAD®

La digitalización de los diagramas para inspección técnica se realizó en AutoCAD®, cuidando que cumplieran con los criterios establecidos en la guía para el dibujo de diagramas para inspección técnica (CEASPA-GDDITA-002<sup>12</sup>). Los diagramas digitalizados se convirtieron al formato “.dwf” utilizando la QITDraw® de manera que interactuaran con el SIEMCELE debido a que en este formato los diagramas se vinculan con la base de datos.

Cada isométrico cuenta con dos tablas, una de ellas proporciona características de las líneas de proceso: especificación de material, diámetro, cedula, limite de retiro, condiciones de operación y de diseño. La otra contiene información de la descripción de la UC: nombre de la

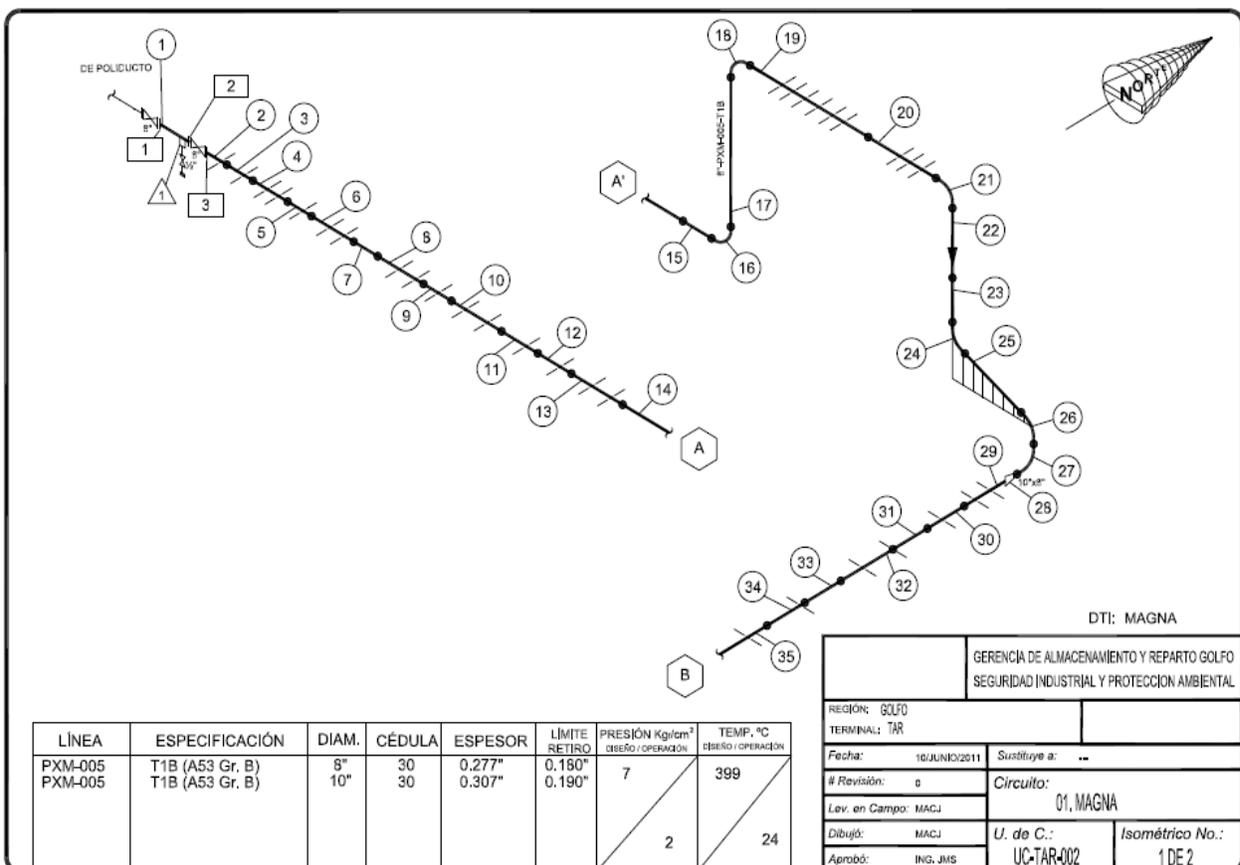


**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



terminal, nombre del circuito, nombre de la unidad de control, número de isométrico y fecha de digitalización.

En las figuras 10 y 10.1 se muestran los isométricos que comprenden la UC-002 del circuito de Magna, la cual inicia del peine de poliducto y termina en la entrada del tanque de almacenamiento TV-102. Opera a condiciones de 24°C y a 2 kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>, la línea principal presenta tubería con diámetros de 10" y 8" ambas con la misma especificación de material T1B (A53 Gr. B). Se identificaron 71 niveles de inspección de tubería, 7 niveles de tornillería y 1 de nipleria.



**Figura 10. Diagrama isométrico 1 de 2 de la UC-002 del circuito de Magna.**



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS

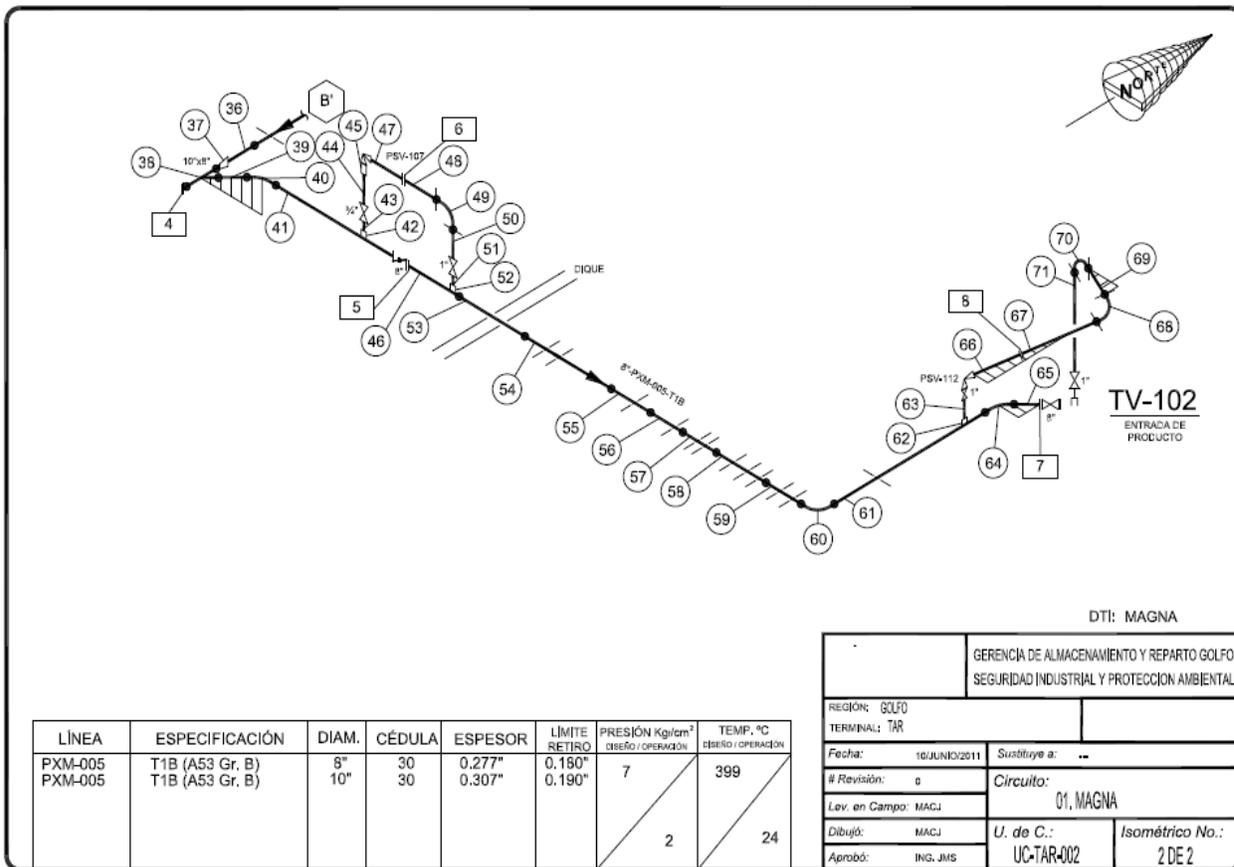


Figura 10.1 Diagrama isométrico 2 de 2 de la UC-002 del circuito de Magna.



