

Detección de pérdidas de fluido en válvulas de bombas alternativas de inyección con la técnica de ultrasonido.

**Sierra Leonardo O.
Diaz Sergio A.**

PAN AMERICAN ENERGY

Sinopsis

Nuestro sector, Mantenimiento Predictivo, tiene por objetivo obtener la mayor Confiabilidad y Disponibilidad de los equipos mecánicos instalados en la UGGSJ.

En las 110 bombas alternativas quintuples instaladas, además de las técnicas tradicionales de análisis de vibraciones, comenzamos a utilizar la técnica de Ultrasonido para detectar pérdidas en válvulas de succión y descarga.

La oportunidad de mejora consistió en descubrir problemas incipientes y realizar un seguimiento del desgaste para mantener elevado el rendimiento del equipo, evitar paros no programados y disminuir el reemplazo prematuro de repuestos.

En un período de 24 meses, a pesar de no contar con espectros y formas de ondas características de éstos equipos, pudimos definir estándares y procedimientos de medición y diagnóstico en válvulas con la técnica de Ultrasonido, a partir de ellos analizar la severidad de los problemas que se presentaron.

El plan piloto se ejecutó en 12 bombas, en las cuales se detectaron fugas por o´ring de asientos de válvula; desgaste en borde de cuerpo hidráulico de bomba, fugas por asiento de válvula.

Esta técnica no intrusiva nos permite, además de mejorar la Confiabilidad y Disponibilidad de nuestros equipos, lograr un mejor aprovechamiento de nuestros recursos generando un impacto mínimo en el proceso de inyección.

Introducción

Ultrasonido es una técnica de la rama de Mantenimiento Predictivo la cual nos permite trabajar en alta frecuencia, filtrando (ignorando) los ruidos y señales de fondo que no aportan información, procesando y transformando señales imperceptibles al oído humano a otro tipo de señal audible. Además es un instrumento multifacético que permite realizar diversas pruebas, las cuales varían desde formas simples de detección de fugas hasta métodos sumamente sofisticados de análisis mecánico y/o eléctrico, entre otros. Esta técnica nos permite ahorrar mucho tiempo y dinero a la vez, así como también detectar fallas tempranas antes que evolucionen a otras de mayor gravedad y de difícil o nula posibilidad de reparación del componente afectado.

Por lo tanto a principios del 2003; se propone la utilización de un equipo de ultrasonido como técnica de medición de apoyo a la técnica de vibraciones, con el objetivo de obtener una mayor confiabilidad y disponibilidad de los equipos mecánicos instalados en la UGGSJ; por lo cuál se confeccionó el proyecto de un plan piloto que consistía en realizar mediciones en elementos rodantes de tomas de fuerza y montantes de fanes en motores; la propuesta también incluiría mediciones en el cuerpo hidráulico de bombas alternativas de inyección como mejora para la detección de pérdidas en válvulas de succión y descarga. Ver figura 1 y 2



Figura 1. Equipamiento de ultrasonido

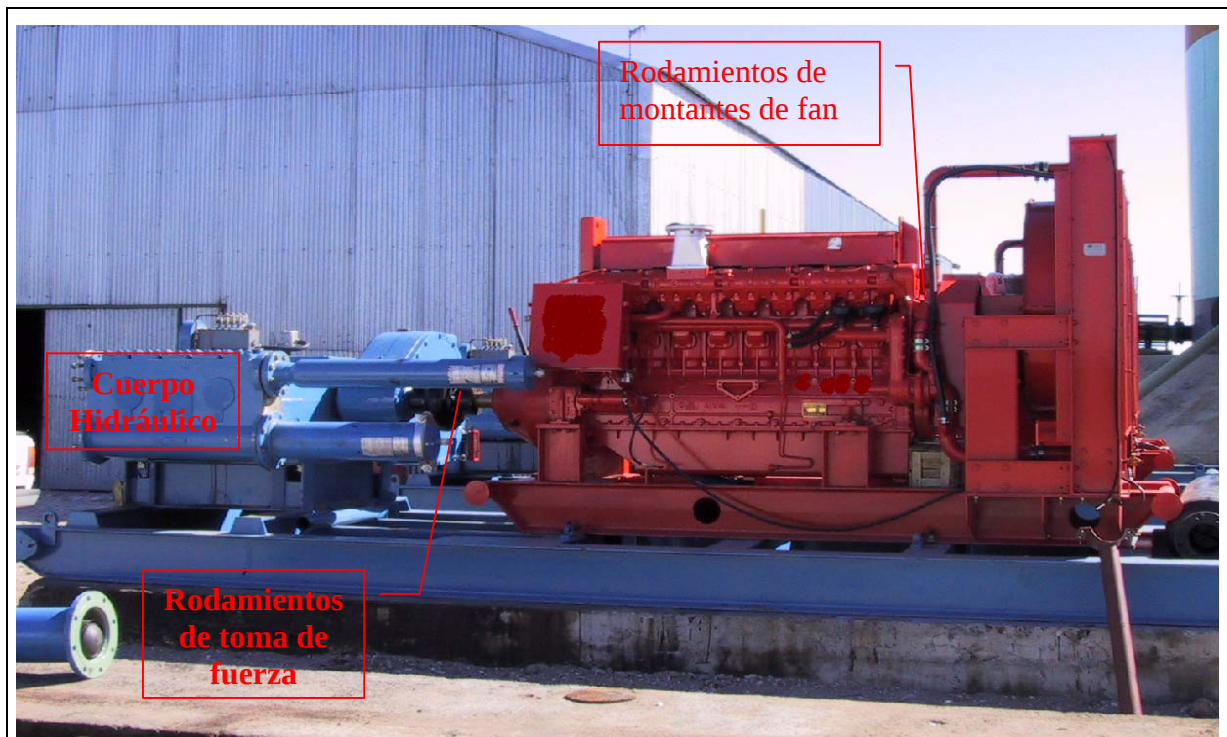


Figura 2. Equipo alternativo para inyeccion y puntos de medición propuestos

Desarrollo:

