



# 11° CONGRESO MEXICANO DE CONFIABILIDAD Y MANTENIMIENTO

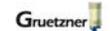
26 – 29 DE SEPTIEMBRE, 2016

“HOMENAJE A LOURIVAL TAVARES”



## MEMORIAS DE LAS CONFERENCIAS

*¡El foro en México que reúne a los máximos exponentes de la confiabilidad en Latinoamérica!*



PATROCINADO POR



**International Copper  
Association Mexico**  
Copper Alliance

***“EL COBRE LO HACE POSIBLE”***



**CONGRESO MEXICANO  
DE CONFIABILIDAD  
Y MANTENIMIENTO**



ASOCIACIÓN MEXICANA  
DE PROFESIONALES EN  
GESTIÓN DE ACTIVOS A.C.



## TÉCNICAS PREDICTIVAS: ULTRASONIDO ACÚSTICO GENERANDO UN ROI DE 15.0

AUTOR:



**Ing. Félix Laboy**

Fundador de la empresa VibrAnalysis, Inc.,  
compañía líder en programas integrados de  
monitoreo de condición de activos en plantas  
industriales en el Caribe y Latinoamérica.  
[felix.laboy@vibra-inc.com](mailto:felix.laboy@vibra-inc.com)



**Ing. Carlos Garza**

Socio de la Asociación Mexicana de  
Profesionales en Gestión de Activos A.C.  
Experto en ultrasonido.



## **Resumen**

Ternium tiene más de 8 años utilizando técnicas de mantenimiento predictivo de manera centralizada como parte de su estrategia de mantenimiento basado en confiabilidad. Este esfuerzo sin duda alguna ha traído grandes beneficios en pro de las líneas productivas como los siguientes:

- 1.- Seguridad (disminución de incidentes-accidentes) al funcionar equipos adecuadamente
- 2.- Disminución del Impacto económico sobre los gastos de Mantenimiento
- 3.- Aumento de producción al incrementar la disponibilidad de equipos
- 4.- Mejorar la calidad del producto.
- 5.- Certificación de instalación de nuevos activos y hacer valida garantías
- 6.- Programación de actividades de mantenimiento eficazmente
- 7.- Maximización de la vida de los equipos.
- 8.- Certificar la calidad en reparaciones de equipos

Dentro de la administración de técnicas predictivas se ha hecho un esfuerzo especial por implementar las tecnologías de Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras y Espectroscopia Laser, las cuales han demostrado un alto impacto en nuestras operaciones, incrementando los niveles de seguridad, disminuyendo costos operativos y generando mayores niveles de confiabilidad operacional de nuestros activos.

## **Objetivo**

Desarrollar e Implementar un plan estratégico y sistemático que garantice la correcta utilización de las Tecnologías de Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras y Espectroscopia Laser, mediante prácticas innovadoras y seguras, logrando así operar a la máxima capacidad y confiabilidad de las líneas productivas, satisfaciendo a nuestros clientes y enfocados siempre a incrementar la rentabilidad de la empresa.

## **Tecnologías de Ultrasonido Acústico y Espectroscopia Laser**

El Ultrasonido propagado en Aire/Estructuras es una tecnología capaz de detectar desviaciones operativas que se convertirán en deficiencias incipientes en nuestros procesos, permitiéndonos tener una correcta administración tanto de recursos humanos como económicos. Esta tecnología se ha convertido al paso de los años en base fundamental para proyectos de ahorro de energía, confiabilidad de procesos, incremento de seguridad del personal y la maximización de la disponibilidad de las plantas. Dentro de sus aplicaciones principales se encuentran la localización de fugas de presión o de vacío, las inspecciones mecánicas en elementos rotativos, inspecciones mecánicas en equipo estacionario e inspecciones de componentes eléctricos de media y alta tensión.



Fig. 1.1 El Ultrasonido tiene una amplia variedad de aplicaciones en las plantas industriales

El gas natural tiene altos niveles de inflamabilidad y explosividad, y a pesar de que se disipa rápidamente en las capas superiores de la atmósfera, su concentración representa un riesgo de clasificación 4. Su pérdida representa altos costos energéticos y como consecuencia una gran área de oportunidad con beneficios cuantificables al instante. Existen estándares internacionales que regulan la utilización actual del gas y los beneficios a obtener por la eliminación de sus pérdidas.

