

DOCUMENTO TÉCNICO INSPECCIÓN POR EMISIÓN ACÚSTICA Y ULTRASONIDO PARA LA INTEGRIDAD MECÁNICA DE ESTRUCTURAS

Por: Ternowcheck S.J., Gandy T.J., Calva M.V. y Patterson T.S.
American Society for Testing and Materials, ASTM STP1353, 1998
(Traducción Tecnología Total Ltda)

Hoy en día los operadores de equipos de proceso requieren de implementar buenas inspecciones de ingeniería para asegurar integridad en la operación de equipos.

Estas inspecciones pueden hacerse de varias maneras. Una de ellas son las inspecciones no-destructivas (NDT) como lo son la Emisión Acústica, Ultrasonido, Radiografías, Partículas magnéticas, Inspección visual, etc.

La mayoría de estas inspecciones requieren que los equipos salgan de operación antes de realizar la inspección. En algunos casos, cuando la inspección es interna los costos del mantenimiento e inspección se crecen significativamente.

La **Emisión Acústica (EA)** es la primera técnica de inspección para realizar en forma global la evaluación de la integridad mecánica del estado de los equipos.

Cuando los resultados de la EA indican que hay problemas potenciales, una segunda prueba no-destructiva, ultrasónica (UT) para el análisis de los esfuerzos cortantes o un medidor de espesores, es utilizado para medir el origen del mecanismo de falla, sus características y sus límites.

Las dos técnicas son complementarias entre si.

Estos equipos ofrecen varias ventajas:

1. La inspección se puede realizar con los equipos en operación.
2. El equipo es evaluado bajo las condiciones normales de operación.
3. Mecanismos de diferentes fallas como fugas, fisuras, corrosión, fragilidad, pueden ser detectados con una simple inspección.
4. Los ahorros en costos son sustancialmente más bajos que otros métodos.

A continuación damos ejemplos de los resultados producidos en varias pruebas recientes, una esfera de 18 m de diámetro, un tanque de 15 m y una vasija de proceso.

1. INTRODUCCIÓN.

Hoy en día las compañías están reduciendo los presupuestos para llegar a su óptimo tamaño y nunca ha sido mejor la oportunidad para el mejoramiento de las técnicas de inspección en larga escala.

Los Departamentos de Ingeniería e Inspección de plantas hoy en día están necesitando de métodos que puedan evaluar rápidamente equipos grandes y complejos, indicando los problemas

potenciales en sus diferentes áreas. Estas áreas pueden ser detectadas durante la parada de los equipos o durante las inspecciones de carga de los equipos.

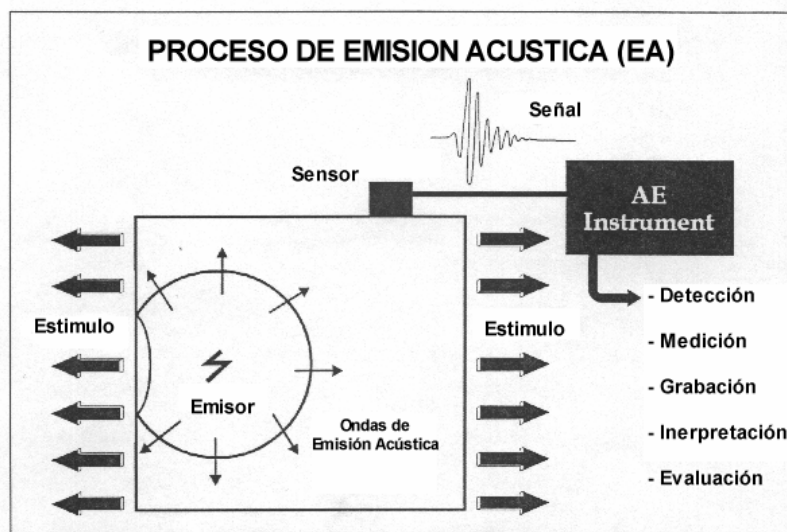
Desde 1968 la Emisión Acústica (EA) nació en el laboratorio para cumplir con estas necesidades, ofreciendo ventajas sobre las técnicas de inspección convencional en los equipos de las plantas de la industria petroquímica.

Estas características son discutidas mas adelante, sin embargo algunas de ellas son la inspección en servicio y equipos nuevos, monitoreo global de equipos complejos de gran tamaño, no destructivo y la medición de anomalías significativas en las estructuras. Estas características de la EA nos dan una herramienta muy útil en la evaluación de un equipo en su integridad estructural y su certificación para su servicio.

Basados en los resultados de las inspecciones por EA, el personal de ingeniería e inspectores pueden determinar con más precisión si el equipo necesita más pruebas y en definir sitio donde debe hacerse. Esto conlleva a ahorros en dinero en más inspecciones en áreas o equipos que no la necesitan y la concentración en los que realmente lo necesitan.

La definición de Emisión Acústica (EA) es la onda elástica transitoria generada por un cambio de energía localizado dentro de un emisor en un material. Esta teoría se ha venido desarrollando desde 1960 y ha venido creciendo y aceptada ampliamente en la industria. Desde esta fecha hasta hoy en día este método ha sido ampliamente utilizado, mostrando que es una herramienta invaluable para detectar y entender la respuesta de un material o estructura a los esfuerzos aplicados.