Como primera medida para obtener datos que representaran gráficamente la evolución de las fallas por medio de ultrasonido se realizó el enlace entre el equipo de ultrasonido y el equipo de recolección de datos de medición de vibraciones para su posterior descarga en el software de dicho equipo; esto nos permitiría observar gráficamente la evolución en el tiempo del comportamiento de los equipos bajo medición. Ver figura 3.

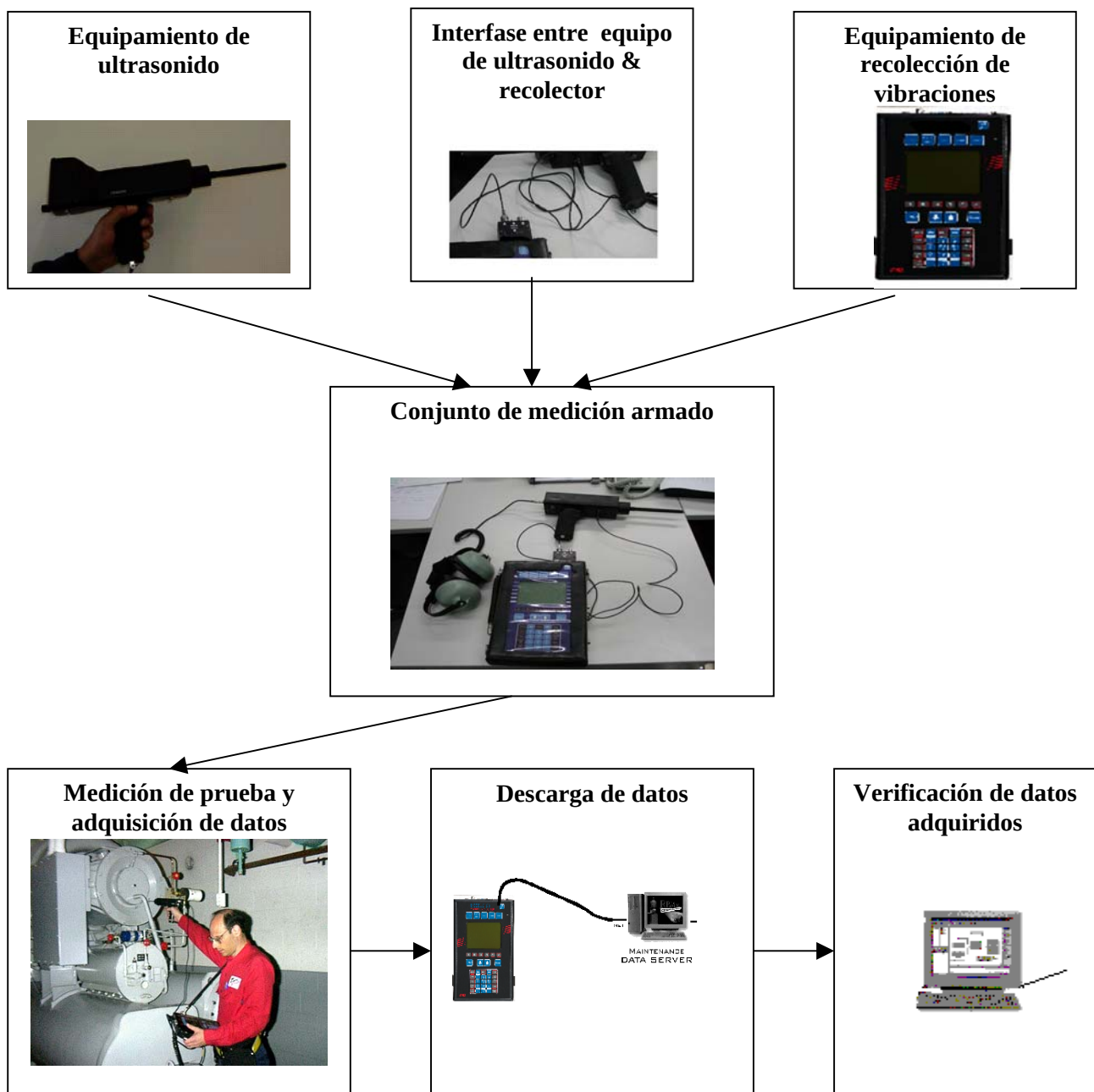


Figura 3. Esquema de proceso de recolección de datos

Una vez verificado y comprobado que los enlaces; y adquisición de datos entre equipos funcionaran correctamente se definió el protocolo que regiría al plan piloto:

Ubicación de plan piloto:

- Unidad de Gestión Golfo San Jorge.
- Yacimiento Valle Hermoso-Distrito II
- Planta de Inyección Agua Salada Valle Hermoso.
- Bloque II y III

Fecha de inicio:

- Abril de 2003.

