



## Capítulo 8

# Análisis de Forma de Deflexión Operacional (ODS)

*Temas:*

- Introducción
- ¿Qué es ODS? ¿Por qué usar ODS?
- El procedimiento ODS:
  - Planificar el trabajo
  - Recopilación de lecturas de fase
  - Animación de la máquina
  - ODS basados en el tiempo
  - Software ME Scope
- Casos de estudio

En este capítulo aprenderemos sobre la técnica de prueba de la Forma de Deflexión Operacional (ODS). Discutiremos por qué realizamos pruebas de ODS y cómo realizar la prueba para obtener resultados óptimos.

## Introducción a las pruebas de Forma de Deflexión Operacional (ODS)

En este capítulo aprenderemos sobre la técnica de prueba de la Forma de Deflexión Operacional (ODS). Discutiremos por qué realizamos pruebas de ODS y cómo realizar la prueba para obtener resultados óptimos. También debe consultar el manual de instrucciones que viene con su software ODS, aunque discutiremos maneras para que usted realice pruebas básicas de ODS que no requiera el uso de software sofisticado.

Las pruebas ODS nos ayudan a comprender el movimiento de la máquina o estructura mientras está en funcionamiento en condiciones normales. Las pruebas ODS son una extensión de las técnicas de análisis de fase; estamos adquiriendo amplitud de vibración y fase de alrededor de una estructura para que podamos visualizar el movimiento.

### *¿Por qué usar ODS?*

Por lo general, realizamos pruebas de ODS cuando sospechamos que una máquina está funcionando a una frecuencia natural, o cuando sospechamos que una fuente de vibración de la máquina (por ejemplo, frecuencia de paso de álabes) está excitando una frecuencia natural. Podemos observar altos niveles de vibración, u observar fallas estructurales (soldaduras agrietadas, fallas de pernos, formación de grietas, etc.) o podemos presenciar fallas prematuras de los componentes de la máquina, por ejemplo, los rodamientos fallan rápidamente.

También podemos utilizar ODS como una excelente herramienta de diagnóstico. Podemos diagnosticar desbalances, desalineaciones, ejes doblados, pie cojo, soltura estructural y otras fallas, todo lo cual puede ser difícil de diagnosticar solo con espectros y análisis de forma de onda de tiempo.

Sin embargo, hay que subrayar que la ODS sólo se puede utilizar para visualizar cómo vibra una máquina; no puede confirmar la presencia de una frecuencia natural, y no se puede utilizar para calcular la amortiguación, o para probar las modificaciones estructurales con el fin de estimar cómo la vibración (y las frecuencias naturales pueden cambiar). ODS simplemente implica la adquisición de lecturas de amplitud y fase a la velocidad de funcionamiento de la máquina (u opcionalmente en todas las frecuencias) y proporciona una representación visual del movimiento relativo de cada punto en la máquina.

## ***Resumen rápido***

Hay una serie de pasos necesarios para realizar una prueba de ODS. Se resumen a continuación:

- Recopile lecturas de magnitud y fase en una estructura.
- Visualice cómo se mueve la máquina en cada punto.
- Busque los movimientos de la máquina en su conjunto.
- Busque movimientos entre los componentes de la máquina.
- El software se utiliza para animar la estructura
  - Cree el dibujo.
  - Defina dónde se tomarán las medidas.
  - Defina la relación entre puntos de datos y puntos sin datos.

### ***Primer paso: Planificar el trabajo***

Necesitamos lecturas de magnitud y fase en cada punto de la estructura, pero ¿qué puntos se deben utilizar?

- ¿Qué tipos de fallas podrían explicar los patrones de vibración?
- ¿Qué partes de la máquina o estructura no necesitan medirse?
- ¿Qué puntos de la máquina y la estructura de soporte deben medirse para mostrar con precisión estas fallas?
- ¿Cómo será la estructura ODS cuando se dibuja en el software ODS?
- ¿Cuántos puntos se deben medir en una viga, base, cimentación o suelo?
- ¿Qué punto debe servir como referencia fija?