El concepto básico de la Emisión Acústica (Ver figura 1) consiste en aplicar una estimulación al material o estructura hasta localizar un punto de cedencia del material. Este punto de cedencia causa una onda de esfuerzo que se propaga elásticamente por la estructura. En algún punto llega a la superficie y estimula un sensor piezoeléctrico. Este sensor se convierte la energía mecánica en una señal eléctrica que se amplifica para el proceso de los análisis.



**DEFINICION:
LAS EMISIONES ACUSTICAS SON ONDAS ELASTICAS TRANSITORIAS GENERADAS POR EL RAPIDO RECHAZO DE ENERGIA DE EMISORES LOCALIZADOS DENTRO DEL MATERIAL**

La inspección por EA difiere de otras inspecciones no destructivas en los siguientes dos aspectos:

La señal que se detecta es generada por el mismo material.

El método está evaluando la respuesta del material a la aplicación de esfuerzos, por consiguiente es una técnica dinámica.

Estos dos factores proveen el concepto básico para aplicar de Emisión Acústica a una tanque a presión u otras estructuras.

2. VENTAJAS DE LA EMISION ACUSTICA

2.1 EN VASIJAS A PRESIÓN

A continuación enumeramos las ventajas de la Emisión Acústica:

a) **Inspección en servicio.** La emisión Acústica es practicada en tres formas a vasijas a presión:

- Durante la etapa de la inspección de la prueba hidrostática después de la fabricación.
- Cuando el equipo ha sido re-certificado para un uso alterno.
- Inspección cuando está en servicio.

La Emisión Acústica da la habilidad de evaluar la integridad estructural de una vasija a presión en línea, bajo las condiciones normales de operación y las experiencias mientras esta en uso. Esta información de cómo la vasija está trabajando en servicio y en donde la degradación está ocurriendo cuando está en operación, puede ayudar a definir cuando y donde otra inspección no destructiva debe realizarse. Su utilización puede prolongar el tiempo de otra inspección o dar un concepto de precaución de una posible falla.

b) **Inspección de toda la estructura** Determinado cuidadosamente el área en donde se fijará el sensor, la inspección se puede realizar para el equipo con un número pequeño de sensores. Esta capacidad de la EA hace bastante atractiva su aplicación a estructuras largas (tabacos), esferas, intercambiadores de calor en donde el acceso y áreas de inspección son difíciles y hacen consumir demasiado tiempo.

c) **Encontrar defectos significativos** – Como la Emisión Acústica es utilizada bajo condiciones reales de carga de la estructura, ella tiene la capacidad de diferenciar las anomalías que están creciendo y otras que son insignificantes estructuralmente. Con otras técnicas, es posible establecer la presencia de una anomalía, pero es difícil de determinar sus defectos cuando la estructura está en servicio.

d) **Medición de la severidad estructural** - Utilizando los procedimientos de inspección y análisis de hoy en día, es posible de dar una medida de una fuente activa de Emisión Acústica de una estructura. Los programas más usados son MONPAC® y MONPACPLUS®. Estos programas nos dan parámetros de los datos de Emisión Acústica cuando estamos inspeccionando la estructura bajo los procedimientos prescritos. El grado de los datos desde **A** hasta **E** es dado con las recomendaciones de un seguimiento de inspecciones por realizar periódicamente.

- e) No-invasivo- la Emisión Acústica usa sensores que son instalados en la parte exterior de la pared del recipiente. Esto no requiere de tener accesos al interior del recipiente cuando se realiza la inspección. En recipientes aislados solo se necesitan pequeños huecos de acceso para la instalación de los sensores y resto del aislamiento permanece sin perturbación.
- f) Datos permanentes – La inspección por emisión Acústica deja a través de sus instrumentos archivos de datos que son guardados en el computador. Estos archivos están disponibles para hacer futuros análisis. Ellos pueden ser archivados y almacenados para futuras referencias. Datos similares pueden ser usados para comparación de estructuras similares o para comparaciones el numero de inspecciones en el transcurso de los años en estructuras similares.

2.2 TIPOS DE PROBLEMAS DETECTADO POR EMISIÓN ACÚSTICA (EA)

EA es un fenómeno relacionado con esfuerzos. En orden de detectar las discontinuidades y daños en los equipos, la técnica debe aplicarse cuando el equipo es sometido a esfuerzos. Esta no puede detectar problemas en áreas donde no hay estructuras sometidas a esfuerzos. En efecto para que una inspección de Emisión Acústica sea exitosa es teniendo cuidados especiales en el programa de carga de la estructura.

La concentración de esfuerzos creada por los defectos, producirá una cedencia de esfuerzos localizada, que es detectada por los sensores, cuando la estructura permanece en silencio. Como cada tipo de defectos tiene un factor de concentración de esfuerzos diferentes asociados a ellos, algunos emitirán EA a niveles más bajos que otros, entonces, es más fácil detectados. Algunos ejemplos de detección de estos defectos en equipos nuevos, se incluyen pero no están limitados a son los siguientes:

- a) Defectos de soldadura – Hay un gran número de Emisiones Acústicas producidas por defectos en las soldaduras durante la prueba hidrostática. Esto incluye fisuras desarrolladas debido calentamiento o enfriamiento, a las microfisuras intergranulares y transgranulares, fisuras de la base del metal en las zonas afectadas por calor, fusiones incompletas, falta de penetración, porosidad e inclusiones. Como notamos en lo descrito anteriormente la habilidad de detectar estos defectos es dependiente en el factor de la concentración de los esfuerzos y de la habilidad para producir los puntos de cedencia a los niveles de esfuerzos aplicados. Es muy posible el tener tipos de defectos que son muy emisivos en un caso y no emisivos en otros.
- b) Defectos de fundición – en soldaduras, esfuerzos de fabricación que producen concentraciones que pueden ser detectadas por la EA. Esto incluye gas y desperfectos huecos que producen cavidades y porosidad; inclusiones como escalas de oxido, encogimiento de las cavidades, lágrimas calientes y fisuras debido a la falta de fusión etc.
- c) Forja - Un gran número de defectos originados en la forja del metal puede ser detectado por EA que deben debe ser esforzados para producir cedencia. Algunos de ellos son: laminaciones causadas por inclusiones en la forma original; huellas dejadas por las protuberancias por varias pasadas; fisuras causadas por rolado.
- d) Tratamiento térmico – cuando el tratamiento por calentamiento falla en la reducción de esfuerzos residuales y producen cambios deseados en la estructura metalúrgica, una

cantidad de Emisiones acústicas pueden ser generadas durante la prueba hidrostática. Fallas en proceso de tratamiento térmico producen esfuerzos localizados, variaciones excesivas en las estructuras metalúrgicas fallas para la estabilización de ciertas fases, todas estas tienen potencial para generar Emisiones Acústicas.

En adición a la nueva fabricación, la EA es usada extensamente como una técnica de inspección en servicio.

Para Emisión Acústica no es necesario tener las historias de las inspecciones del equipo desde nuevo. Muchos equipos son inspeccionados después instalados y en servicio con resultados excelentes. Las inspecciones típicas en equipos en servicio son para detectar y localizar defectos que están creciendo bajo esfuerzos de servicio, algunos de ellos son:

- a) **Fatiga Mecánica** – es la variación en proceso que puede causar daños de fatiga mecánica a la estructura. La variación puede ser causada por presiones internas o presiones cíclicas. Ellas pueden ser del resultado de las variaciones del proceso de flujo. Pueden ser externas como el caso de vibraciones. El resultado es para iniciar y crecer las fisuras bajo las condiciones de servicio. **El propósito de la Emisión Acústica es el de detectar y localizar estas fisuras antes de una catastrófica falla.**
- b) **Fatiga Térmica** – Variaciones de temperatura pueden causar iniciación y crecimiento de fisuras. El inicio de las fisuras puede ser el resultado de la concentración de las cargas mecánicas como en las áreas donde se encuentran boquillas, soportes y áreas de articulaciones. Estas experimentan altos esfuerzos flexibles como resultados de las expansiones y contracciones o pueden ser resultados de daños por flujos. El caso de daños térmicos es el ejemplo de los daños causados en servicio detectados por la inspección con Emisión Acústica en instalaciones de refinerías y afines.
- c) **Daños por Hidrogeno** – como opuesto a la falla por fatiga térmica, el hidrogeno daña y fragiliza como resultados de la formación de microfisuras causadas por la absorción de hidrogeno de una vasija a presión en acero. Los daños del hidrogeno causan pérdidas en la ductilidad y resistencia del acero. Se ha demostrado que la Emisión Acústica detecta los daños por hidrogeno durante las pruebas de equipos en servicio.
- d) **Ampollamiento por hidrogeno** - este es un resultado de los átomos de hidrogeno contenidos en los espacios vacíos o laminaciones del acero que cambian a moléculas de hidrogeno. A medida que las moléculas de hidrogeno crecen, las presiones en los espacios vacíos se incrementa causando un separamiento y ampollamiento en la superficie. La Emisión Acústica puede detectar el ampollamiento del hidrogeno en las etapas tempranas de su formación.
- e) **Fisuras de corrosión por esfuerzos (ECC-Stress Corrosion Cracking)** – Es el fenómeno que resulta de los efectos de corrosión y esfuerzos en tensión, han sido detectados por la Emisión Acústica en un gran numero de diferentes materiales y procesos. SCC produce un proceso de fisuras típicas estables que incrementan la posibilidad de ser detectadas por la Emisión Acústica. Este fenómeno ha sido detectado en recipientes de aceros inoxidables, en acero carbono usados para el proceso de amoniacos.
- f) **Corrosión General** – durante las inspecciones en servicio de los tanques, recipientes a presión, la emisión acústica ha sido generada por la fragmentación de los productos corrosivos. Diferente a las aplicaciones anteriores el origen de las señales en este caso no se puede localizar el punto de esfuerzo de cedencia de un defecto, pero sí como un resultado del rozamiento de fricción del producto. Esto produce una señal que se puede detectar como la presencia de corrosión.

3. METODO DE INSPECCION.

A continuación se muestra un procedimiento típico con la secuencia de actividades que se ejecutan normalmente en esta clase de inspecciones. Mientras las diferentes estructuras (por ejemplo tuberías, vasijas, tanques, etc.) tienen procedimientos específicos para cada uno de ellos, el que se describe se puede utilizar en muchos casos.