### 3.7 Correspondencia de niveles de medición de espesores

Debido a que la mayoría de los isométricos existentes en los expedientes fueron modificados a consecuencia de que las unidades de control se identificaron y delimitaron en forma diferente, las líneas de proceso tuvieron algún cambio que no estaba actualizado en el diagrama de inspección técnica correspondiente, dando lugar a nuevas unidades de control. La numeración de los niveles cambió con respecto a la de los diagramas anteriores, por lo cual se trabajó con un formato de encuadre, en el que se hizo coincidir los niveles de la unidad de control actualizada con los anteriores, comparando el isométrico del expediente contra el nuevo isométrico digitalizado, con la finalidad de capturar en el sistema el historial de medición de los niveles actuales.

En el formato de correspondencia se menciona el diámetro nominal de la tubería, niplería o tornillería y se especifica el tipo de arreglo en el caso de los niveles de niplería. La numeración actualizada de los niveles de tubería de la UC-002 del circuito de magna quedó como se muestra en el formato de la tabla 7.



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



**Tabla 7. Correspondencia de niveles de tubería de la UC-002 del circuito de Magna.**

FORMATO DE EMPATES PARA LA CAPTURA							
PLANTA :	Terminal de Almacenamiento y Reparto			UC FINAL EN SIMECELE: <b>002</b>			
DIAMETRO NOMINAL	NIVELES DE TUBERÍA			NIVELES DE NIPLERÍA			
DN	ACTUAL	ANTERIOR	UC ANTERIOR	DN	ACTUAL	TIPO	ANTERIOR
8"	1	1	UC-TAR-009	½"	1	cofle-niple-válvula	nuevo
8"	2	2	UC-TAR-009				
8"	3	3	UC-TAR-009				
8"	4	4	UC-TAR-009				
8"	5	5	UC-TAR-009				
8"	6	6	UC-TAR-009				
8"	7	7	UC-TAR-009				
8"	8	8	UC-TAR-009				
8"	9	9	UC-TAR-009				
8"	10	10	UC-TAR-009				
8"	11	11	UC-TAR-009				
8"	12	12	UC-TAR-009				
8"	13	13	UC-TAR-009				
8"	14	14	UC-TAR-009				
8"	15	15	UC-TAR-009				
8"	16	16	UC-TAR-009				
8"	17	17	UC-TAR-009				
8"	18	18	UC-TAR-009				
8"	19	19	UC-TAR-009				
8"	20	20	UC-TAR-009				
8"	21	21	UC-TAR-009				
8"	22	22	UC-TAR-009				
8"	23	Nuevo	UC-TAR-009				
8"	24	23	UC-TAR-009				
8"	25	24	UC-TAR-009				
8"	26	25	UC-TAR-009				
8"	27	26	UC-TAR-009				
8"	28	27	UC-TAR-009				
8"	29	28	UC-TAR-009				
8"	30	29	UC-TAR-009				
8"	31	30	UC-TAR-009				



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



**Tabla 7. Correspondencia de niveles de tubería de la UC-002 del circuito de Magna.**

<b>FORMATO DE EMPATES PARA LA CAPTURA</b>							
<b>PLANTA :</b>	Terminal de Almacenamiento y Reparto			UC FINAL EN SIMECELE: <b>002</b>			
				UC ANTERIOR: <b>009</b>			
<b>DIAMETRO NOMINAL</b>	<b>NIVELES DE TUBERÍA</b>			<b>NIVELES DE NIPLERÍA</b>			
	DN	ACTUAL	ANTERIOR	UC ANTERIOR	DN	ACTUAL	TIPO
8"	32	31	UC-TAR-009				
8"	33	32	UC-TAR-009				
8"	34	33	UC-TAR-009				
8"	35	34	UC-TAR-009				
8"	36	35	UC-TAR-009				
8"	37	36	UC-TAR-009				
8"	38	37	UC-TAR-009				
8"	39	1	UC-TAR-009				
8"	40	2	UC-TAR-009				
8"	41	3	UC-TAR-009				
8"	42	Niplería 1	UC-TAR-009				
8"	43	Niplería 1	UC-TAR-009				
8"	44	Nuevo	UC-TAR-009				
8"	45	Nuevo	UC-TAR-009				
8"	46	4	UC-TAR-009				
8"	47	Nuevo	UC-TAR-009				
8"	48	Nuevo	UC-TAR-009				
8"	49	Nuevo	UC-TAR-009				
8"	50	Nuevo	UC-TAR-009				
8"	51	Niplería 2	UC-TAR-009				
8"	52	Niplería 2	UC-TAR-009				
8"	53	5	UC-TAR-009				
8"	54	6	UC-TAR-009				
8"	55	7	UC-TAR-009				
8"	56	8	UC-TAR-009				
8"	57	9	UC-TAR-009				
8"	58	10	UC-TAR-009				
8"	59	11	UC-TAR-009				
8"	60	12	UC-TAR-009				
8"	61	13	UC-TAR-009				
8"	62	14	UC-TAR-009				



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



**Tabla 7. Correspondencia de niveles de tubería de la UC-002 del circuito de Magna.**

FORMATO DE EMPATES PARA LA CAPTURA							
PLANTA :	Terminal de Almacenamiento y Reparto					UC FINAL EN SIMECELE: <b>002</b>	
DIAMETRO NOMINAL						NIVELES DE TUBERÍA	
DN	ACTUAL	ANTERIOR	UC ANTERIOR	DN	ACTUAL	TIPO	ANTERIOR
8"	63	Niplería 3	UC-TAR-009				
8"	64	Niplería 3	UC-TAR-009				
8"	65	15	UC-TAR-009				
8"	66	16	UC-TAR-009				
8"	67	Nuevo	UC-TAR-009				
8"	68	Nuevo	UC-TAR-009				
8"	69	Nuevo	UC-TAR-009				
8"	70	Nuevo	UC-TAR-009				
8"	71	Nuevo	UC-TAR-009				

Como se puede observar en la tabla 7 la numeración de los niveles cambio debido a que con anterioridad las unidades de control no estaban definidas de acuerdo a la norma DG-SASIPA-IT-00204<sup>1</sup>, y se habían omitido niveles de medición.



### **3.8 Captura en el SIMECELE**

La captura de las unidades de control al SIMECELE consta esencialmente de tres acciones que se ejecutaron en el sistema y que a continuación se describen.

#### **1. Captura de la especificación de material al sistema.**

En este paso se identificó la especificación del material de la unidad de control. Esto es importante pues dependiendo de esta especificación el sistema determina el límite de retiro que le corresponde y que utilizará para los cálculos posteriores.

En el caso particular de la TAR la especificación de material para todas las unidades de control de líneas fue T1B (A53 Gr. B).

#### **2. Captura de los niveles de medición de las unidades de control.**

Lo que se hizo durante esta etapa fue capturar la estructura que conforman a las unidades de control y que están señaladas con su respectivo número y tipo de nivel de medición, es decir, se capturó la posición de los tramos rectos de tubería, codos, tee's, arreglos de niplería y bridas que serán inspeccionados según corresponda a cada unidad de control.

En la figura 11 se observa la ventana que el sistema muestra para la captura de los niveles de tubería, en el cual se ingresa el tipo de nivel y diámetro de la tubería, y con base a la información capturada anteriormente el sistema asigna la cédula, el espesor nominal y el límite de retiro, información que el sistema proporciona según la especificación del material que se haya asignado previamente.