Para su detección utilizamos la tecnología de espectroscopía láser, la cual nos garantiza detectar remotamente las pérdidas y la presencia del gas de manera segura. La tecnología es capaz de detectar fugas de 0-99,000 PPM-M además de ser intrínsecamente segura y en conjunto con las normas aplicables puede cuantificar cada una de las pérdidas.



Fig. 1.2 La tecnología de Espectroscopia Láser detecta las pérdidas de gas natural de manera segura.

### ¿Por qué Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras y Espectroscopia Láser?

Al desarrollar la gestión, se debe de decidir que tecnologías serán utilizadas y con qué propósito, en definitiva cada técnica predictiva tiene su especialidad y área de aplicación, de ahí el concepto de que las técnicas predictivas son complementarias y nunca sustituyen una a otra.

La técnica de Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras cumple a la perfección con esa ideología, ya que es especializada en la detección de fugas de gases industriales, sin embargo debido a su capacidad de detección de los índices de fricción y condiciones de ionización es capaz de complementar otras técnicas tales como análisis de vibraciones y termografía infrarroja.

Aplicaciones actuales de Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras en Ternium:

- Detección de Fugas de Gases Industriales (Aire Comprimido, Hidrogeno, Nitrógeno, Oxígeno y Argón)
- Evaluación de Componentes Eléctricos de Media y Alta Tensión
- Evaluación de Rodamientos de menos de 100 RPM
- Evaluación de Válvulas y Trampas de Vapor

Al evaluar la parte de detección de fugas nos encontramos con el tema específico del Gas Natural, crítico en las operaciones de nuestra planta, para el cual Ultrasonido no es la mejor técnica debido a las condiciones de presión a las que opera y a las clasificaciones con las que cuentan algunos equipos, por lo que se decide utilizar la Tecnología de Espectroscopia Laser, con resultados más que satisfactorios.

### Antecedentes

En Ternium a pesar de existir una cultura de eliminación de fugas no se había organizado como una estrategia de cero tolerancias a las mismas. Para cada área de genera un Plan de Mantenimiento y orden de trabajo PM03 en el sistema SAP, logrando que las inspecciones sean rutinarias, y de los hallazgos se generan avisos M8 (Aviso de Predictivo) de corrección.

Oxígeno	Nitrógeno	Argón	Hidrogeno	Gas Natural	Aire Comprimido
42	220	1	2	241	1,035

Fig. 1.3 Del 05 de Septiembre de 2014 al 31 de Octubre de 2015 se han localizado esta cantidad de fugas en las diferentes plantas de Ternium

Oxígeno	Nitrógeno	Argón	Hidrogeno	Gas Natural	Aire Comprimido
180.5	903.83	3.2	6.3	50.63	6,881.61

Fig. 1.4 Volumen en CFM (Pies Cúbicos por Minuto) de Gas Perdidos por las fugas detectadas en las diferentes plantas de Ternium

### Planes de Mantenimiento (Sistema SAP)

Plantas	AIRE	ARGON	GAS NATURAL	GAS PROCESO	HIDROGENO	INSP. ELECTRICA	NITROGENO	OXIGENO	Grand Total
CHURUBUSCO	12		11		3	14	8	2	50
GUERRERO	21	1	26	3	5		5	3	64
JUVENTUD	10		14		4		4		32
LARGOS	5	2					2	2	11



NORTE									
MONCLOVA	3		3		1		2		9
PESQUERIA	8		8		3	1	2		22
UNIVERSIDAD	9		13		4		4		30
APODACA	7		2						9
Grand Total	75	3	77	3	20	15	27	7	227

Fig. 1.5 Hasta Enero de 2016 se han generado 227 planes de mantenimiento para Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras y Espectroscopia Laser

## Beneficios del Mantenimiento Basado en Condición (Predictivo)

### Seguridad

#### a) Detección de Fugas de Gas Natural

Detectar las fugas de gas natural existentes en las tuberías y componentes de los diferentes procesos productivos. Toda fuga debe ser reportada debido a la naturaleza crítica del Gas Natural.

Durante el último año, se detectaron 241 fugas de Gas Natural y se generaron 81 avisos de Mantenimiento M8 en SAP para eliminar la fugas detectadas en la ubicación técnica y activo/componente afectado.

**Ej.** Fuga de 60,000 PPM encontrada en la tapa de un tanque (trampa) en la tubería de Gas Natural hacia el tanque 11-D, al lado de una sala eléctrica de 3KV.