TABLA 1 – Procedimiento de Ensayo

-
1. Determinar el área de cobertura para el sensor basado en la señal de atenuación del tanque.
 2. Montar los sensores basados en el área de cubrimiento.
 3. Hacer un chequeo de la verificación de los equipos.
 4. Determinar el nivel de la carga y su programa de incrementos.
 5. Hacer un chequeo de los ruidos cercanos al equipo.
 6. Iniciar el llenado del tanque de acuerdo con lo especificado en el programa.
 7. Verificar la calidad de los datos de Emisión Acústica.
 8. Complementar la carga.
 9. Evaluar los datos de la inspección con los criterios evaluativos.
 10. Determinar los sitios de los recursos activos.
 11. Determinar si es necesario o no continuar con ensayos no destructivos.
-

Un paso muy importante en el procedimiento de la inspección es el número 9 (Evaluar los datos de la inspección con los criterios evaluativos), aquí es donde la prueba decide si o no existen problemas en la estructura. El método más usado hoy en día es el MONPAC® o el MONPAC PLUS ®. Estos son programas desarrollados por el Dr. T. Fowler en Monsanto Chemical Company y mercadeado a la Industria por Physical Acoustic Corporation (MON - PAC). Una evaluación típica consiste en 5 parámetros incluyendo:

- 1) Actividad durante los períodos de parada – Esto puede indicar cedencia de esfuerzos continuos o daños.
- 2) Presencia de actividad durante la carga – Esto puede indicar daños espaciados como corrosión.
- 3) Cantidad de actividad – Indicaría la presencia de defectos.
- 4) Señales de gran amplitud – pueden indicar presencia de defectos en crecimiento.
- 5) Energía acumulada - Indica que las áreas de defecto están respondiendo a los incrementos de esfuerzos.

Dentro de este paquete de tecnología, es un método que determina la importancia de los datos de acuerdo con los criterios anteriores. Basados en los parámetros de energía, una “Severidad” y un índice de valores históricos son calculados y dibujados en una escala empírica.

La escala es graduada desde la A hasta la E con el significados del nivel correspondiente.

Estos son:

- A) Indicación menor. No es necesario seguimiento.
- B) Notas para futuras inspecciones. Chequeo de los defectos de superficie como corrosión e indicios de cavidades corrosivas, etc.
- C) Indicación de requerimientos evaluativos de seguimiento que pueden incluir mas análisis de datos.
- D) Indicación significativa de emisiones. Implica un seguimiento con otros ensayos de inspección no destructiva.
- E) Indicación muy fuerte de emisiones acústicas. Sacar de operación el equipo hasta que una inspección con métodos no destructivos se realice.

Usando los criterios anteriormente descritos, la prueba de Emisión Acústica tiene un significado de evaluación de los resultados determinando si es necesario o no tomar acciones posteriores. Esto ha trabajado muy bien en muchos casos. Con los resultados de un gran numero de inspecciones, PAC ha desarrollado una gran base de datos. Revisiones periódicas de estas bases de datos permiten que cada vez sean estas sean mas sofisticadas y el desarrollo de trabajos de análisis complementarios. Este análisis esta basado en las características de la EA en responder los niveles de esfuerzos. Designando el gradiente de las fuentes de emisoras (ESR), es un método que analiza las respuestas a los esfuerzos. Se ha observado que las emisiones se incrementan a medida que los niveles de esfuerzos incrementan. Utilizando esto como base, una escala numérica fue desarrollada complementando los grados del sistema MONPAC. La escala EMR es:

- 0. Datos insuficientes
- 1. No hay respuesta a los esfuerzos. No se requiere seguimiento.
- 2. Respuesta a los esfuerzos pero no hay indicación significativa de crecimiento. No es necesario de hacer seguimiento.
- 3. Respuesta a los esfuerzos - muestra un incremento moderado de los esfuerzos. Se recomienda hacer un seguimiento con unos ensayos no - destructivo.
- 4. Respuesta a niveles significativos de esfuerzos en el punto de cedencia. Se requiere de una inspección no destructiva inmediata.

Usando análisis combinados, inspecciones más completas de los resultados pueden ser obtenidas. Los siguientes ejemplos son tres casos en donde se utilizaron los dos métodos MONPAC y ESR para los análisis de los datos y determinar las áreas de las estructuras que deben ser sometidas a una inspección por ultrasonido (UT).

3.1 INSPECCIÓN DEL CUERPO DE UN TANQUE ATMOSFÉRICO.

Un tanque de almacenamiento en acero carbono de 50 pies de diámetro y 30 pies de altura fue inspeccionado con Emisión Acústica.

El tanque fue utilizado para almacenar una solución de soda cáustica. El tanque tenía un revestimiento de caucho que se deterioró, la solución cáustica fugó y atacó las paredes del tanque cerca de la base. El tanque fue sacado de servicio y el revestimiento reemplazado. Durante el reemplazo se hicieron reparaciones en áreas donde se notaron daños.

Después de que se completaron las reparaciones el tanque fue recubierto y se hizo la prueba hidrostática. Durante la prueba hidrostática se hizo también la inspección con emisión acústica. Después de completar la prueba los datos fueron analizados con los dos métodos descritos arriba. Los resultados de la prueba se listan en la Tabla 2. En estas áreas donde los dos métodos recomendaron que se hiciera un seguimiento, se realizó ultrasonido, las áreas son mostradas en la Figura 2 (Vista de desarrollo del Casco), las cuatro áreas de seguimiento se muestran en el fondo del tanque. Los resultados de la inspección con Ultrasonido mostraron una indicación de longitud variable de 0.75 pulg a 6 pies. Las profundidades variaron entre el 20% al 50 % del espesor de la pared. Los resultados fueron bastante significativos al dueño del tanque. Mas reparaciones fueron hechas al tanque antes de ponerlo en servicio.