Cantidad de Equipos a medir:

- 12 equipos de un total de 110 equipos.

Cantidad de puntos a medir:

- 13 mediciones por equipo.

Frecuencia de medición:

- Mensual.

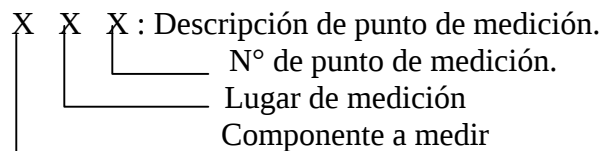
Tiempo de Medición:

- 1 hora 30 minutos.

Se definieron y crearon puntos de medición y seteos de parámetros, como condición necesaria para poder realizar el análisis de los datos adquiridos a través del software específico.

Puntos de Medición (Ver figura 4):

- Nomenclatura.
- Descripción.



Puntos de medición en motor.:

- FF1 : Rodamiento fan lado fan
- FP1 : Rodamiento fan lado polea
- TC1 : Rodamiento de cola de toma de fuerza

Puntos de medición en bomba:

- | | |
|---------------------------|-------------------------|
| • VS1 : Válvula succión 1 | VD1: Válvula descarga 1 |
| • VS2 : Válvula succión 2 | VD2: Válvula descarga 2 |
| • VS3 : Válvula succión 3 | VD3: Válvula descarga 3 |
| • VS4 : Válvula succión 4 | VD4: Válvula descarga 4 |
| • VS5 : Válvula succión 5 | VD5: Válvula descarga 5 |

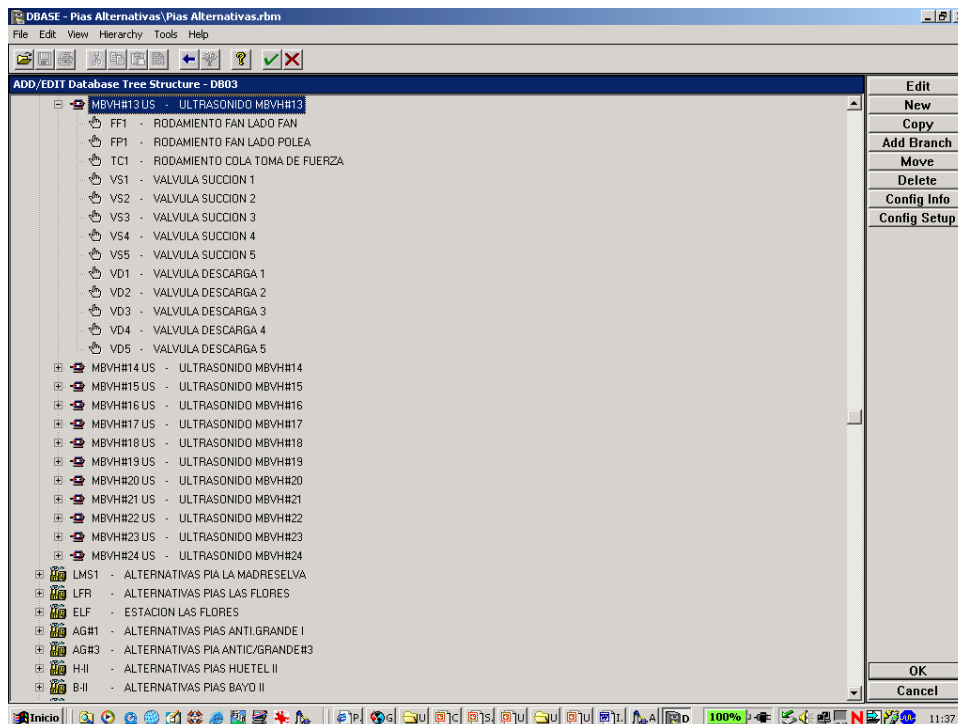


Figura 4. Creación de puntos de Medición en base datos

Esta creación de puntos de medición incluye también las unidades de amplitud y frecuencia en la que se va a trabajar las distintas representaciones o gráficos; que típicamente son presentados por un espectro de frecuencias; una forma de onda y/o tendencias; que en este caso son:

En el gráfico espectral: que es la representación de la amplitud versus un rango de frecuencia determinada.

- En su eje Y= Amplitud = dB(decibelio) unidad con la que se miden diversas magnitudes acústicas.
- En su eje X = Frecuencia = Hz(hertz) unidad de medida de frecuencia internacional que expresa ciclos/segundos.

En el gráfico de la forma de onda: que es la representación de la amplitud versus tiempo; esto refleja el comportamiento físico de la máquina en la señal vibratoria o acustica; y permite identificar eventos únicos de una maquina y su repetición.

- En su eje Y= Amplitud = dB(decibelio).
- En su eje X= Tiempo = Revoluciones (ciclos) conjunto de una serie de fenómenos u operaciones que se repiten ordenadamente

Gráfico de tendencias: que es la representación de amplitudes en el tiempo de un numero de mediciones a una determinada frecuencia, obtenidos a partir del gráfico espectral y de la forma de onda. Ver figura 5.