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



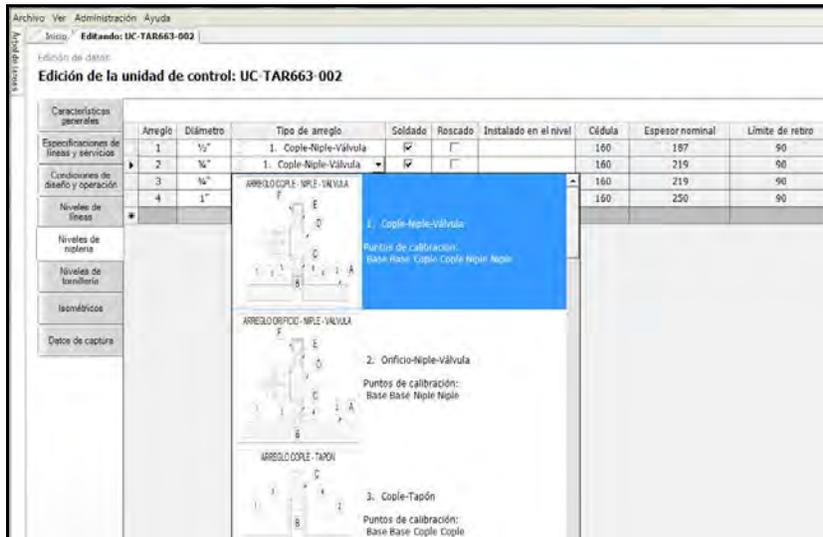
Características generales	Nivel	Diámetro	Tipo de nivel	Cédula	Espesor nominal	Límite de retiro
Especificaciones de líneas y servicios	1	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
Condiciones de diseño y operación	2	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
	3	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
Niveles de líneas	4	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
	5	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
Niveles de niplería	6	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
	7	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
Niveles de tornillería	8	8"	Tubería: Norte S	30	277	180
	9	8"				180
Isométricos	10	8"				180
	11	8"	Tubería: Norte Sur Arriba Abajo			180
Datos de captura	12	8"	N,S,A,B			180
	13	8"				180
	14	8"	Tubería: Oriente Poniente Arriba Abajo			180
	15	8"	O,P,A,B			180
	16	8"				180
	17	8"				180
	18	8"	Codo: Arriba Abajo Fuera (Codo) Dentro (Garganta)			180
	19	8"	A,B,C,G			180
	20	8"				180
	21	8"	Codo: Norte Sur Fuera (Codo) Dentro (Garganta)			180
	22	8"				180
23	8"	N,S,C,G			180	

Figura 11. Captura de los niveles de medición de tubería de la UC-002 del circuito de Magna.

Para la captura de niplería en el SIMECELE se presenta la ventana que se muestra en la figura 12, en la cual se captura el diámetro y el tipo de arreglo de niplería, además de que se debe indicar si el arreglo es soldado o roscado, y así de igual forma que en la captura de los niveles de tubería el sistema indica la cédula, el espesor nominal y el límite de retiro.



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



**Figura 12. Captura de los niveles de medición de niplería de la UC-002 del circuito de Magna**

Para el caso de los niveles de tornillería, el SIMECELE presenta la ventana que se muestra en la figura 13 en la que se captura el diámetro, el número de espárragos y el libraje.



**Figura 13. Captura de los niveles de tornillería de la UC-002 del circuito de Magna.**



### 3. Captura de los expedientes de inspecciones.

Cuando los niveles de medición de las unidades de control están cargados en el SIMECELE el siguiente paso es la captura de las mediciones contenidas en los expedientes que correspondían al mes de marzo del 2011 y octubre del 2012 y las cuales son la únicas con las que la TAR cuenta.

Como ejemplo, en la tabla 8, se muestra el formato en el que las mediciones de espesor de tubería de los 10 primeros niveles de los 71 que corresponden a la UC-002 del circuito de Magna fueron capturados al sistema.

Tabla 8. Espesores de tubería.

DESCRIPCIÓN		17-marzo-11	06-octubre-12
Nivel	Posición	Espesor (mils)	
1	Norte	325	316
	Sur	326	314
	Arriba	324	325
	Abajo	335	320
2	Norte	300	303
	Sur	341	323
	Arriba	295	285
	Abajo	332	328
3	Norte	300	289
	Sur	303	287
	Arriba	300	306
	Abajo	300	289
4	Norte	330	330
	Sur	325	315
	Arriba	321	307
	Abajo	326	320
5	Norte	319	310
	Sur	328	327
	Arriba	329	324
	Abajo	308	284



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Tabla 8. Espesores de tubería. (continuación)

DESCRIPCIÓN		17-marzo-11	06-octubre-12
Nivel	Posición	Espesor (mils)	
6	Norte	343	332
	Sur	331	326
	Arriba	329	328
	Abajo	308	325
7	Norte	344	321
	Sur	316	322
	Arriba	350	329
	Abajo	332	326
8	Norte	317	325
	Sur	287	288
	Arriba	311	309
	Abajo	314	325
9	Norte	330	328
	Sur	310	314
	Arriba	336	325
	Abajo	335	332
10	Norte	317	312
	Sur	336	323
	Arriba	326	321
	Abajo	317	300



### 3.9 Capacitación del personal

El personal de la TAR perteneciente al área de seguridad fue involucrado y participó activamente en cada una de las actividades durante la implementación del SIMECELE, con el objeto de instruirlos en los criterios establecidos de forma que exista continuidad en el procedimiento de inspección preventiva.

A dicho personal se le capacitó en los temas de:

- En normatividad aplicable en el centro de trabajo para inspección preventiva de tuberías.
- Administración del personal designado como usuario del SIMECELE, el cual tendrá bajo su responsabilidad la información capturada y/o que se modifique en el sistema.
- Conocimiento del funcionamiento del SIMECELE y las ventajas que el software ofrece para una mejor gestión de la inspección preventiva de espesores en líneas y equipos, apoyando el proceso de auditorías internas y externas.
- En la captura y edición de unidades de control.
- En el levantamiento y digitalización de diagramas isométricos.
- En la interpretación de los diagramas mecánicos de flujo donde fueron identificados los circuitos y unidades de control.
- En la interpretación y análisis de la información que el sistema presenta.
- En el uso de la QITDraw<sup>®</sup> para la realización de diagramas isométrico.

Además, durante el proceso se trataron y se expusieron las variaciones y errores comunes detectados en las unidades de control, dibujos y expedientes, de manera que no se repitan en futuras prácticas de inspección preventiva.



## **CAPÍTULO 4 RESULTADOS**



## IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Del trabajo realizado se obtuvo la actualización del censo de unidades de control el cual quedó conformado finalmente con 46 unidades de control de líneas correspondientes a los 5 circuitos.

Todas las unidades de control identificadas se enlistan en la tabla 3.4 que se muestra en el capítulo 3, de las cuales se capturaron sus niveles de medición y las mediciones existentes de cada una en el SIMECELE. Se digitalizaron un total de 128 diagramas de inspección técnica que servirán de referencia para las futuras mediciones de espesores en las líneas de proceso de la terminal de almacenamiento y reparto de hidrocarburos.

Se puede observar de la figura 14 a la 14.4 como es que el SIMECELE presenta la información capturada que corresponde a la UC-TAR-002 del circuito de magna. Esta unidad de control tiene señalados 71 niveles de medición de tubería, 1 nivel de inspección de niplería y 7 niveles de inspección de tornillería.

SIMECELE  
Archivo Ver Ayuda Administración

Bienvenido al SIMECELE Unidad de Control: UC-TAR

### Características de la unidad de control UC-TAR-002

Características generales de la unidad de control.

Descripción de la Unidad de Control:	De poliducto a TV-102
Ubicación:	/Área/Sector 01 / Planta Terminal de Almacenamiento y Reparto / Circuito 01, Magna
Tipo de Unidad:	Unidad de Control de Línea
No. de niveles de tubería:	72
No. de niveles de niplería:	1
No. de niveles de tornillería:	7
Presión de Operación (Kg/cm <sup>2</sup> ):	2
Temperatura de Operación (°C):	38
Índice de Riesgo:	N.D.
Línea Forrada:	No
Toma de mediciones:	En operación.

Figura 14. Características de la unidad de control UC-002 del circuito de Magna



En la figura 14 se observa la ventana que el SIMECELE con la descripción de la unidad de control, es decir, donde inicia y en donde termina, el total de niveles de medición que tiene señalados, las condiciones de presión y temperatura a la cual opera.



Figura 14.1 Especificación de la unidad de control UC-002 del circuito de Magna

En la ventana mostrada en la figura 14.1 el SIMECELE presenta el tipo de material del que está fabricada la tubería de la unidad de control UC-TAR-002, el servicio que opera y el rango de presión y temperatura máxima a la que puede operar.