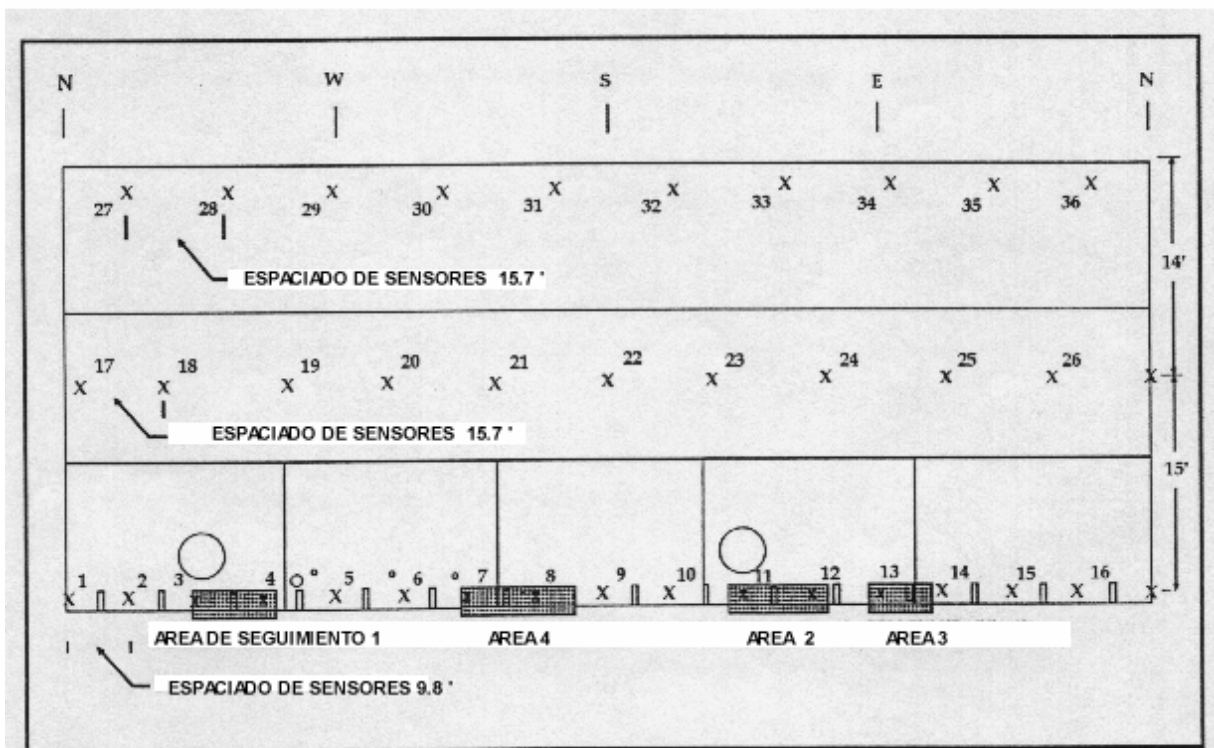


FIGURA 2 - CUERPO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO CAUSTICO; LOCALIZACION DE SENSORES DE EMISION ACUSTICA LOCALIZACION DE AREAS DE SEGUIMIENTO CON ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS

TABLA 2 – Sumario de Evaluación Combinado.

Sensor	M-P Eval.	MP Int	M-P Sev.	DTI ESR	Recomendaciones.
1	Falla	C	119.70	2	Nota para futura EA
2	Falla	C	142.80	2	Nota para futura EA
3	Falla	C	196.10	3	Seguimiento
4	Falla	D	186.90	3	Seguimiento
5	Falla	A	33.70	2	Nota para futura EA
6	Falla	C	112.60	2	Nota para futura EA