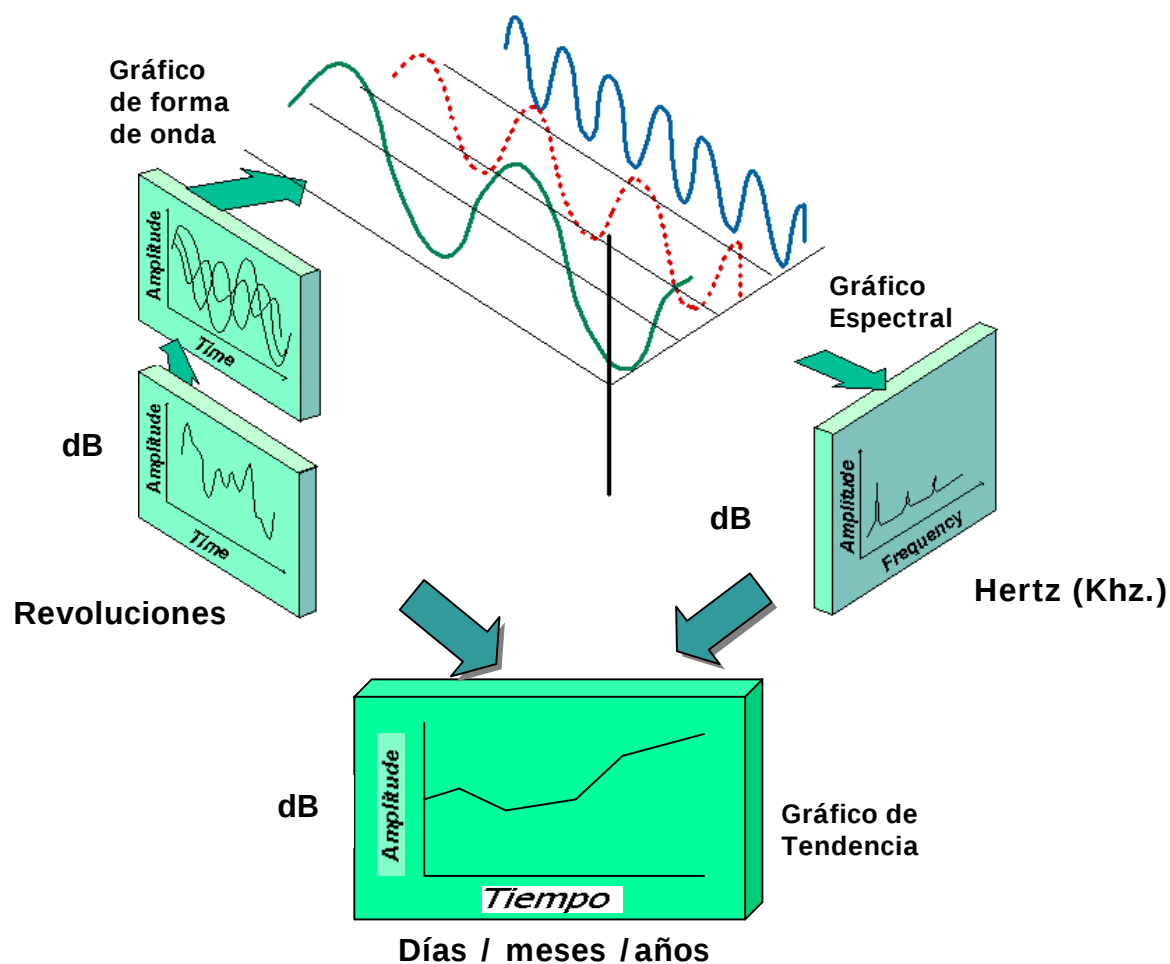


Figura 5. Representación gráfica

Configuración de parámetros:

Este 1º ítem se define en función de la frecuencia de detección de fugas, recolectar los datos en torno a la frecuencia de 30 Khz. ; manteniendo en el equipo de ultrasonido una sensibilidad fija y una determinada referencia tacométrica. Ver figura 6.



Figura 6. Monitor de equipo de ultrasonido

Este seteo de parámetros para el gráfico espectral se establece de la siguiente manera(Ver figura 7):

The screenshot shows the 'Periodic Analysis Parameter Set [036] - DB26' dialog box with the 'Spectrum Parameters' tab selected. The 'Set Description' is 'ULTRASONIDO VALVULAS QUINTUPLES'. The 'Spectral Frequency Setup' is 'Hz'. The 'Low Frequency Signal Conditioning Limit (Hz)' is '0.0'. The 'Upper Freq (Hz/ORDER)' is '30000.0'. The 'Lower Freq (Hz/ORDER)' is '0.0'. The 'Number of Lines' is '1600'. The 'Number of Averages' is '10'. The 'Spectral Averaging Mode' is 'Normal Mode'. The 'Window Type' is 'Hanning'. The 'Spectral Weighting' is 'None'. The 'Perform 1/3 Octave Analysis?' checkbox is unchecked. The 'Number of Analysis Parameters' is '4'.

Figura 7. Seteo de parámetros para grafico espectral

En este 2º ítem para poder determinar distintos eventos, se configura de manera que obtengamos el grafico de la forma de onda con 2 ciclos con una definición en el que se aprecian los cierres y aperturas de las válvulas.