Ahora bien, para los niveles de tubería el SIMECELE presenta la ventana que se muestra en la figura 14.2 donde se puede observar el número de nivel, el diámetro, la cédula, el espesor nominal y el límite de retiro.



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Archivo Ver Administración Ayuda

Inicio Editando: UC-TAR-002

Edición de datos

Edición de la unidad de control: UC-TAR-002

Características generales	Nivel	Diámetro	Tipo de nivel	Cédula	Espesor nominal	Límite de retiro
Especificaciones de líneas y servicios	1	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
	2	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
Condiciones de diseño y operación	3	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
	4	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
Niveles de líneas	5	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
	6	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
Niveles de niplería	7	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
	8	8"	Tubería: Norte S	30	277	180
Niveles de tornillería	9	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
	10	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180
Isométricos	11	8"	Tubería: Norte Sur	30	277	180

Figura 14.2 Niveles de medición de tubería de la unidad de control UC-TAR-002 del circuito de Magna

Para los niveles de niplería en la ventana del SIMECELE, figura 14.3, se puede consultar el diámetro, el tipo de arreglo, la cédula, el tipo de unión: roscada o soldada y el espesor original.

Archivo Ver Administración Ayuda

Inicio Editando: UC-TAR-002

Edición de datos

Edición de la unidad de control: UC-TAR-002

Características generales	Arreglo	Diámetro	Tipo de arreglo	Soldado	Roscado	Cédula	Espesor nominal	Límite de retiro
Especificaciones de líneas y servicios	1	½"	1. Cople-Niple-Válvula	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	160	187	90
Condiciones de diseño y operación								
Niveles de líneas								
Niveles de niplería								
Niveles de tornillería								
Isométricos								

Figura 14.3 Niveles de niplería de la unidad de control UC-002 del circuito de Magna.



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Para los niveles de tornillería el sistema presenta la ventana que se muestra en la figura 14.4 en la cual se puede consultar el número de espárragos de cada brida, el diámetro y la descripción de su estado físico.

Características generales	Brida	Diámetro	No. de espárragos	Libraje
Especificaciones de líneas y servicios	1	8"	8	150#
	2	8"	8	150#
Condiciones de diseño y operación	3	8"	8	150#
	4	10"	12	150#
Niveles de líneas	5	8"	8	150#
Niveles de niplería	6	8"	8	150#
Niveles de tornillería	7	8"	8	150#
Isométricos	*			

Figura 14.4 Niveles tornillería de la unidad de control UC-002 del circuito de Magna.

Los isométricos de la UC-TAR-002 que se digitalizaron se subieron al sistema en el formato (.dwf) que SIMECELE requiere para poder ser capturados, el sistema a través del visor de diagramas, los presenta como se muestra en la figura 14.5, además de que desde esta ventana se tiene la opción de acceder al historial de medición de cada nivel.



## IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS

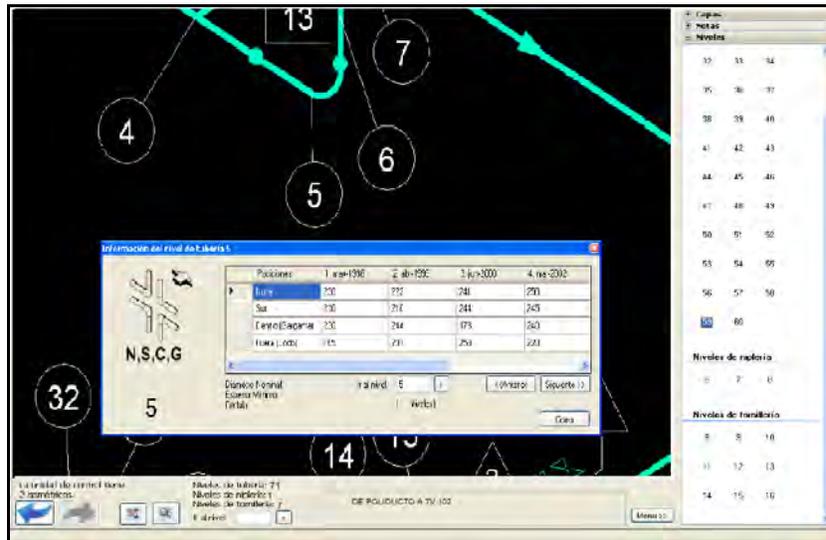


Figura 14.5 Vinculación de niveles con su historial de mediciones.

Como se observó en las figuras anteriores toda la información descriptiva de la UC-TAR-002 del circuito de Magna, el SIMECELE la presenta de manera ordenada, lo cual implica que la consulta de dicha información sea en menor tiempo y de forma más accesible.

Respecto a las mediciones de espesores capturadas, el SIMECELE muestra por medio de una grafica los valores obtenidos y los compara contra el espesor original y el límite de retiro, como se puede observar en la figura 15. En esta figura se puede observar en el eje x, los niveles de medición, mientras que en el eje y, esta graficado el espesor original en milésimas de pulgada. La grafica muestra los siguientes conceptos:

- Espesor original
- Limite de retiro
- Mediciones de espesor 2011
- Mediciones de espesor 2012

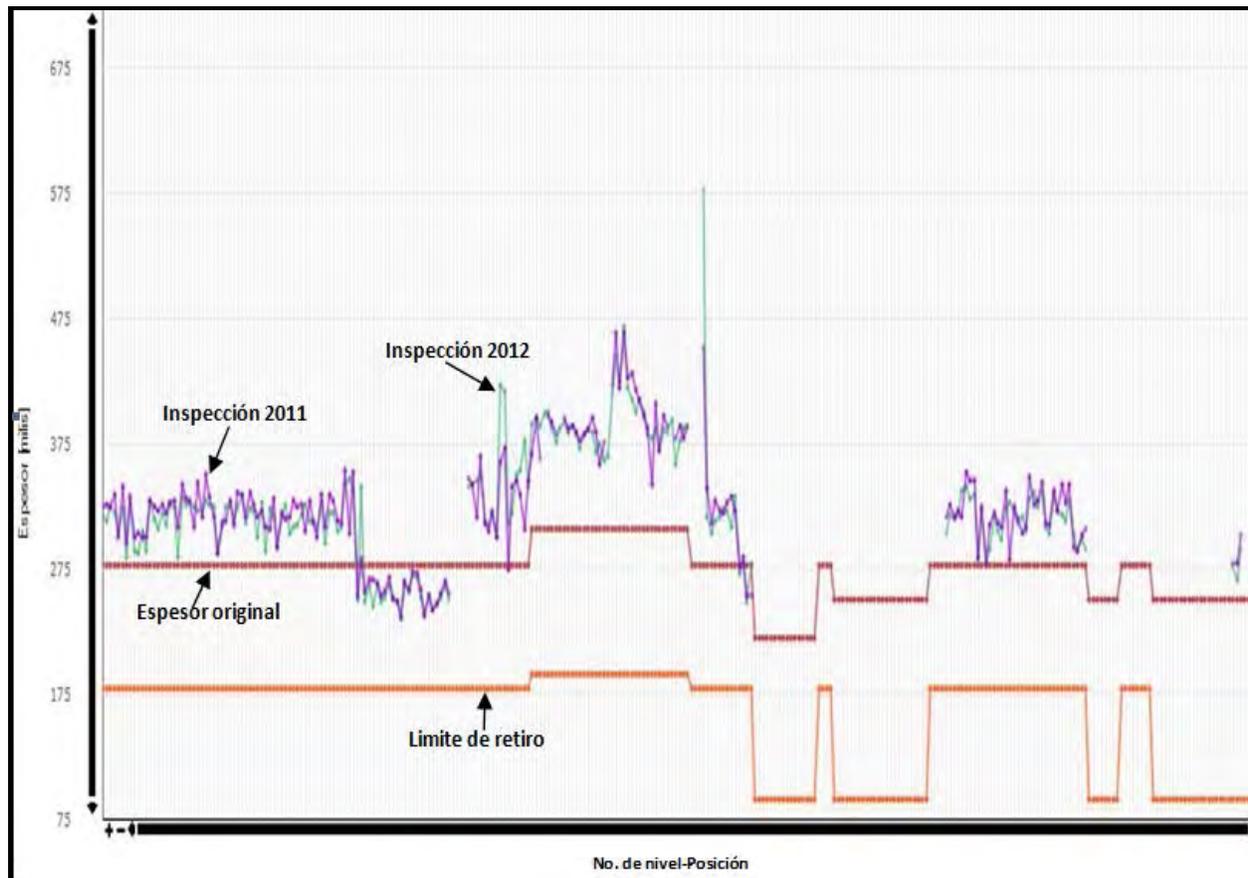


Figura 15 Gráfica de mediciones de espesor.