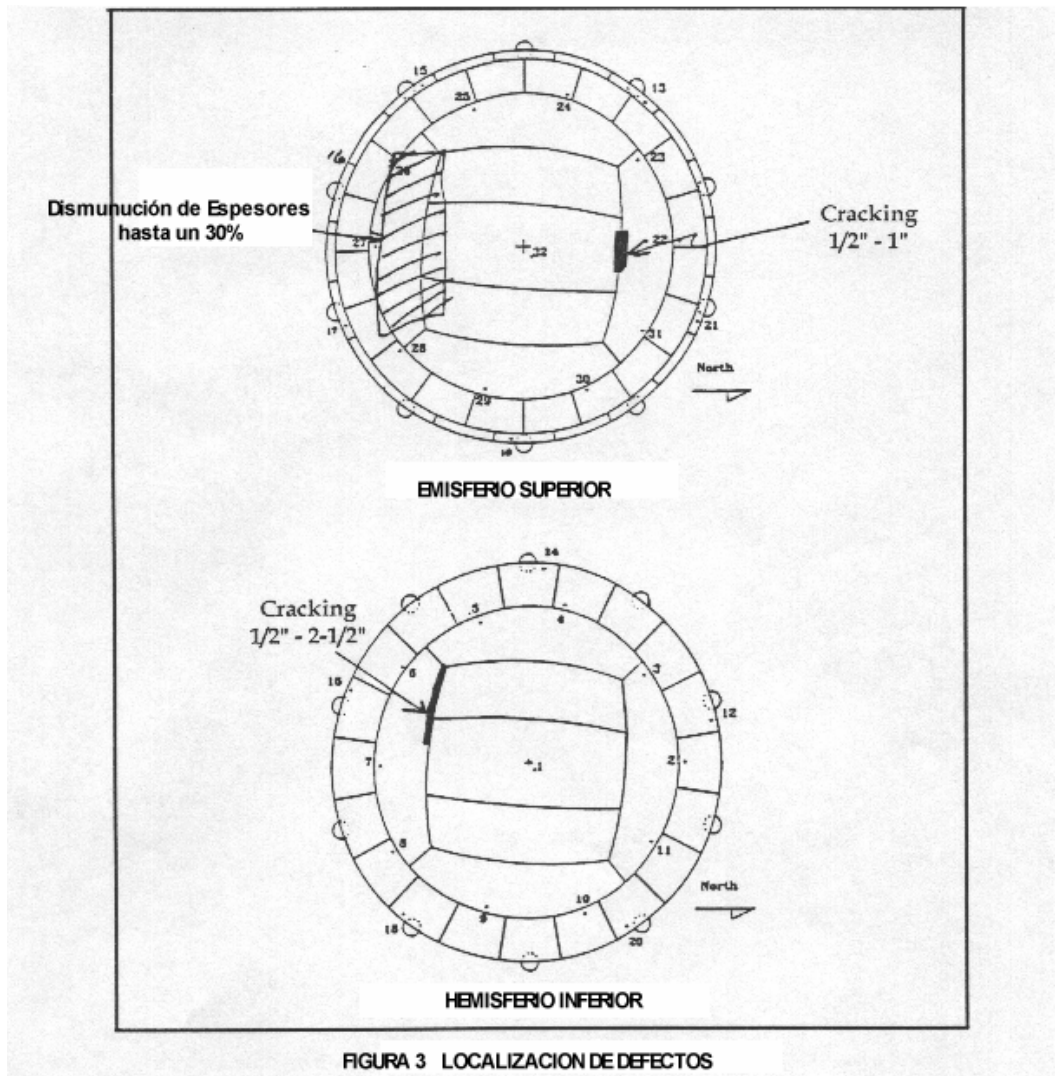
7	Falla	C	140.20	3	Seguimiento
8	Falla	C	208.00	3	Seguimiento
9	Falla	C	208.00	3	Seguimiento
10	Falla	C	252.20	2	Nota para futura EA
11	Falla	D	344.70	3	Seguimiento
12	Falla	D	339.60	3	Seguimiento
13	Falla	D	307.30	3	Seguimiento
14	Falla	C	261.10	3	Seguimiento
15	Falla	C	204.40	2	Nota para futura EA
16	Falla	B	69.20	2	Nota para futura EA
17	Pasa	N/A	.....	0	No Req. Seguimiento
18	Pasa	INSIG	18.50	1	No Req. Seguimiento
19	Pasa	INSIG	11.80	1	No Req. Seguimiento
20	Pasa	INSIG	16.90	1	No Req. Seguimiento
21	Pasa	N/A	.....	0	No Req. Seguimiento
22	Pasa	INSIG	11.50	1	No Req. Seguimiento
20	Pasa	INSIG	16.90	1	No Req. Seguimiento
21	Pasa	N/A	.....	0	No Req. Seguimiento
22	Pasa	INSIG	11.50	1	No Req. Seguimiento
23	Pasa	INSIG	06.80	1	No Req. Seguimiento
24	Pasa	INSIG	07.60	1	No Req. Seguimiento
25	Pasa	INSIG	.....	0	No Req. Seguimiento
26	Pasa	N/A	.....	0	No Req. Seguimiento
27	Pasa	N/A	.....	0	No Req. Seguimiento
28	Pasa	N/A	09.00	0	No Req. Seguimiento
29	Pasa	N/A	07.00	0	No Req. Seguimiento
30	Pasa	N/A	.....	0	No Req. Seguimiento
31	Pasa	N/A	.....	0	No Req. Seguimiento
32	Pasa	N/A	26.00	0	No Req. Seguimiento
33	Pasa	N/A	.....	0	No Req. Seguimiento
34	Pasa	N/A	07.00	0	No Req. Seguimiento
35	Pasa	N/A	11.00	0	No Req. Seguimiento
36	Pasa	N/A	.....	0	No Req. Seguimiento

M-P = Monpac-Plus
 ESR = Ranqueo de la EA

DTI = Dunegan Testing & Inspection
 INSIG = Niveles Bajos de Actividad de EA.

3.2 INSPECCIÓN DE UNA ESFERA

Una esfera fue inspeccionada en servicio con el método de emisión acústica, sus dimensiones fueron 56 pies en diámetro y soportada en 10 soportes tubulares con brazos en X. El producto de almacenamiento de GLP. Basados en experiencias previas con esta clase de estructura, todos los rangos tipo ESR de tres y más fueron inspeccionados. Los rangos ESR se tomo como precedencia sobre MONPAC para esta inspección. Lo resultados produjeron tres áreas de actividad en donde fueron inspeccionadas con métodos Ultrasonicos. En dos de las áreas, fisuras desde una y media pulgada a dos y media pulgadas fueron detectadas. Estas necesitaron de ser reparadas inmediatamente. La tercer área tenía un espesor de pared al 30%.