Este seteo de parámetros para gráfico de forma de onda se establece de la siguiente manera(Ver figura 8.):

The screenshot shows the 'Periodic Analysis Parameter Set [036] - DB26' dialog box with the 'Waveform Parameters' tab selected. The 'Obtain Special Time Waveform?' checkbox is checked. The 'Enable FMAX Calculator' button is visible. The 'Maximum Frequency Unit Type' is 'Orders'. The 'Maximum Frequency' is '80.0'. The 'Number of Points' is '512'. The 'Data Units' are 'Acceleration'. The 'Trigger' is 'None'.

Figura 8. Seteo de parámetros para grafico para forma de Onda

Este seteo de parámetros para tendenciar rangos de frecuencia se establece de la siguiente manera (Ver figura 9):

Analysis Parameter Set 36 - ULTRASONIDO VALVULAS QUINTUPLES - DB27				
Description	Parameter Units Type	Type of Parameter	Lower Frequency	Upper Frequency
0 a 10 KHZ	DFLTU	Hz INT	0.0	10001.0
10 A 20 KHZ	DFLTU	Hz INT	10000.0	20001.0
20 A 30 KHZ	DFLTU	Hz INT	20000.0	30001.0
CREST FACTOR	DFLTU	Crest	0.0	0.0

Figura 9. Seteos de parámetros para tendencias

En este último ítem se utilizan de los 4 parámetros para graficar tendencia solamente los que se pueden apreciar o más importantes son

- El de 20 a 30 KHz. ,Ventana donde se posiciona el equipo de ultrasonido; parámetro del grafico espectral (Figura 10.)

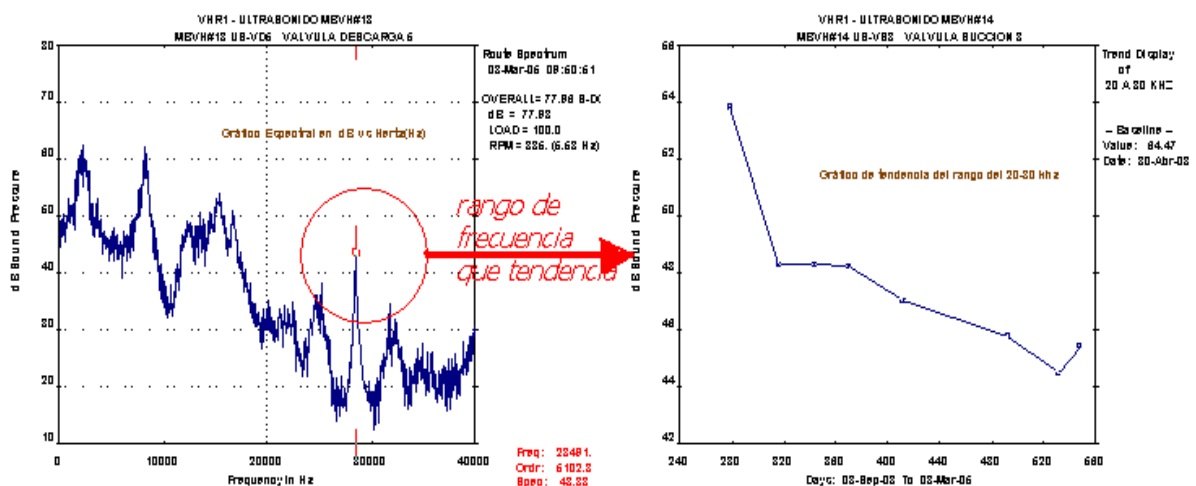


Figura 10. Rangos de frecuencias que se Tendencia

- Y el factor de cresta; relación entre el valor pico sobre el valor RMS de la forma de onda representada en la figura 11.
1. Valor pico: Representa la amplitud desde el valor cero de referencia al tope del valor máximo; habitualmente para medir aceleración.
 2. RMS: es un derivado de una conversión matemática; que mide la energía efectiva de la vibración conformada por múltiples señales de distintas frecuencias.

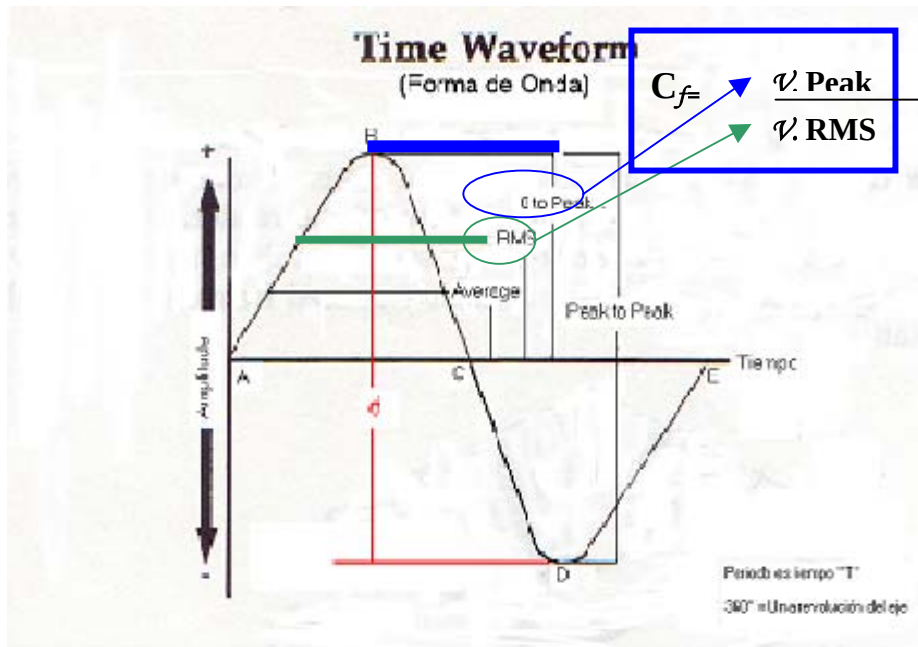


Figura 11. Representación gráfica de una forma de onda en el tiempo (factor de cresta)