Evidentemente se observa en la grafica que ambas mediciones están por encima del espesor nominal lo que indica que la especificación de material capturada no corresponde a lo existente en campo, los saltos vacios de ambas curvas indican que existen niveles aun sin calibración. La grafica es una herramienta muy útil que ayuda a visualizar la calidad de las mediciones de espesores e identificar los posibles errores en la medición o éstas al ser capturadas.



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



Respecto al análisis de las mediciones, el SIMECELE mostró los siguientes resultados de la velocidad de desgaste para los niveles de tubería.

En la tabla 9 se presentan los 10 primeros niveles de la UC-TAR-002 junto con sus respectivas mediciones capturadas. En la última columna se muestra la velocidad de desgaste que el SIMECELE obtuvo por cada posición.

**Tabla 9. Velocidad de desgaste puntual de tubería.**

Descripción			marzo-2011	octubre-2012	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Espesor [mils]	Velocidad de Desgaste [mpa]
1	Diámetro: 8" Espesor nominal: 277 Límite de retiro: 180  Nivel 1	Norte	325	316	5.6
		Sur	326	314	7.47
		Arriba	324	325	0
		Abajo	335	320	9.33
2	Diámetro: 8" Espesor nominal: 277 Límite de retiro: 180  Nivel 2	Norte	300	303	0
		Sur	341	323	11.2
		Arriba	295	285	6.22
		Abajo	332	328	2.49
3	Diámetro: 8" Espesor nominal: 277 Límite de retiro: 180  Nivel 3	Norte	300	289	6.84
		Sur	303	287	9.96
		Arriba	300	306	0
		Abajo	300	289	6.84
4	Diámetro: 8" Espesor nominal: 277 Límite de retiro: 180  Nivel 4	Norte	330	330	0
		Sur	325	315	6.22
		Arriba	321	307	8.71
		Abajo	326	320	3.73
5	Diámetro: 8" Espesor nominal: 277 Límite de retiro: 180  Nivel 5	Norte	319	310	5.6
		Sur	328	327	0.62
		Arriba	329	324	3.11
		Abajo	308	284	14.93
6	Diámetro: 8" Espesor nominal: 277 Límite de retiro: 180  Nivel 6	Norte	343	332	6.84
		Sur	331	326	3.11
		Arriba	329	328	0.62
		Abajo	308	325	-



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



Descripción			marzo-2011	octubre-2012	
Nivel	Datos	Posición	Espesor [mils]	Espesor [mils]	Velocidad de Desgaste [mpa]
7	Diámetro: 8" Espesor nominal: 277 Límite de retiro: 180  Nivel 7	Norte	344	321	14.31
		Sur	316	322	0
		Arriba	350	329	13.07
		Abajo	332	326	3.73
8	Diámetro: 8" Espesor nominal: 277 Límite de retiro: 180  Nivel 8	Norte	317	325	0
		Sur	287	288	0
		Arriba	311	309	1.24
		Abajo	314	325	0
9	Diámetro: 8" Espesor nominal: 277 Límite de retiro: 180  Nivel 9	Norte	330	328	1.24
		Sur	310	314	0
		Arriba	336	325	6.84
		Abajo	335	332	1.87
10	Diámetro: 8" Espesor nominal: 277 Límite de retiro: 180  Nivel 10	Norte	317	312	3.11
		Sur	336	323	8.09
		Arriba	326	321	3.11
		Abajo	317	300	10.58

En la tabla anterior se observa que en la columna de velocidad de desgaste hay valores igual a cero y algunos otros que han sido discriminados debido a que en la norma DG-SASIPA-IT-00204 establece que los valores que excedan en más del 5%, de la anterior calibración se eliminarán. Y los valores que presenten un incremento de espesor de 0 al 5% tendrán una velocidad de corrosión de 0.

A partir de la velocidad de desgaste que el SIMECELE calculó puntualmente para cada posición de los 71 niveles de tubería, se determinó que la unidad de control tiene una velocidad de desgaste normal puesto que no resultó ninguna velocidad de desgaste mayor a 15 mpa considerada en la norma DG-SASIPA-IT-002041 como crítica.



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



En la tabla 10 se presentan los resultados de la vida útil estimada, fecha de próxima medición y fecha de retiro probable que el SIMECELE presenta para la UC-TAR-002 del circuito de magna.

**Tabla. 10 Resultados del análisis de la medición de espesores en líneas para la UC-TAR-002 del circuito de Magna.**

CONCEPTO	UNIDAD	RESULTADO PARA NIVELES NORMALES
Velocidad de desgaste promedio	mpa	4.4
Vida Útil Estimada (VUE)	años	12.2
Fecha de Próxima Medición de Espesores (FPME)	---	Octubre de 2016
Fecha de Retiro Probable (FRP)	---	Noviembre de 2024

Así como el SIMECELE presenta la información de la UC-TAR-002, que sirvió de ejemplo, lo mismo hace con las demás unidades de control tanto en la presentación como en el análisis de las mediciones. Del cual se obtuvieron los resultados de la VUE, FPME y FRP para cada unidad de control y que se muestran en la tabla 11.



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



**Tabla 11. Resultado del análisis de la medición de espesores para las líneas de proceso de la TAR.**

Unidades de control	Presenta puntos críticos	Última fecha de medición	Próxima fecha de medición (puntos normales)	Velocidad de desgaste (normal) mpa	Vida útil estimada años	Fecha de retiro probable	Próxima fecha de medición (puntos críticos)
UC-TAR-001	NO	23/10/2012	23/11/2013	0	-	-	-
UC-TAR-002	NO	09/10/2012	13/10/2016	4.4	12.2	16/11/2024	-
UC-TAR-003	SI	20/10/2012	25/08/2015	4.45	8.54	04/05/2021	31/01/2016
UC-TAR-004	SI	20/10/2012	20/10/2017	4.75	20.19	29/12/2032	29/04/2016
UC-TAR-005	SI	10/10/2012	06/07/2016	3.66	11.21	25/12/2023	27/08/2015
UC-TAR-006	SI	01/10/2012	04/04/2014	3.77	4.77	09/07/2017	31/01/2014
UC-TAR-007	SI	01/10/2012	01/10/2017	3.59	15.89	20/08/2028	03/11/2013
UC-TAR-008	SI	20/10/2012	06/09/2016	4.38	11.64	09/06/2024	07/06/2015
UC-TAR-009	SI	20/10/2012	14/04/2017	4.31	13.45	01/04/2026	20/09/2015
UC-TAR-010	SI	25/10/2012	22/11/2016	4.42	12.23	16/01/2025	25/06/2016
UC-TAR-011	SI	25/10/2012	26/11/2014	3.99	6.27	30/01/2019	07/06/2015
UC-TAR-012	NO	20/10/2012	20/10/2017	4.79	15.88	06/09/2028	-
UC-TAR-013	SI	15/10/2012	15/10/2017	4.88	18.44	25/03/2031	04/11/2014
UC-TAR-014	NO	20/10/2012	20/10/2017	4.96	19.58	18/05/2032	-
UC-TAR-015	NO	20/10/2012	20/10/2013	0	-	-	-
UC-TAR-016	NO	25/10/2012	25/10/2013	0	-	-	-
UC-TAR-017	NO	20/10/2012	20/10/2017	4.39	20.06	13/11/2032	-
UC-TAR-018	NO	11/10/2012	16/03/2017	4.37	13.28	23/01/2026	-
UC-TAR-019	SI	11/10/2012	11/10/2017	4.02	17.41	09/03/2030	23/04/2013
UC-TAR-020	SI	11/10/2012	18/12/2015	3.76	9.56	04/05/2022	12/09/2016
UC-TAR-021	SI	11/10/2012	11/03/2017	3.55	13.24	06/01/2026	04/04/2014
UC-TAR-022	SI	11/10/2012	14/04/2017	4.14	13.52	17/04/2026	01/10/2015
UC-TAR-023	SI	11/10/2012	11/10/2017	3.29	20.65	05/06/2033	09/10/2015
UC-TAR-024	SI	11/10/2012	09/04/2017	3.93	13.72	02/07/2026	25/08/2016
UC-TAR-025	SI	11/10/2012	11/10/2017	3.39	19.2	22/12/2031	17/01/2016
UC-TAR-026	SI	21/10/2012	30/04/2017	4.49	13.81	13/08/2026	24/09/2015
UC-TAR-027	NO	21/10/2012	06/07/2016	4.76	11.12	05/12/2023	-
UC-TAR-028	SI	21/10/2012	21/10/2017	2.17	18.88	05/09/2031	17/12/2016
UC-TAR-029	SI	21/10/2012	01/04/2016	4.45	10.33	19/02/2023	28/08/2013
UC-TAR-030	NO	21/10/2012	21/10/2017	4.14	16.92	24/09/2029	-
UC-TAR-031	NO	21/10/2012	25/07/2015	5.8	8.28	31/01/2021	-