Fig. 1.6 Encerrados en círculos rojos del lado izquierdo la entrada a la sala eléctrica y en el centro el área de la fuga de Gas Natural en una de las plantas de Ternium.

Después de la detección el personal de mantenimiento actuó de manera inmediata activando el protocolo de seguridad, aislando el flujo del sistema debido a que era factible hacerlo, una vez detenido el flujo se purgo el sistema y se procedió a eliminar la fuga.

Con estándares internacionales como la "Guía para la medición, estimación y cálculo de las emisiones al aire, del departamento de medio ambiente del gobierno Vasco" se hicieron los cálculos de

conversión de concentración de gas a emisión al ambiente y después a flujo obteniendo que esa fuga tenía una pérdida de  $0.829 \text{ m}^3/\text{min}$  lo que equivaldría a \$91,006.70 M.N. mensuales.

**Ej.** Durante la inspección programada de detección de fugas de gas natural de línea principal en el área de exterior del turbogenerador de la planta Guerrero fue detectada una fuga en tubería de Gas Natural de  $1 \frac{1}{2}$ " que esta pasa entre Taller zonal y comedor, la cual se detectó en el área de la calle, las orillas de las banquetas y en un registro, en el cual pasa cableado de corriente eléctrica de alta tensión con una concentración máxima de **40,000 PPM-M.**



Fig. 1.7 Trayecto de la tubería e imagen de la concentración en uno de los registros de la zona.

Con estándares internacionales como la "Guía para la medición, estimación y cálculo de las emisiones al aire, del departamento de medio ambiente del gobierno Vasco" se hicieron los cálculos de conversión de concentración de gas a emisión al ambiente y después a flujo obteniendo que esa fuga tenía una pérdida de  $0.101 \text{ m}^3/\text{min}$  lo que equivaldría a \$11,143.68 M.N. mensuales.

Para corregir esta incidencia se canceló la válvula de alimentación de Gas Natural al Taller Zonal. Para darle seguimiento a la disminución de la concentración, se continuo con el monitoreo por un lapso de una semana con inspecciones diarias. Al paso de los días la concentración disminuyo hasta desaparecer. Como beneficio adicional nos dimos cuenta de que esta tubería era obsoleta y no había sido clausurada.



Fig. 1.8 Para el remonitoreo se hicieron 3 agujeros de 1.5 metros de profundidad en el suelo además de hacer el monitoreo y adicionalmente se revisaron los dos registros de la zona para garantizar que no hubiera presencia de gas natural.

**Ej.** Fuga de 30,000 PPM encontrada en una tubería de alimentación a quemador en el Horno 51 del área de recocido.

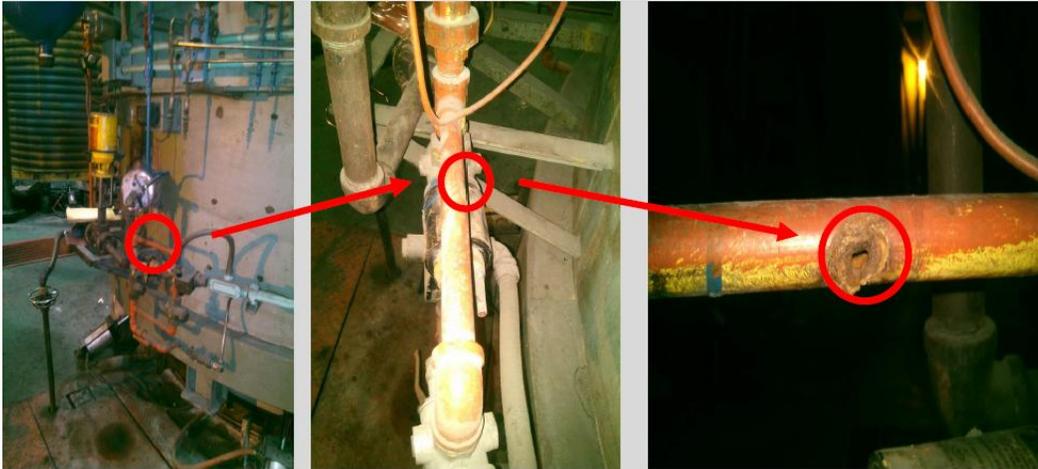


Fig. 1.9 Encerrados en círculos rojos el orificio de fuga



Fig. 1.10 Fotografías de la instalación ya después de la acción corregida, se hizo el cambio del tubo donde se encontraba el orificio de fuga.