Resultados Obtenidos:

En abril del 2003, comienza el plan piloto de la medición de ultrasonido en la Planta de Inyección Valle Hermoso del Distrito II de la UGGSJ. ; donde luego de 5 mediciones de ultrasonido de los equipos se detecta fallas en elementos rodantes en toma de fuerza; así como también fallas en montantes de ventilador(fan) de motor de combustión interna. Figura 12.



Figura 12. Detección de falla de rodamientos de toma de fuerza por ultrasonido

Gracias a estas detecciones se pudo perfeccionar las configuraciones establecidas de tendencias, incluyendo el crest factor (Factor de Cresta).

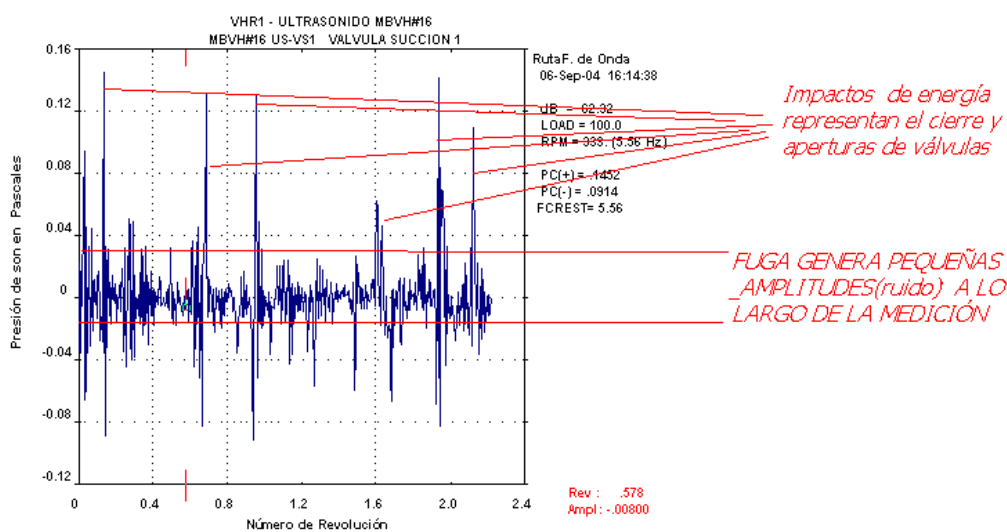
De acuerdo a lo que se manifiesta en una falla de un rodamiento cuando más grave es la falla del mismo en su forma de onda se generan los típicos incrementos de impactos de energía, incrementándose en la teoría su valor pico el cual provoca el aumento del factor de cresta.

Este aumento en un gráfico de tendencia sería la confirmación de la gravedad de la falla que se esta generando en un rodamiento

En cambio a lo que se refiere sobre mediciones de las válvulas en las bombas de inyeccion; la forma de onda ya contiene notables impactos de energía de los cuales representarian el cierre y apertura de estas valvulas; por ende esto expresaría un alto valor pico y a su vez el alto factor de cresta. Entonces, al encontrarnos frente a una fuga de válvula se generaran pequeñas amplitudes sobre los cierres y apertura de las válvulas (Impactos) a lo largo de su forma de onda lo que provoca un aumento del valor RMS el cual al tendenciar el factor de cresta manifiesta la disminución de la misma dándonos así la evolución en el que se encontrara la falla.

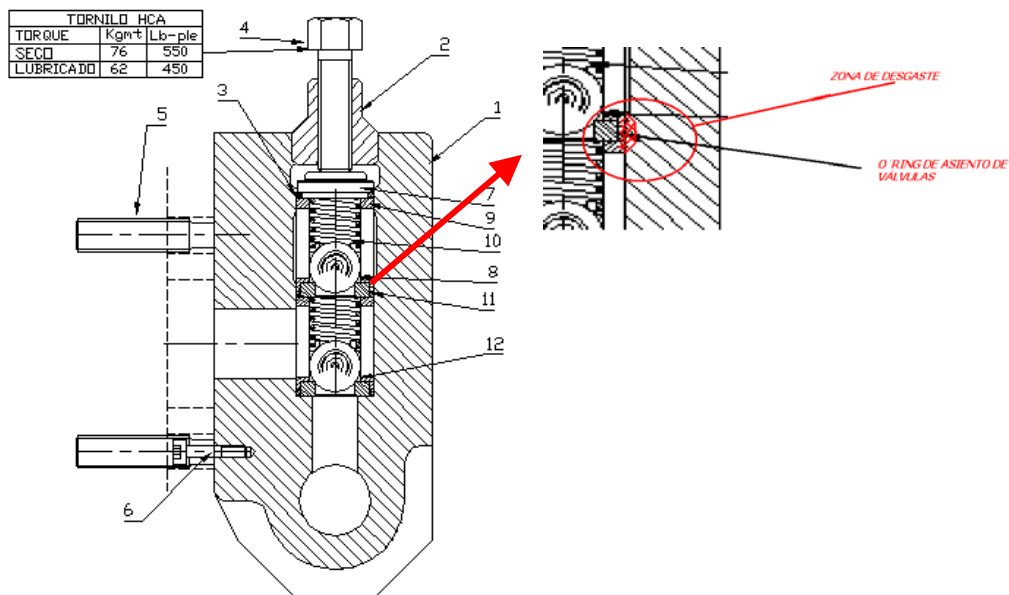
En septiembre del 2004 nos encontramos frente la primera fuga correspondiente a una Bomba Quintuple del equipo N° 16 de la planta Inyección Valle Hermoso. Se detecta por medio de su forma de onda, en la cual podemos observar pequeñas amplitudes a lo largo de la misma por debajo de los impactos que representan el cierre y aperturas de válvulas. Ver figura 14.