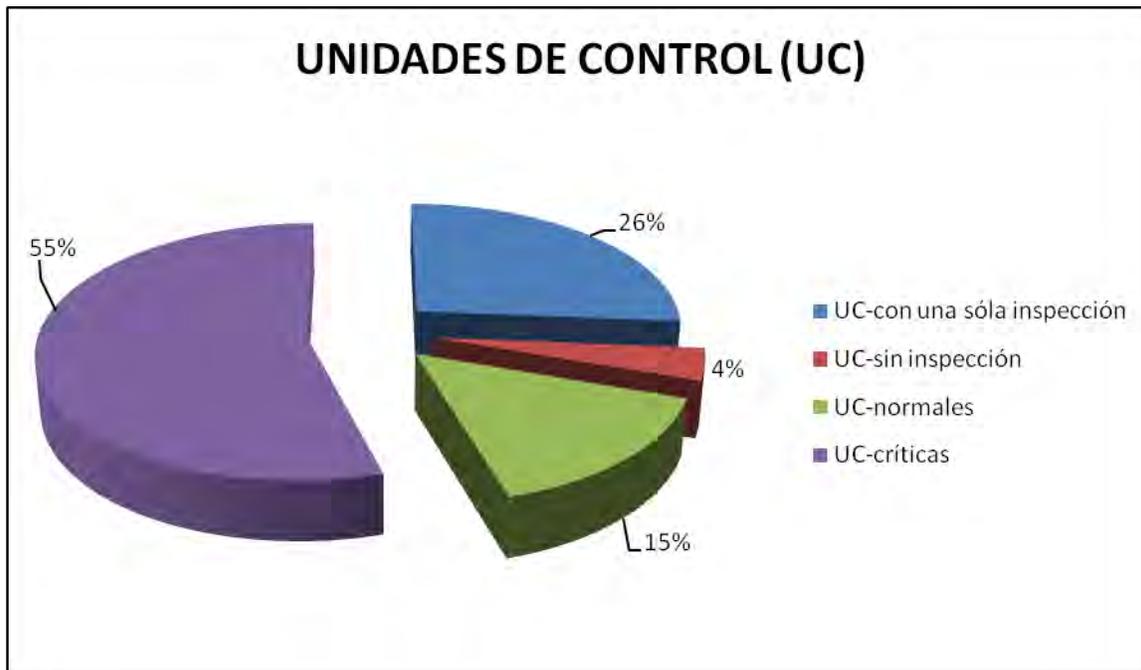
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS



Tabla 11. Resultado del análisis de la medición de espesores para las líneas de proceso de la TAR.

Unidades de control	Presenta puntos críticos	Última fecha de medición	Próxima fecha de medición (puntos normales)	Velocidad de desgaste (normal) mpa	Vida útil estimada años	Fecha de retiro probable	Próxima fecha de medición (puntos críticos)
UC-TAR-033	NO	21/10/2012	21/10/2013	0	-	-	-
UC-TAR-034	SI	21/10/2012	21/12/2015	5.89	9.5	21/04/2022	25/07/2014
UC-TAR-035	NO	-	-	0	-	-	-
UC-TAR-036	SI	25/10/2012	13/03/2015	5.04	7.15	18/12/2019	22/03/2015
UC-TAR-037	NO	-	-	0	-	-	-
UC-TAR-038	NO	11/10/2012	11/10/2013	0	-	-	-
UC-TAR-039	NO	11/10/2012	11/10/2013	0	-	-	-
UC-TAR-040	NO	11/10/2012	11/10/2013	0	-	-	-
UC-TAR-041	NO	11/10/2012	11/10/2013	0	-	-	-
UC-TAR-042	NO	11/10/2012	11/10/2013	0	-	-	-
UC-TAR-043	NO	11/10/2012	11/10/2013	0	-	-	-
UC-TAR-044	NO	11/10/2012	11/10/2013	0	-	-	-
UC-TAR-045	NO	11/10/2012	11/10/2013	0	-	-	-
UC-TAR-046	SI	23/10/2012	23/02/2014	1.05	-	-	22/01/2015

De acuerdo a la tabla anterior se tiene que de las 46 unidades de control de líneas, 25 unidades de control presentaron al menos un punto crítico, 12 cuentan con sólo una inspección, 2 no tienen historial de medición de espesores y 7 unidades de control presentaron una velocidad de desgaste normal. En la figura 16 se muestra la distribución del total de las unidades de control críticas y normales identificadas en la terminal de almacenamiento y reparto.



**Figura 16. Unidades de control críticas y normales.**

Para las unidades de control con sólo una inspección el SIMECELE no calcula la velocidad de desgaste y su próxima fecha de inspección deberá realizarse dentro de un año, con respecto a las unidades de control que no cuentan con expedientes de medición deberán ser inspeccionadas en un tiempo no mayor a 180 días como lo marca la norma DG-SASIPA-IT-00204<sup>1</sup>, y para las unidades de control con una velocidad de desgaste normal y las que presentaron algún punto crítico deberán ser programadas en el plan anual de medición preventiva de espesores según la fecha calculada.



## CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES



En la terminal de almacenamiento y reparto de hidrocarburos, se realizaron los censos tanto de circuitos como unidades de control quedando conformados por 5 circuitos de líneas y 46 unidades de control, el número de unidades de control por circuito se muestra en la figura 17.

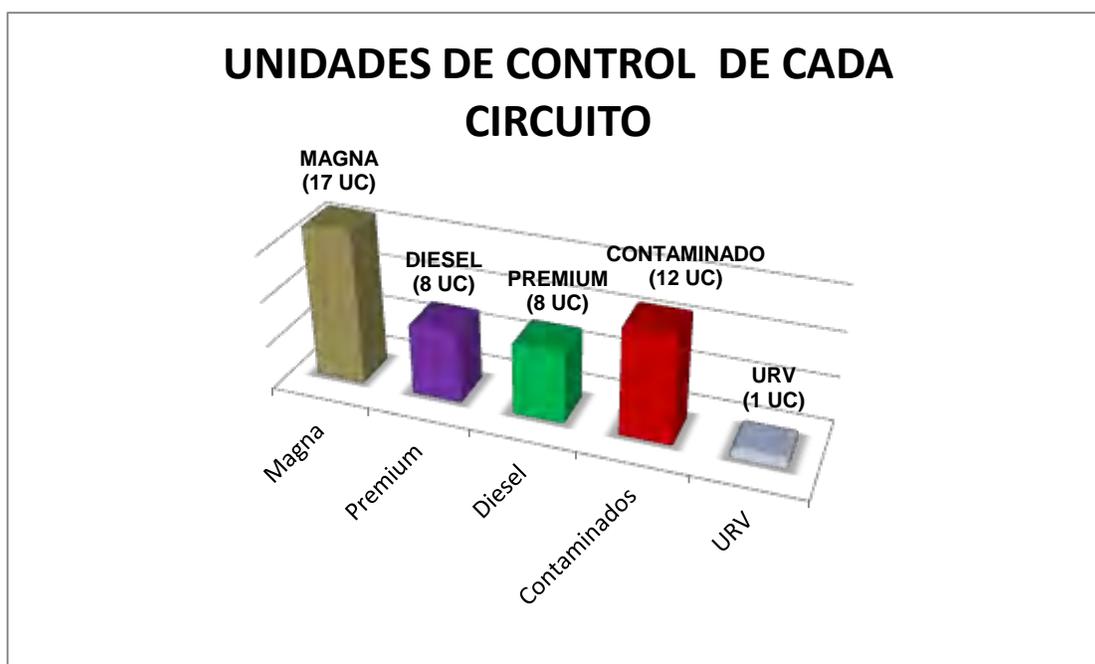


Figura 17. Número de unidades de control por circuito.