### ***¿Cuántos puntos de prueba debería haber?***

Usted tendrá que decidir cuántos puntos en la máquina/estructura necesitan ser probados y animados con el fin de proporcionarle los resultados que desea. Hay dos problemas:

Es posible que la animación se vea realista; tanto para ayudar con su visualización de la máquina o estructura, como para ayudar en una presentación a la gerencia (si usted es un consultor, o necesita convencer a otros sobre su recomendación para modificaciones estructurales). Generalmente ayuda si la animación se ve tan realista (y genial) como sea posible.

Para entender mejor el movimiento de la máquina, es necesario probar un gran número de puntos. Las suposiciones sobre cómo una estructura está vibrando pueden costarle caro. Por ejemplo, si estaba probando una estructura con una viga horizontal larga, podría suponer que la vibración está relacionada con su primer modo de flexión; por lo que podría probar en cada extremo y en el medio. Sin embargo, estaba vibrando en su segundo modo de flexión, la vibración en el medio sería mínima (a la frecuencia natural).

Si está intentando visualizar la vibración/movimiento relacionado con el desbalance, la desalineación, la holgura estructural o alguna otra condición no resonante, podría configurar un trabajo con un número muy pequeño de puntos de prueba (una X y Y en cada rodamiento). Como veremos pronto, es posible con la mayoría de los programas de software indicar que ciertos puntos en la máquina vibran de la misma manera que los puntos probados seleccionados - por lo tanto, el modelo puede verse muy bien con sólo un pequeño número de ubicaciones de prueba.

Por otro lado, si usted está tratando con una estructura grande, y usted no está exactamente seguro de lo que encontrará, entonces el proyecto podría implicar fácilmente entre 150 y 500 ubicaciones de prueba (pruebas en los ejes X, Y y Z en cada ubicación). Una vez que se vuelve eficiente con sus pruebas, es posible que pueda probar 3 puntos por minuto.

### ***Haga un plan***

Es muy importante crear un boceto de la estructura. Asigne la escala de la estructura y marque cada una de las ubicaciones de prueba.

También debe definir el sistema de coordenadas: X, Y y Z. En este ejemplo Z es positivo hacia arriba, X es positivo a la izquierda de la pared de referencia en el extremo derecho, y Y es positivo lejos de nosotros. Siempre debe tener siempre en cuenta este sistema de coordenadas y las direcciones positivas cuando realice las pruebas. Es posible que sea necesario compensar la dirección de las lecturas de fase en función de la orientación del acelerómetro. Es extremadamente importante mantener el sistema de coordenadas, y las direcciones positivas, claras en su mente (y en la fecha de prueba).

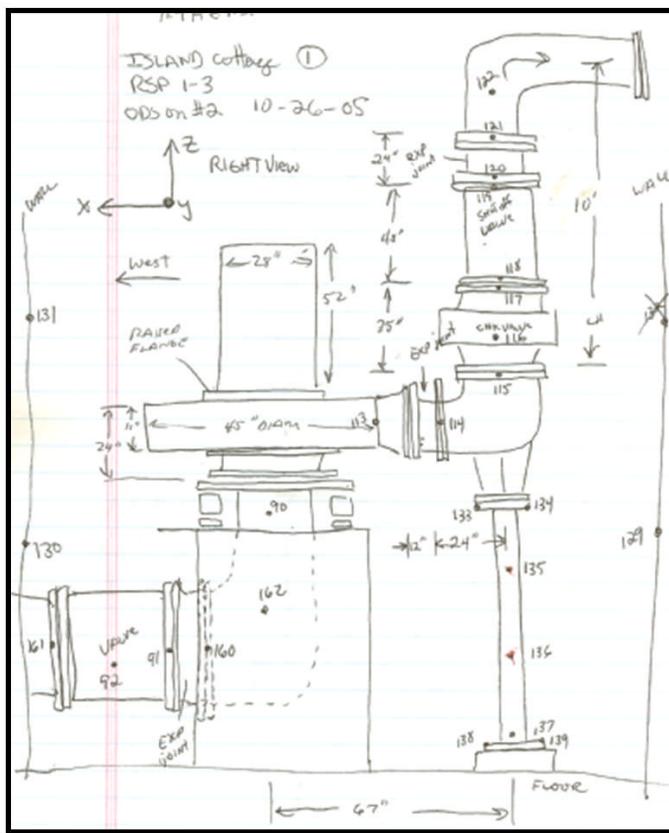


Figura 8-1

El boceto no necesita ser perfecto; no necesita ser perfectamente a escala. Pero un poco de esfuerzo en esta etapa le ayudará a realizar una prueba de ODS más exitosa y menos confusa.