### **Disminución del impacto económico en los costos de Operación y Mantenimiento**

Proceso de cuantificación de fugas para validar el ROI por la eliminación de las mismas

Una de las problemáticas más grande relacionadas con darle valor al proceso de detección de fugas es que los métodos tradicionales no proporcionan información del valor económico potencial a recuperar por eliminarlas.



Debido a esto la Tecnología de Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras juega un papel fundamental ya que cuenta con estándares internacionales, como la norma ASTM E 1002 que establece los procedimientos de cálculo de flujo de la fuga con los datos obtenidos por la inspección de ultrasonido con equipos que cumplan con los requisitos técnicos que la misma norma establece.

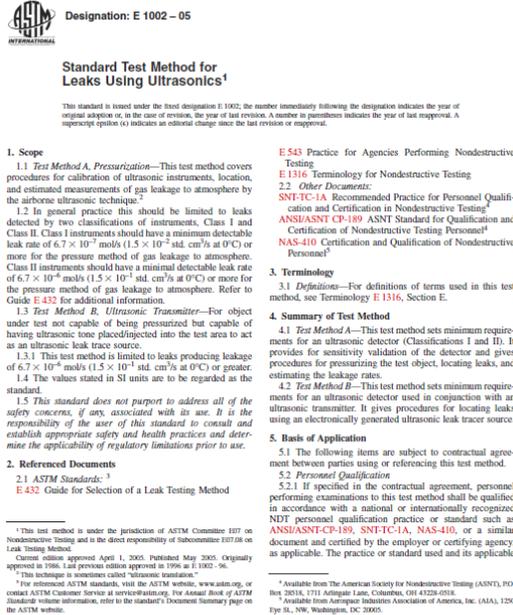


Fig. 1.11 La norma ASTM E 1002 establece diferentes criterios que deben de ser considerados para la implementación de la tecnología de Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras para la detección de fugas

Para cuantificar en base a la norma, se requiere conocer el tipo de gas, la presión del sistema en el sitio de la fuga, la lectura de intensidad en dB dado por el instrumento de ultrasonido en el sitio de fuga y el costo del gas.

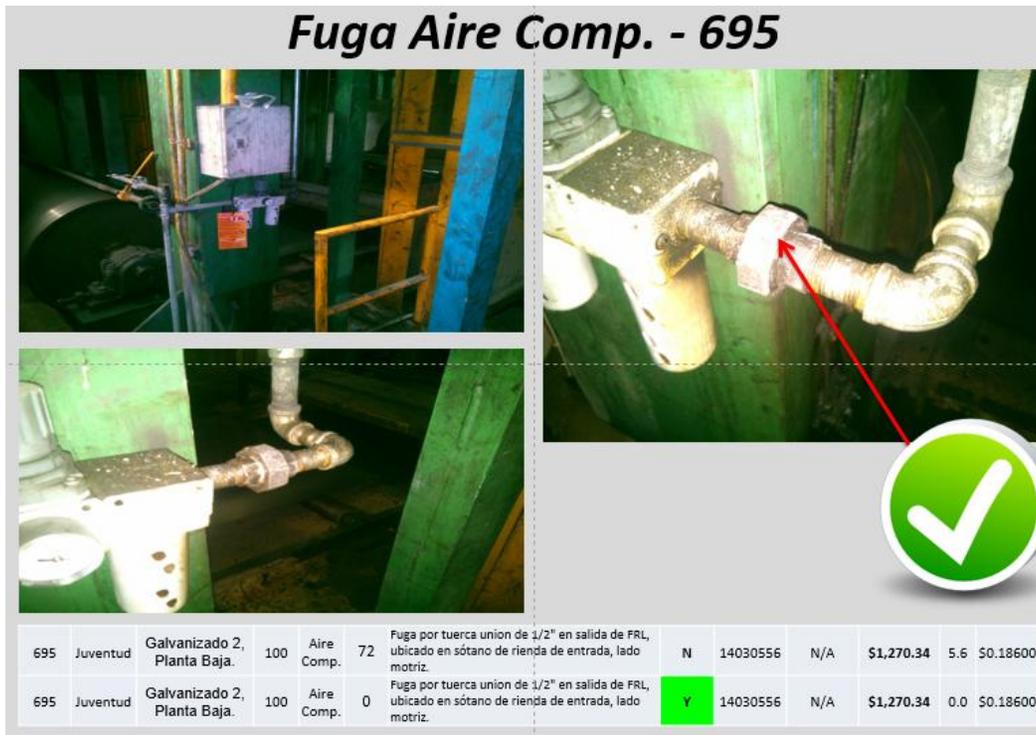


Fig. 1.12 Ejemplo de reporte de una re inspección de confirmación de que la fuga detectada fue correctamente eliminada.