3.3 INSPECCIÓN VASIJA HORIZONTAL A PRESIÓN

Una vasija horizontal se inspeccionó con Emisión Acústica. Las dimensiones de la vasija aislada son de 37 pies de largo por 10 pies de diámetro utilizada para proceso de fosfatos. La inspección se realizó en servicio usando el producto e incrementando la presión. Los resultados de la Emisión Acústica mostraron inicialmente una actividad a un nivel bajo. Los resultados con MONPAC fueron con rango "A" que indica recursos activos menores. Los rangos ESR fueron similares excepto en el sensor No. 8 localizado en la parte superior. Esta área fue monitoreada para medir sus espesores con Ultrasonido. Los resultados indicaron que la disminución del espesor de pared fueron localizados en la zona de vapor de la vasija. Lecturas adicionales fueron tomadas para determinar el alcance de la disminución.

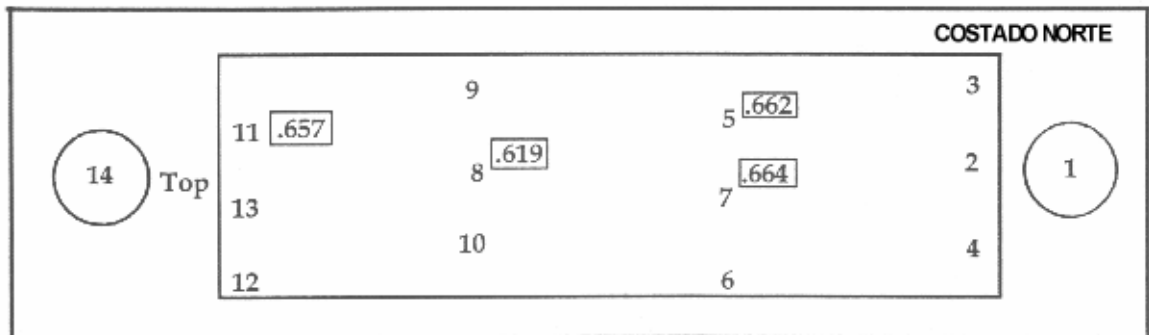


FIGURA 4 - LOCALIZACION DE DEFECTOS

4. RESUMEN

La Emisión Acústica ha demostrado ser una herramienta muy útil en las evaluaciones de toda la integridad de equipos de las plantas. Es una técnica rápida, con costo efectivo y relativamente fácil de ejecutar. La Emisión Acústica permite al inspector de métodos Ultrasónicos de localizar las áreas que afectan la integridad de la vasija, el no hace la inspección en áreas en donde no se necesita o donde no hay problemas. Hemos visto en los tres casos descritos anteriormente que el inspector de Ultrasonido es ayudado con los resultados de la Emisión Acústica probando su utilidad. Los dos sistemas trabajando juntos hacen de la inspección Ultrasónica una inspección mas completa.

5. INPECCION INTEGRAL DE UN TANQUE

El propósito de la inspección de integridad de un tanque es determinar si el tanque tiene fugas o esta deteriorándose y determinar su vida útil remanente.

La inspección de Integridad se define como "el método de inspeccionar estructuras donde la prueba hidrostática usando agua u otro líquido o prueba neumática es realizada en combinación con un sistema de inspección no destructiva que incluye inspección del espesor de las paredes. Dependiendo del método seleccionado el tanque puede seguir en servicio o iniciar la reparación inmediata después de la inspección.

Es importante notar que la inspección del espesor de las paredes no complementa la definición de integridad. Sin embargo, la inspección de cabeza estática del producto mas la inspección por ultrasonido del espesor de las paredes, por ejemplo satisfacen este requerimiento.

En adición a la inspección de ultrasonido, otras técnicas de inspecciones no destructivas son la prueba de las partículas magnéticas, prueba de emisión acústica, partículas electromagnéticas o inspección de turbulencia (Eddy Current Test), radiografías y radiaciones y penetración de líquidos. El estandar ASME Sección V para Boiler and Pressure Vessel prevé el estándar para una cantidad de este tipo de inspecciones. Descripciones de los métodos, incluyendo las ventajas y desventajas son ampliamente discutidas en los artículos y manuales de ingeniería.

La inspección de la cabeza estática es la más conocida para la detección de fugas. Ella mide la estabilidad del líquido en un tanque lleno al 75 % de su capacidad y tenerlo estático por 24 horas.

Para la fluctuación de las temperaturas en recipientes sometidos a la atmósfera normal hay necesidad de aplicarle un factor correctivo para determinar la estandarización a un volumen de 60°F; el factor de corrección es calculado de acuerdo con el manual de medias y estándares API.

Basados en los resultados de la inspección de integridad dados por el consejo, las inspecciones no destructivas de ultrasonido, emisión acústica en conjunto con la prueba hidrostática del producto, son los mas ampliamente usados en los requerimientos de la DPCC para los requerimientos del método de inspecciones de integridad. Es importante de anotar que los otros métodos mencionados anteriormente también son aceptados.