Es importante indicar claramente la ubicación de cada uno de los puntos de prueba. También vale la pena añadir detalles que agregará al modelo final en el software ODS.

También puede crear un croquis orientado al norte (por ejemplo) y otro hacia el oeste. Una vez más, esto le ayudará a mantenerse organizado, y a definir la estructura en el software ODS.

Si usted es “artísticamente desafiado”, en su lugar podría tomar una fotografía digital, e imprimirla y utilizar un lápiz para agregar las dimensiones, ubicaciones de prueba, etc., o para utilizar un programa de gráficos - sin embargo que será más difícil cuando usted está en el campo.

## Lecturas de fase

La amplitud de vibración y las lecturas de fase son necesarias para mostrar la cantidad de movimiento y la dirección relativa del movimiento. Eso significa que se requieren lecturas de fase. Básicamente hay dos maneras de adquirir estos datos al realizar pruebas ODS: utilizar un sistema de un solo canal y utilizar una señal de tacómetro una vez por rev como referencia (y recopilar y leer las lecturas de fase a velocidad de operación solamente), o utilizar un analizador de dos canales y reunir las lecturas de amplitud y fase en todas las frecuencias de interés.

### Fase con un analizador de un solo canal

Las lecturas de fase de un solo canal requieren una referencia. Esto es típicamente una señal de tacómetro óptico o láser una vez por revolución. Esta señal se introduce en el canal “disparador” o “tach externo” de su analizador (consulte su manual). Un acelerómetro se coloca en la primera ubicación de prueba en la dirección X y se adquiere la lectura de vibración. El analizador realizará una de las tres operaciones:

Adquirirá la amplitud y la fase a la velocidad de operación y mostrará las lecturas en la pantalla. Registrará esas lecturas en una tabla que imprima, en una hoja de cálculo o simplemente en un bloc de notas.

Puede ser capaz de registrar la amplitud y la lectura de fase en la memoria del analizador para su posterior descarga.

Puede adquirir la amplitud y el espectro de fase en todas las frecuencias, sin embargo, si se utiliza un tacómetro óptico o láser, sólo las lecturas de fase en 1X, 2X y las otras órdenes son válidas, por lo que sólo debe intentar ver animaciones en estas órdenes. Si desea ver animaciones de su máquina a velocidades distintas de la velocidad de funcionamiento, se recomienda utilizar un analizador de dos canales.

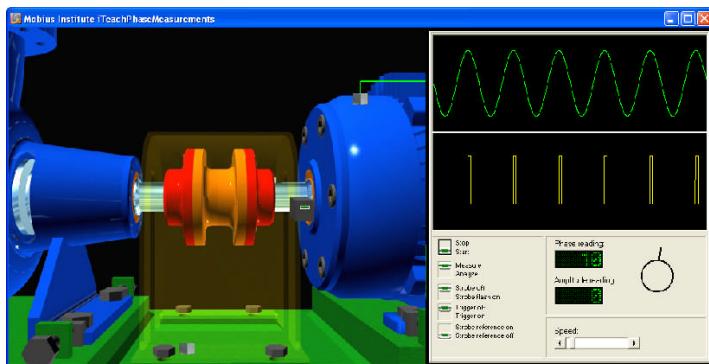


Figura 8-2

Debe consultar con sus productos de recopilador/analizador de datos y con el software ODS para saber qué es posible.

## ***E valor de los datos de magnitud y fase***

Es importante entender lo que usted está esperando lograr. Muchas personas asumen que es sólo la vibración de velocidad de operación lo que excita la resonancia. Esto no es cierto. Cualquier fuente fuerte de vibración en cualquier frecuencia excitará una resonancia, por lo tanto vale la pena, si es posible, utilizar métodos de prueba de dos canales, descritos a continuación, para adquirir datos de amplitud y fase en todas las frecuencias.