### Eliminación de Fugas Detectadas

Del total de fallas detectadas en los últimos 4 meses a las que se les generó aviso M8 se ha corregido un 52%, el total mensual de ahorro potencial en caso de que se hubieran eliminado todas las fugas sería de \$3,564,522 M.N. mensuales, por lo que el ahorro real obtenido mensual es de \$1,853,551 M.N.

Oxígeno	Nitrógeno	Argón	Hidrogeno	Gas Natural	Aire Comprimido
\$292,513.71	\$703,228.63	\$48,866.61	\$97,679.90	\$1,760,884.76	\$661,349.03

Fig. 1.13 Ahorro detectado en un periodo mensual en la cantidad de fugas detectadas (todas documentadas y ya con orden de trabajo para reparación), calculado bajo estándares internacionales y con los costos de suministro de cada tipo de gas en Ternium.

### Eliminación de Malos Usos del Aire Comprimido

Durante los recorridos de inspección de Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras se logró identificar adicionalmente a las fugas, malas prácticas en el uso del aire, como limpieza personal,



como medio de enfriamiento de equipos, barridos de aire a equipos, falta de cierre de válvulas en áreas fuera de servicio.



Fig. 1.14 Por cada manguera de ½" completamente abierta a una presión de 100 PSI equivale a 100 HP (74.6 Kw-Hr) de consumo en los compresores de la planta. En Ternium Norte fueron encontradas múltiples malas prácticas como la que se aprecia en esta imagen.



Fig. 1.15 Para minimizar el problema, Ternium Norte implementó el uso de boquillas especiales, cada una de ellas en estas condiciones operativas hasta 370 CFMs cada una.

#### Apuntes Energético

Debido a este tipo de acciones se lanzó el programa Apunte Energético con el cual se busca informar a la población general de Ternium acerca de la importancia de la cultura del ahorro de energía.



### Uso eficiente del Aire Comprimido

Es frecuente encontrar en Planta usos del Aire Comprimido en aplicaciones inadecuadas, lo que conlleva a: pérdidas de presión del sistema, déficit en la capacidad de generación existente, paulatino crecimiento del consumo, aumentos en la generación y los gastos de mantenimiento de nuevos equipos.

- En un sistema de Aire Comprimido normalmente el 50% se consume en Producción y el resto en usos inadecuados o pérdidas.
- Una manguera abierta de 10 mm de diámetro a 7 bar de presión representa un consumo de 230 CFM (110 lts/seg); equivalente a un gasto anual aproximado de USD 14,000.

Tú puedes colaborar reportando, eliminando o reduciendo los usos indebidos del aire, tales como: enfriamiento, limpieza, secado, agitado de líquidos, etc.

El mal uso de Aire Comprimido ocasiona disminución o no disponibilidad del mismo para los procesos y perjuicio económico. Identificar y eliminar los usos inadecuados y pérdidas es un objetivo de todos.



Mal uso frecuente del Aire Comprimido: Enfriamiento caja de rodamiento



Fig. 1.16 Apunte energético de Aire Comprimido publicado en Noviembre de 2015

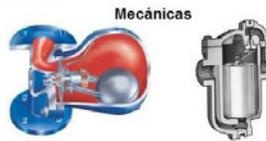
### Trampas de Vapor

Todo sistema de vapor requiere la instalación de trampas de vapor; su función es purgar el agua condensada (además del aire y otros gases no condensables) fuera del sistema, permitiendo al vapor vivo alcanzar su destino y hacer su trabajo lo más eficiente y económico posible.

Existen distintos tipos de trampas de vapor, por ejemplo:



Termostáticas



Mecánicas



Termodinámicas

Cada aplicación requiere un tipo de trampa diferente. La mala selección o incorrecta instalación puede generar un funcionamiento deficiente de los equipos del sistema.