La implementación del SIMECELE en líneas se logró puesto que todas las líneas están capturadas y analizadas cumpliendo así los objetivos particulares planteados en este trabajo, los cuales se describen a continuación;

- 1) La información de las 46 unidades de control así como su análisis queda disponible para todos los niveles administrativos puesto que se podrá consultar en cualquier computadora registrada a la red del centro de trabajo.



- 2) La información esta actualizada y disponible mejorando así la práctica de inspección técnica de espesores en líneas. Esta información, es decir, los datos de calibración, los niveles de medición, los dibujos isométricos, la especificación de material, etc., queda restringida para cualquier cambio sólo por el personal autorizado y competente.
- 3) Se actualizaron y digitalizaron 128 diagramas para inspección técnica de espesores (isométricos) de líneas, en los cuales las unidades de control quedan delimitadas y agrupadas conforme a norma, para un mejor seguimiento.
- 4) Con las fechas de próxima medición proporcionadas por el sistema se puede elaborar un mejor plan anual de medición.
- 5) Con el SIMECELE se analizaron todas las líneas de proceso de la terminal, se identificaron unidades de control críticas, unidades de control que necesitaran mantenimiento o que en su defecto necesitaran ser emplazadas.

En ninguna unidad de control se identificaron emplazamientos, por lo cual se puede decir que las líneas de proceso de la TAR operan en un estado físico seguro. Sin embargo, se debe seguir llevando un buen control del sistema de inspección preventiva, y que por medio del uso de SIMECELE la metodología de inspección se verá optimizada junto con todas las actividades que esta conlleva, de tal manera que se puedan tomar con tiempo las decisiones correspondientes y así evitar algún suceso imprevisto.

Con los isométricos digitalizados y la estructura de las unidades de control cargadas al SIMECELE, se agiliza el trabajo de medición debido a la sincronización del medidor ultrasónico con el software, que permite descargar la estructura de alguna unidad de control en específico para realizar las mediciones de cada nivel.

Toda la información correspondiente a la medición preventiva de espesores como lo son los diagramas mecánicos de flujo con circuitos y unidades de control identificadas, diagramas isométricos, inspecciones visuales y ultrasónicas de tubería, nipleria y tornillería, se encuentra ahora de forma más organizada y accesible para su consulta, es decir, el uso del



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



SIMECELE mejoró la administración de dicha información con lo cual se puede obtener un análisis de resultados más rápido lo que permite tomar las decisiones adecuadas a tiempo. Además de que el sistema también presenta la información en forma de reportes que cumplen con las exigencias de los lineamientos documentales de la TAR para justificar que las líneas de proceso operan bajo un margen permitido conforme a la normatividad ante auditorías internas y externas.



## 5.1 Recomendaciones

- ❖ Se recomienda que para la capacitación del uso y aplicación del SIMECELE el personal asignado sea preferentemente del área de seguridad, de mantenimiento u operación, debido a que estas áreas están ligadas a la correcta y segura operación de la terminal de almacenamiento y reparto de hidrocarburos.
- ❖ Antes de iniciar la medición de espesores de alguna unidad de control, verificar que los isométricos a utilizar concuerden con lo existente en campo, de no coincidir deberán actualizarse, de igual forma la estructura capturada en el software deberá ser actualizada para que los niveles de medición correspondan y el análisis se haga de forma adecuada.
- ❖ En caso de que se realicen modificaciones en alguna tubería por cuestiones de operatividad, cambios de arreglo de tubería, por cambio en el sentido de flujo o por haber dado mantenimiento, etc., Se deben hacer inmediatamente los cambios pertinentes en el sistema con el fin de mantener actualizados todos los datos (niveles o joy diagrama isométrico).
- ❖ En caso de la actualización de isométricos se deberán respetar los criterios establecidos en la guía para dibujar diagramas para inspección técnica de espesores CEASPA-GDDITA-002<sup>12</sup>.
- ❖ Que la información capturada en el SIMECELE sea ratificada por el personal correspondiente, en este caso por el jefe del área de seguridad del centro de trabajo.
- ❖ Tener presente que el SIMECELE es una herramienta que ayuda a mejorar la seguridad del centro de trabajo en el aspecto de integridad mecánica de sus líneas y equipos, y el cual depende de la información que se capture, para que este arroje resultados que describan lo mejor posible el estado físico de la planta.