Por ejemplo, los siguientes espectros parecen indicar que puede existir una resonancia en el rango de frecuencias de 30 Hz a 60 Hz. La velocidad de funcionamiento de esta máquina es más cercana a 20 Hz. Por lo tanto, en este caso, nos gustaría ver cómo vibra a aproximadamente 50 Hz (basado en la información proporcionada).

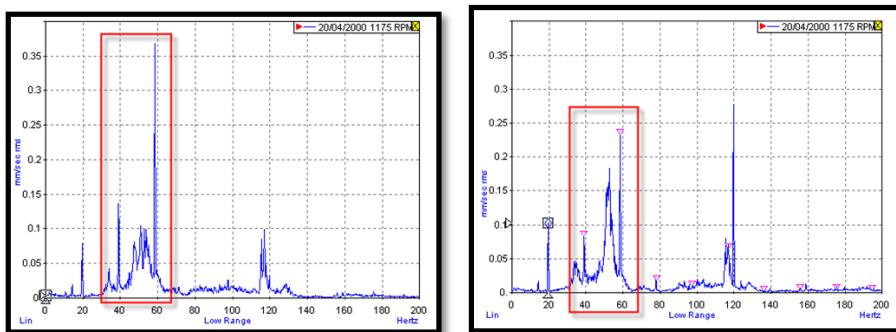


Figura 8-3

## ***Documentar las lecturas***

Como se mencionó anteriormente, las lecturas se pueden registrar en el recopilador/analizador de datos para su posterior extracción, o puede dibujar una tabla que muestre el número de punto y el eje con una columna para las lecturas de magnitud (amplitud) y fase.

Incluso puede compensar las lecturas de fase en este momento. Si el acelerómetro apunta en la dirección negativa, entonces usted agregaría o restaría 180 grados.

## ***Fase con un analizador de dos canales***

Las pruebas de dos canales, también llamadas pruebas multicanal o canal cruzado, proporcionan valores de amplitud y fase en cada frecuencia del rango de frecuencia de espectro. Se requieren dos acelerómetros. Un acelerómetro permanece en un lugar de referencia. Un segundo acelerómetro se mueve de un punto a otro en la estructura/máquina, en los ejes X, Y y Z. El analizador registrará el espectro multicanal, que contiene amplitud (por ejemplo. mm/s o ips) y fase en cada frecuencia, para su posterior descarga.

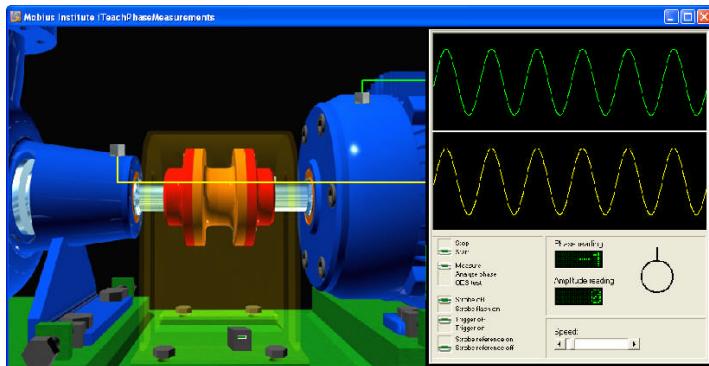


Figura 8-4

Tiene dos opciones para administrar los datos:

- Puede recopilar los datos, mostrarlos en la pantalla y extraer las lecturas de magnitud y fase en las frecuencias de interés. Solo lo haría si la opción 2 no estuviera disponible.
- Los datos se guardarían en el colector/analizador y el software del proveedor extraería los datos y los transferiría al software ODS. Esto proporciona la mayor automatización y la gama completa de opciones de análisis.