Las trampas en mal estado pueden generar una pérdida de vapor y/o que el condensado llegue a los equipos. Una trampa termodinámica trabada abierta en una línea con vapor a 17 Kg/cm<sup>2</sup> representa una pérdida de 900 Kg de vapor por día, lo que se traduce en 6.300 USD al año.

La correcta selección, instalación y un plan de mantenimiento adecuado de las trampas de vapor son esenciales para que los sistemas de vapor cumplan sus objetivos de manera efectiva y eficiente.

Fig. 1.17 Apunte energético de Trampas de Vapor publicado en Enero de 2016

**Ej.** Rodamiento de más de 4 metros de diámetro soporta el peso de la tapa del horno de Inducción Eléctrica Danieli, hace un movimiento de tan solo 90 grados a una velocidad máxima de 65 RPM. Su movimiento es cíclico, dura en todo el proceso aproximadamente 60 segundos y el tiempo entre ciclos es de 40 minutos.

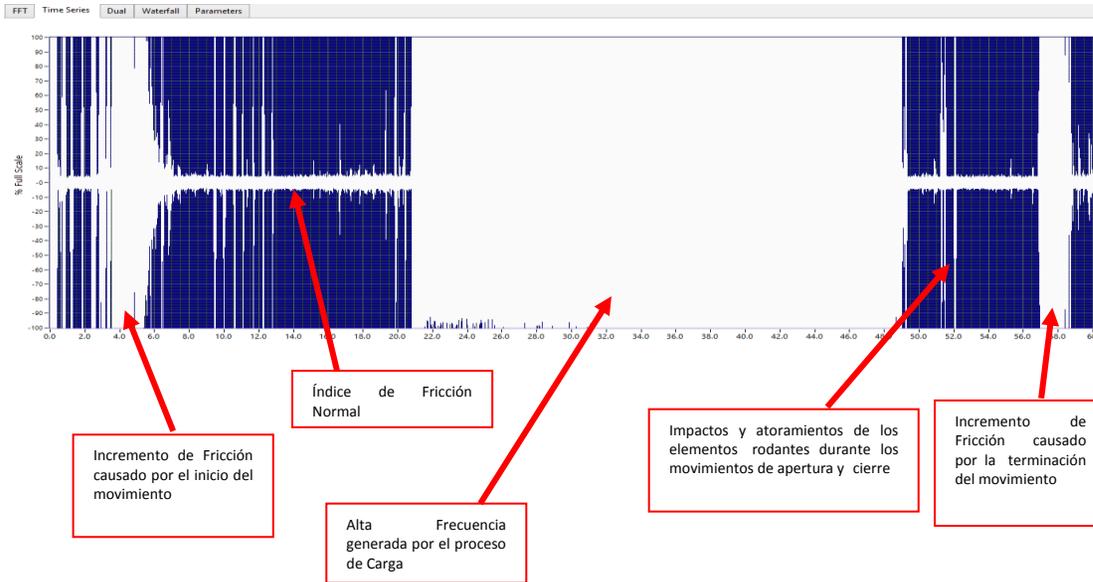


Fig. 1.18 Detección con Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras del Índice de Fricción del rodamiento y fotografías de cuando fue removido de operación.

**Ej.** Inspección de Empalmes eléctricos el circuito AP-5-MF1 de 13,800V de Planta Churubusco de Ternium Norte. Al utilizar la tecnología de Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras se detecto una emisión de energía acústica en uno de los empalmes, dándonos la idea de que esto pudiera ser causado por una mala preparación del empalme.