Esas pequeñas amplitudes se consideran como fugas en el cuerpo hidráulico de la bomba quintuple realizando el informe correspondiente



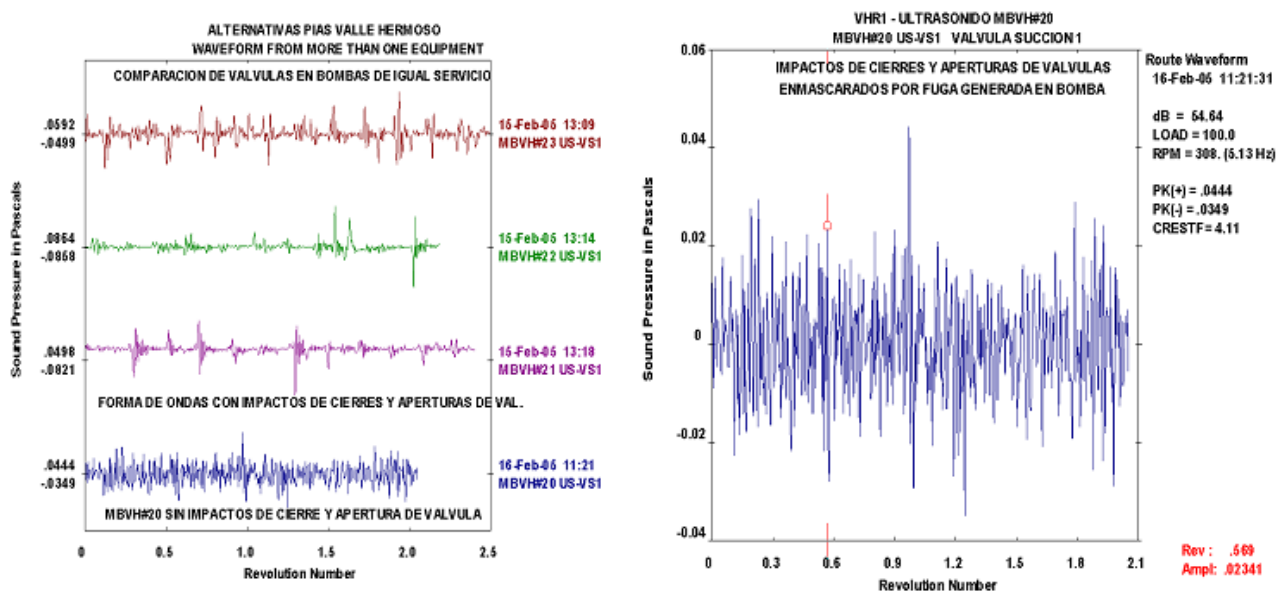
**Figura 14. Gráfico de forma de onda
(manifestación de fuga en cuerpo hidráulico)**

Conjuntamente con Mantenimiento Mecánico del Distrito en el Mantenimiento Programado del equipo se efectúa el desarme de la bomba observando un notable desgaste en el nivel medio de los cilindros del Cuerpo hidráulico precisamente en los bordes del alojamiento del O´ring de asientos de válvulas; así como también el desgaste de los mismos. Ver figura 15



**Figura 15. Corte de cuerpo hidráulico
(Demostración gráfica de la falla)**

Luego en febrero de 2005 se detecta por su forma de onda nuevamente una fuga en el cuerpo hidráulico de la bomba correspondiente al equipo N° 20 de la Planta de inyección Valle Hermoso. En la que se observa por medio de una comparación de formas de onda de válvulas de bombas de igual servicio que la misma no poseía los impactos de cierre y aperturas de válvulas opacados por la fuga en las válvulas de la bomba. Ver figura 16.



Conjuntamente con Mantenimiento Mecánico del Distrito en el Mantenimiento Programado del equipo se efectúa el desarme de la bomba observando soldaduras en conjunto armado de válvulas, fugas en válvulas y en asientos de las mismas. Ver figura 17.