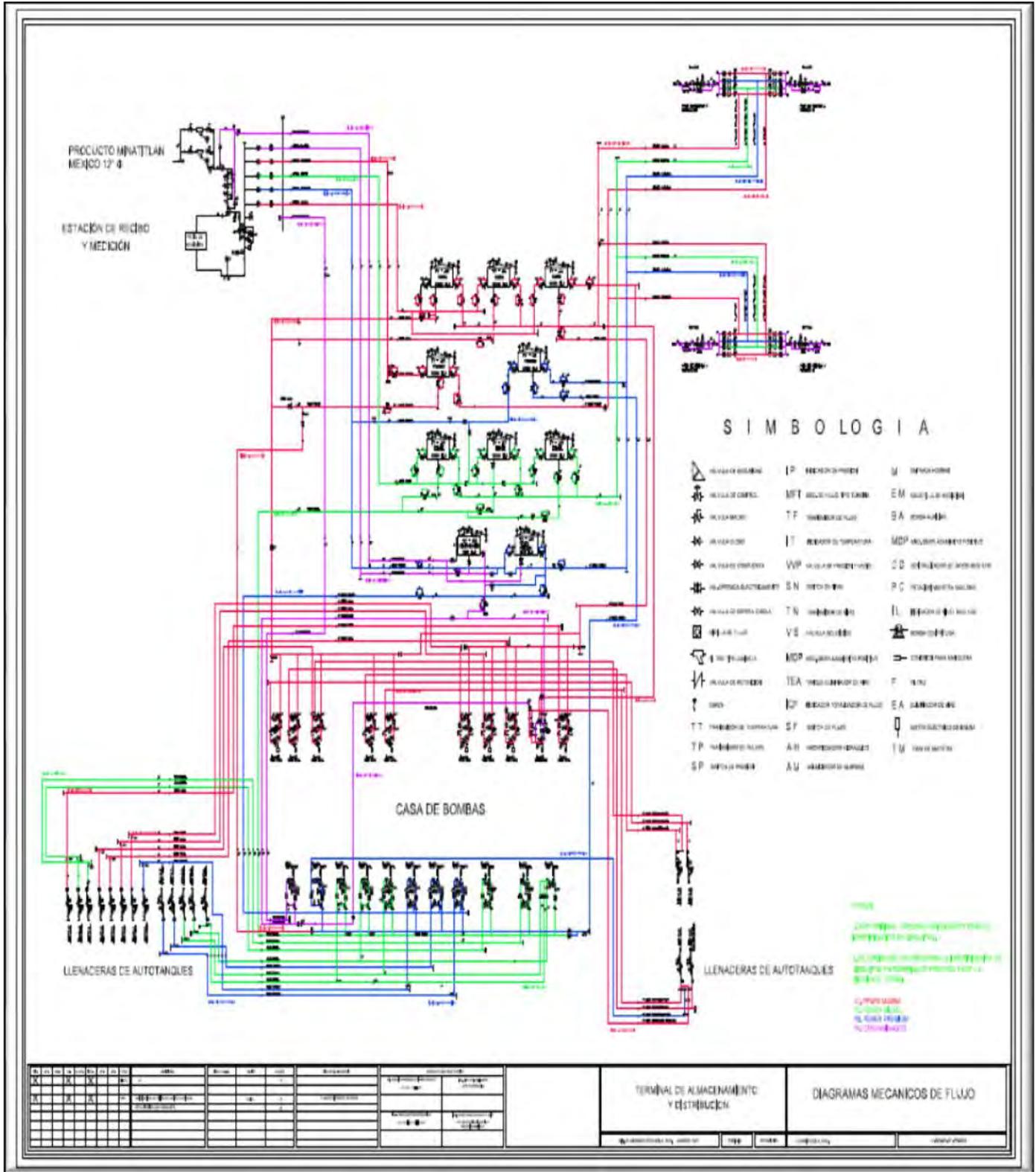
## ANEXO I

### DIAGRAMAS MECÁNICO DE FLUJO

- A) Diagrama mecánico de flujo con circuitos identificados
  
- B) Diagrama mecánico de flujo con unidades de control identificadas

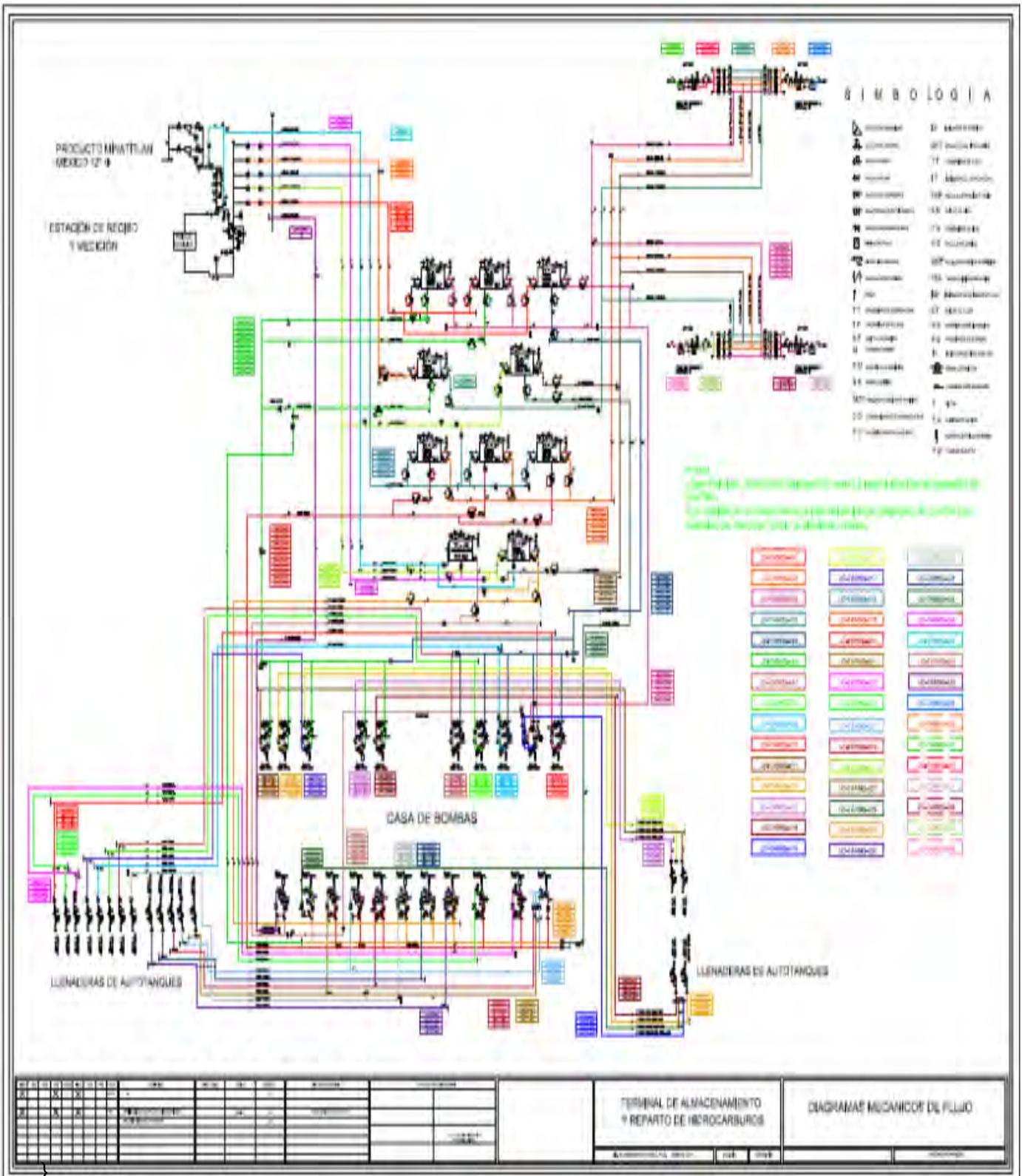


IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS





# IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS





## BIBLIOGRAFÍA.

- 1) NOM-DG-SASIPA-IT-00204 Rev. 7 (2010) Guía para el registro, análisis y programación de la medición preventiva de espesores.
- 2) LA SEGURIDAD INDUSTRIAL FUNDAMENTOS Y APLICACIONES. La seguridad industrial su estructuración y contenido. Muñoz, Antonio, Rodríguez H., José, Martínez-Val. José M. Ed. Miner.
- 3) NRF-032-PEMEX (2005) Sistema de tuberías en plantas industriales, diseño y especificación de materiales.
- 4) GPEI-IT-201 (1986) Procedimiento de revisión de nipleria de plantas en operación.
- 5) DG-GPASI-IT-0903 (1995) Procedimiento para efectuar la revisión de tornillería de tuberías y equipos.
- 6) GPASI-IT-0209 (1994) Procedimiento para Efectuar la Inspección de Tuberías de Proceso y Servicios Auxiliares en Operaciones de las Instalaciones de PEMEX-Refinación.
- 7) NOM-DG-GPASI-IT-0903 (1995) Procedimiento para Efectuar la Revisión de la Tornillería de Tuberías y Equipos en las Instalaciones en Operación de PEMEX-Refinación.
- 8) GPI-IT-4200 (1986) Procedimiento para el control de desgaste de nipleria.
- 9) NRF-030-PEMEX (2009) Diseño, construcción inspección y mantenimiento de ductos terrestres para transporte y recolección de hidrocarburos.
- 10) NRF-279-PEMEX (2011) Rev.0 Medidor de espesor ultrasónico



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA INTEGRIDAD MECÁNICA EN LÍNEAS DE PROCESO DE UNA TERMINAL DE ALMACENAMIENTO Y REPARTO DE HIDROCARBUROS**



- 11) CEASPA-GDDITA-002, Rev. 2 (2012) Guía para dibujar diagramas para inspección técnica de espesores en Auto CAD, Facultad de Química, UNAM.
- 12) API-570-Código de inspección de tuberías (1998)
- 13) API-580- Inspección basada en riesgo
- 14) Manual del SIASPA- 01/06-12 Análisis de riesgos.
- 15) Norma AVIII-4 (DG-ASIPA-00008) (2001) Límite de retiro para tuberías, válvulas y conexiones metálicas, empleadas en el transporte de fluidos.
- 16) Perera Gerónimo Daniel. "Manual de introducción al ultrasonido industrial" Tesis Grado Técnico, Universidad Tecnológica de Tabasco (2008).



## GLOSARIO

**CEASP<sup>4</sup>A.** Centro de Estudios para la Administración de la Seguridad de los Procesos Petroquímicos, Poliméricos y la Protección Ambiental.

**DFP.** Diagrama de Flujo de Proceso.

**DMF.** Diagrama Mecánico de Flujo.

**DTI.** Diagrama de Tubería e Instrumentación.

**FPME.** Fecha de Próxima Medición.

**FRP.** Fecha de Retiro Probable.

**GPEI.** Gerencia de Protección Ecológica e Industrial.

**mils.** Milésimas de pulgada.

**mpa.** Milésimas por año.

**NOM.** Norma Oficial Mexicana.

**QITDraw.** Paleta de herramientas creado por el grupo CEASP4A. La cual consta de bloques predeterminados utilizados en AutoCAD para la elaboración de diagramas isométricos.

**SASIPA.** Subdirección de Auditoría de Seguridad Industrial y Protección Ambiental.

**SIMECELE.** Sistema Integral de Medición y Control de Espesores en Líneas y Equipos.

**TAR.** Terminal de Almacenamiento y Reparto de Hidrocarburos.

**UC.** Unidad de Control.

**VUE.** Vida Útil Estimada.