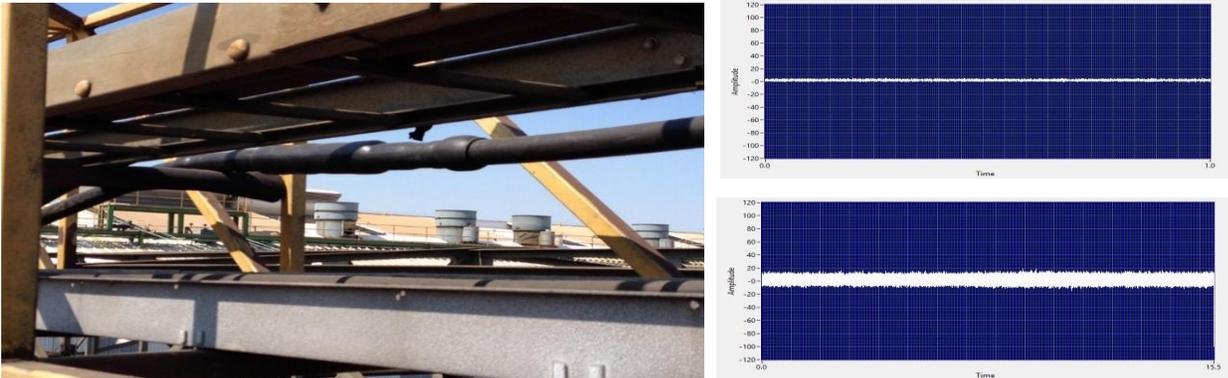


Fig. 1.19 Fotografía del Empalme durante la Inspección y comparativo del espectro de Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras entre dos empalmes evidenciando la diferencia en la amplitud de su energía acústica.

Al abrir el empalme se comprueba mediante inspección visual que el cañón de unión del empalme no estaba bien ponchado inclusive se observan daños estructurales al cañón. Mediante esta detección se evitó la falla de una de las fases del sistema. La acción correctiva fue la sustitución completa del empalme.



Fig. 1.20 Fotografías del interior del empalme donde se evidencian los daños que causaron la incidencia acústica detectada por el Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras

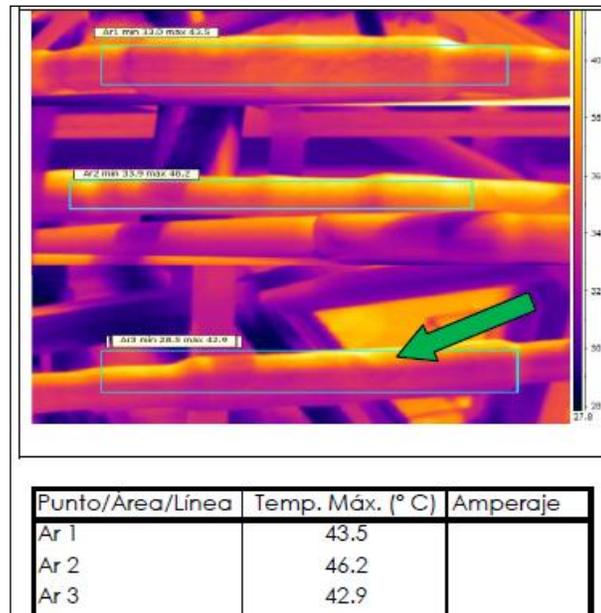
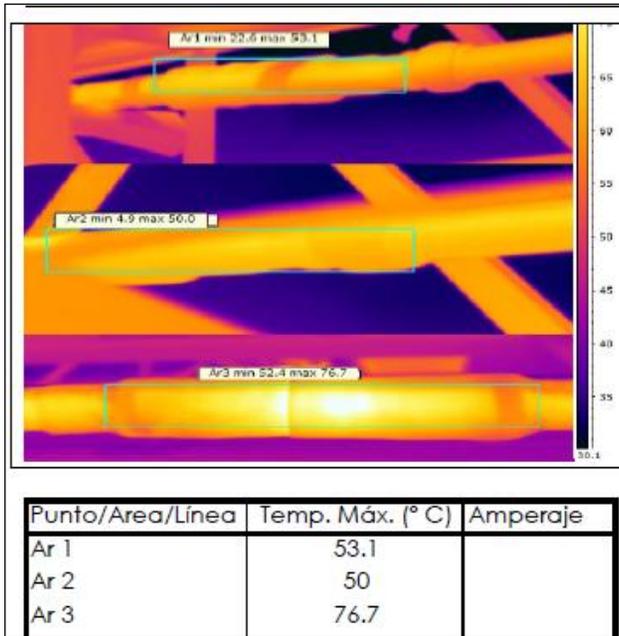


Fig. 1.2 1  
Imágenes  
Térmicas  
antes y  
después  
de la

reparación

#### 4.- Certificar la calidad en reparación de equipos

Existen ocasiones en las que se realizan tareas de mantenimiento correctivo y/o preventivo que necesitan ser certificadas para garantizar que estas hayan sido realizadas de la mejor manera posible. Un caso de este beneficio es el cambio de válvulas de admisión de las secadoras desecantes en el sistema de aire comprimido. A pesar de que un problema de fuga o pérdida de hermeticidad puede ser visto mediante los diferenciales de presión de cada una de las torres, es difícil ubicar el sitio exacto del problema y Ultrasonido propagado en aire/estructuras es una tecnología que nos puede ayudar a ubicar que componente es el que presenta esta situación.