5.1 INSPECCIONES INTERNAS

La inspección de tanques atmosféricos en los estados de los USA y en varios países del mundo son muy similares y en el caso de Physical Acoustic Corporation ha desarrollado los métodos de inspección de acuerdo con estos estándares como en el caso del "New Jersey Department of Environmental Protection Bureau of Discharge Prevention que en su capítulo 7:E2.2(a) 4 requiere que la inspección interna de los tanques de almacenamiento deben ser inspeccionados con su integridad. El propósito de esta inspección es asegurarse del estado del interior del tanque especialmente su fondo. Por esta razón el Departamento recomienda utilizar pruebas de ultrasonido en tanques de placa de acero en el fondo cuando se están realizando inspecciones internas.

Desocupar y limpiar un tanque y luego hacer la inspección directa del interior reúnen las condiciones del Consejo. Para algunos tanques (Por ejemplo los tanques plásticos a presión) esta puede ser la mejor opción, sin embargo los costos financieros, la seguridad del medio ambiente, los factores de seguridad y otros factores hacen que los dueños hayan solicitado otras alternativas

6. METODO DE INSPECCION DEL FONDO DE TANQUES ATMOSFERICOS

6.1 OBJETO

El propósito es evaluar las condiciones del fondo del tanque sin necesidad de removerlo del servicio y limpiarlo para su inspección interna.

6.2 LIMITACIONES

El método es basado en las experiencias y determina el estado y condiciones del fondo, bueno, intermedio, o pobre del estado de corrosión activa, en orden de determinar si son necesarias otras inspecciones y reparaciones internas. Es muy una herramienta efectiva-económica de mantenimiento y su planeación para un programa de inspección. No da la información del estado remanente de la platina de fondo, pero si nos da la herramienta de separar los buenos tanque de los que se encuentra corroídos.

Fondos de tanques que tienen fugas en el momento de la inspección:

- Pequeñas fugas pueden ser localizadas; no tienen efectos significantes en la prueba y del grado integro del tanque. Las emisiones en un piso con corrosión activa, pueden confundirse pequeñas fugas.

- Fugas grandes pueden localizarse, pero se pueden enmascarar con otra actividad del fondo. El método no es aconsejable para tanque en donde las escamas corrosivas son removidas periódicamente por métodos mecánicos o químicos.

6.3 PROCEDIMIENTO

6.3.1 PREPARACION

- 6.1.1 Entrega por parte del cliente la información del tanque a inspeccionar para permitir a PAC realizar su acondicionamiento del programa e instrumentos.
- 6.1.2 Aislar el tanque antes de la prueba. No debe haber flujo de entrada o salida, agitadores y calentadores deben estar apagados y permitir que el producto se quede quieto.
 - Para tanques de crudo 24 horas de quietud.
 - Productos en tanque de diámetro mayores a 45 pies: 12 Horas mínimo.
 - Productos que no necesiten calentamiento y menores a 45 pies de diámetro mínimo de 6 horas de quietud.

6.4 INSPECCION

- 6.4.1 La instrumentación necesita desarrollarse en un medio apropiado en cual pueda operar el computador y el sistema de adquisición de datos, si el sistema no puede localizarse en un área de 150 pies del tanque el cliente debe especificar la distancia. La instrumentación es usualmente localizada dentro del dique 30-pies del tanque, distancias mayores se hacen con previos arreglo.
- 6.4.2 El suministro de energía para la instrumentación (115V, 20A) debe ser de un generador o toma del sistema principal.
- 6.4.3 Los sensores son montados alrededor de la circunferencia del tanque de 3 a 6 pies por encima de la unión del fondo y la lámina vertical. Dependiendo del tamaño del tanque se colocan de 3 a 21 sensores. Después de montados y haber hecho las conexiones, se procede a su calibración. Nota: la pintura podría ser removida si no tiene suficiente adherencia (2"X2").
- 6.4.4 Ruidos aledaños al sitio de la prueba deben ser revisados; las condiciones deben ser silenciosas, por ejemplo:
 - No deben haber lluvias o vientos mas de 15 nudos.
 - No deben haber ruidos provenientes de tuberías paralelas desde las bombas locales. En las plantas de proceso cooperación de la operación debe ser requerida para coordinar un período de una hora de quietud en el sistema.
- 6.4.5 El tanque es monitoreado por espacio mínimo de una hora. Tanques con fugas activas pueden requerir de 2 a 3 horas para obtener so mejor localización.
- 6.4.6 Evaluación preliminar de los datos se lleva a cabo. Bajo algunas circunstancias una segunda hora de monitoreo es requerida. Dependiendo del programa, la evaluación final puede realizarse inmediatamente o durante el programa de inspección.

6.5 REPORTE

- 6.5.1 Un reporte verbal es dado por el personal de PAC antes de abandonar el sitio de la prueba.
- 6.5.2 El reporte final, aprobado por un Representante de PAC nivel III es enviado dentro de las 4 semanas siguientes a la finalización de la prueba.

6.6 CONTROL DE CALIDAD

- 6.6.1 Los trabajos son llevados de acuerdo con los procedimientos estándar de documentación usando las hojas de datos de campo y el plan de calidad. Los datos digitales actúan como archivos de calidad.
- 6.6.2 Los ingenieros de PAC en control de calidad son nivel II o más alto en los procedimientos que se aplicaren.
- 6.6.3 Todos los trabajos son revisados por un Ingeniero de PAC nivel III, el cual como de soporte y consulta ningún problema debe asegurarse.