FUGA EN VALVULAS DE BOMBA QUINTUPLE DE MEDIA PRESION EQUIPO N° 20 DE
PLANTA INYECTORA DE AGUA VALLE HERMOSO-DISTRITO II

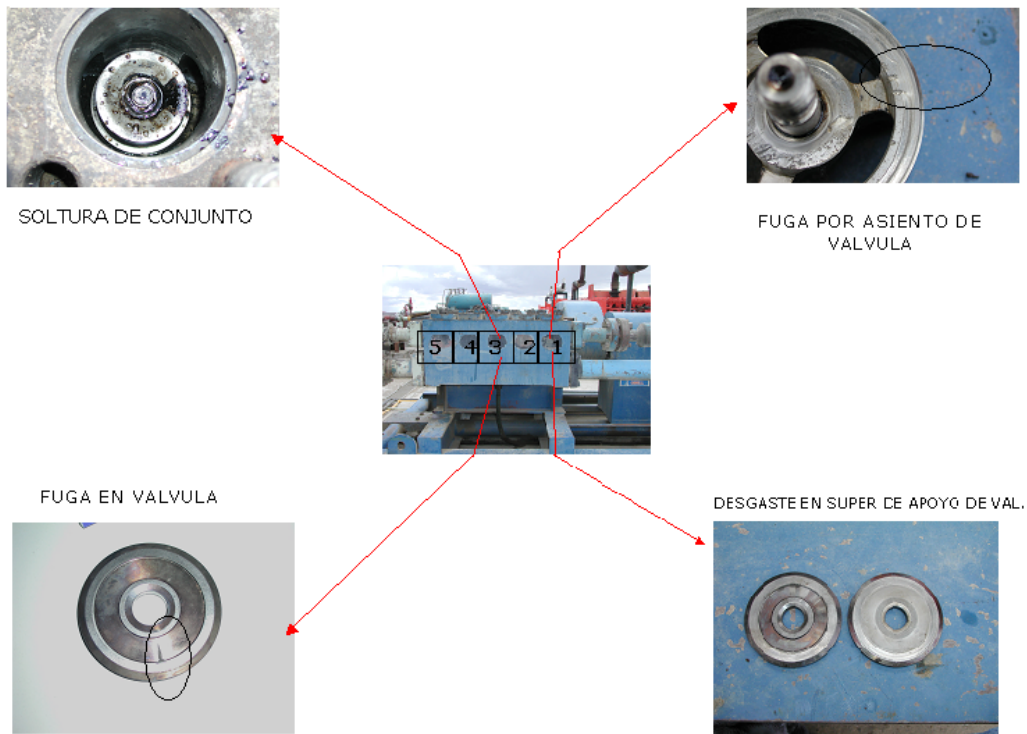


Figura 17.

Conclusión:

El plan piloto se ejecutó en 12 bombas de 110 en toda la UGGSJ, en las cuales se presentaron diferentes fallas en las que se detectaron entre ellas fugas por o´ring de asientos de válvula; desgaste en borde de cuerpo hidráulico de bomba, fugas por asiento de válvula.

Esta técnica no intrusiva nos permite, además de mejorar la Confiabilidad y Disponibilidad de nuestros equipos y ser el apoyo de la técnica de vibraciones, lograr un mejor aprovechamiento de nuestros recursos generando un impacto mínimo en el proceso de inyección, realizando menos intervenciones y paradas innecesarias de los equipos en cuestión; así como también un ahorro significativo tanto monetario como de tiempo.

Bibliografía :

- Seminario Avanzado de Mantenimiento Predictivo y Análisis de Vibraciones de JPS Argentina.
- Seminario de Ultrasonido de Empredin S.A.

CV resumido de Leonardo Oscar Sierra

Profesión: Especialista Técnico

Título secundario: Técnico Electromecánico Mecánico

Empresa en la que trabaja: Skanska.

Puesto: Supervisor de Mantenimiento Predictivo.

Desde Octubre de 1997 prestando servicio en la Empresa Sade Skanska Hasta Junio de 2002 en el Sector Mantenimiento del Área Pampa del Castillo-La Guitarra de la Operadora Pecom Energía S.A. y posteriormente en la Operadora Sipetrol Argentina S.A.

Desde Junio de 2002 prestando servicio en la Empresa Skanska en el Sector de Confiabilidad y Mantenimiento Predictivo del Área del Golfo San Jorge de la Operadora Pan American Energy.

El área de trabajo actual se encuentra en la Unidad de Gestión Golfo San Jorge, Cerro Dragón, provincia del Chubut, Argentina.

CV resumido de Sergio Alberto Diaz

Profesión: Especialista Técnico.

Título secundario: Técnico Mecánico

Empresa en la que trabaja: Pan American Energy LLC.

Puesto: Supervisor de Mantenimiento Predictivo.

Desde 1996 hasta 2000 como Supervisor de Mantenimiento Mecánico.

Desde 2001 hasta la actualidad como Supervisor de Mantenimiento Predictivo teniendo en programa 900 máquinas entre las cuales contamos con Motores a Combustión Interna, Compresores Alternativos de Doble Efecto, Turbogeneradores, Turbocompresores, Bombas Centrífugas Simple y Multietapa, Bombas Alternativas, Aeroenfriadores, Motogeneradores, Bombas a Tornillo Multifásicas, Cajas Reductoras, Cajas Incrementadoras y Motores Eléctricos desde 100 a 5000 Hp.

Estas máquinas están monitoreadas con las siguientes Técnicas de Mantenimiento Predictivo: Análisis Termodinámicos, Vibraciones, Ultrasonido, Tribología y Termografía.