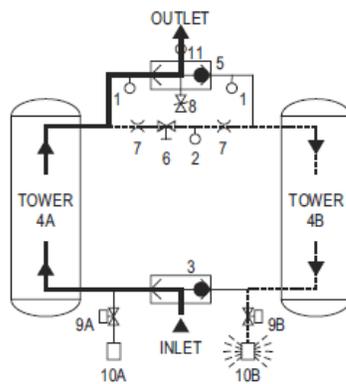


FIGURE 3-1a  
TOWER 4A DRYING  
TOWER 4B REGENERATING



Fig. 1.22 Certificación de hermeticidad de válvulas cambiadas por una tarea de mantenimiento correctivo.

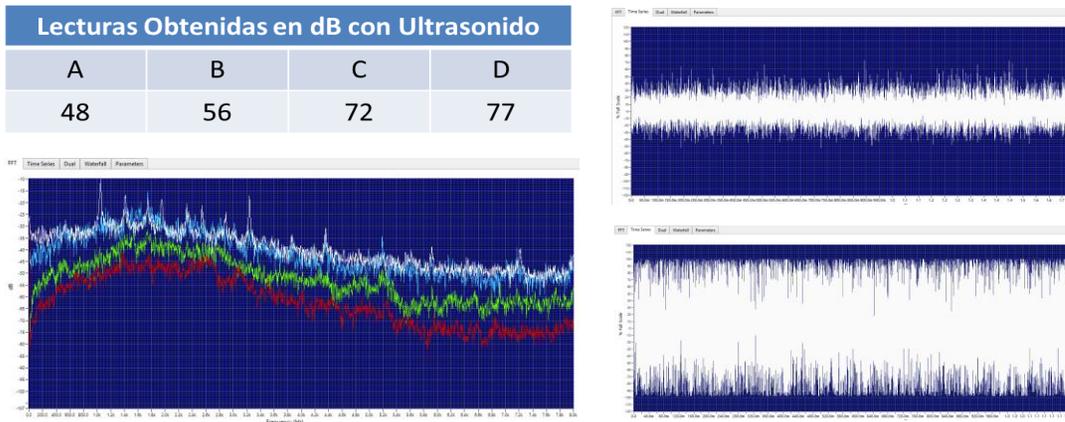


Fig. 1.23 Análisis espectral de Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras donde se muestra la condición de fuga de una de las válvulas de admisión de la secadora

## Conclusiones

Durante el último año el Sector de Mto. Predictivo emitió aproximadamente: 1189 avisos M8 (diagnósticos) para todas las técnicas de Ultrasonido Propagado en Aire/Estructuras y Espectroscopia Laser, lo que podríamos traducir como eventos con posible impacto negativo sobre la producción, seguridad de personal e integridad de los equipos,

De estos 1189 avisos, los grupos de mantenimiento (GMB) de cada área mantienen un promedio de ejecución de actividad, alrededor del 76 %

En el primer año de aplicación se dedicaron a la tecnología de ultrasonido 3,290 horas de inspección, y en base a los resultados documentados se obtuvo un **Retorno de la inversión de 14.65**, por lo que se realizó un nuevo contrato a partir del 2016.

---

Por los próximos 3 años se buscara utilizar Ultrasonido y Espectroscopia de la siguiente manera:

---

- 146 Horas de detección de fugas de Oxígeno
  - 2,000 Horas de detección de fugas de Nitrógeno
  - 10 Horas de detección de fugas de Argón
  - 730 Horas de detección de fugas de Hidrogeno
  - 1,721 Horas de detección de fugas de Metano (Gas Natural)
  - 1,261 Horas de detección de fugas de Aire Comprimido
  - 270 Horas de detección de deficiencias en componentes eléctricos
  - 65 Horas de detección de deficiencias en rodamientos de <100 RPM
-



- 
- 65 Horas de detección de deficiencias en válvulas y trampas de vapor
- 

En el futuro próximo buscamos la consolidación de la tecnología en aplicaciones como rodamientos de baja velocidad, equipo mecánico estacionario (válvulas y trampas de vapor) y lubricación mediante el control del índice de fricción (Lubricación Acústica).