La mayoría de los analizadores le permitirán ver los espectros que se adquirieron en cada ubicación de prueba (y eje), junto con el espectro de referencia colectado (es decir, podrá ver los datos del canal 1y 2). Este gráfico incluirá los datos de amplitud y fase. Sin embargo, también debe ser capaz de mostrar un gráfico que representa cómo se compara el canal 1 con el canal 2, como una relación. El analizador puede proporcionar los datos en uno de los dos formatos:

Tradicionalmente, la función de respuesta de frecuencia era una pantalla dB (logarítmica). Cuando discutimos el análisis modal, normalmente esperaríamos ver estos datos en formato dB para que podamos ver fácilmente los picos de los modos y las profundidades de los antinodos.

Algunos analizadores muestran estos datos como la “transmisibilidad”. Sigue siendo una relación, pero la pantalla es lineal en su lugar. Un valor de '1' indica que la amplitud de vibración medida en los canales 1y 2 era igual. La relación lineal puede ser más fácil de entender que los valores dB, sin embargo, la pantalla puede ser un poco confusa (en opinión del autor).

Debe consultar el manual del analizador para obtener información sobre sus opciones de visualización y aprender cómo adquirirá y mostrará las lecturas.

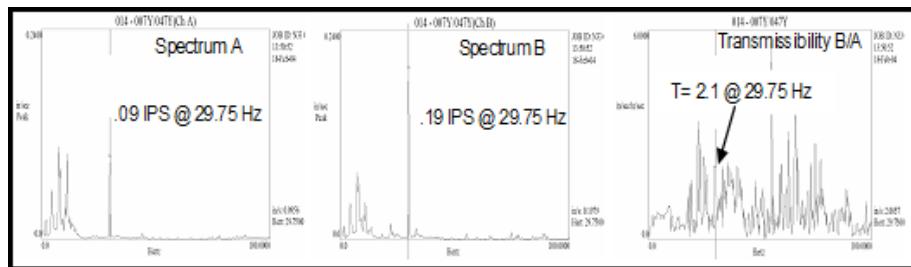


Figura 8-5

### **Nota importante:**

Al realizar una prueba ODS, el analizador registrará la vibración de los acelerómetros y los datos se guardarán. A diferencia del análisis modal, discutido por separado, se supone que la máquina/estructura está vibrando de manera consistente (velocidad y amplitud) durante toda la prueba. Puede que no sea así. Si la velocidad cambia, o la amplitud cambia (debido a los cambios de carga, por ejemplo), la animación final que ve no proporcionará una indicación real de cómo vibra la máquina. Los cambios de velocidad son muy difíciles de manejar. Los cambios de carga que afectan a la amplitud harán que el movimiento animado se distorsione.

Una solución, que generalmente no es práctica, es utilizar un sistema de adquisición de datos multicanal para adquirir todos los datos simultáneamente.

De lo contrario, simplemente debe esforzarse por tomar todas las lecturas en las mismas condiciones de funcionamiento.

### **Visualización del movimiento**

Una vez definido el modelo y adquiridos los datos de amplitud y fase, es el momento de analizar los datos para que podamos entender cómo vibra la máquina.

Podemos tratar de mantenerlo simple mediante la creación de un diagrama básico de la máquina y trazar la amplitud y la fase sobre el diagrama. En el siguiente ejemplo de una viga horizontal simple, la amplitud se representa como la altura del punto por encima o por debajo de la línea horizontal, y el ángulo de fase se representa por su posición relativa a la línea: por encima o por debajo. Estamos típicamente en busca de cambios de fase de  $180^\circ$ . Por lo tanto, puede establecer  $0^\circ$  para que esté por encima de la línea, y  $180^\circ$  para estar por debajo de la línea. Si la forma del modo es más complicada, o su estructura es más complicada, entonces necesita un software diseñado para la tarea.

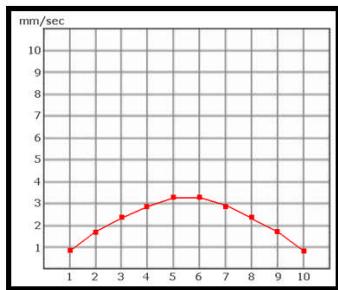


Figura 8-6

El software ME'scope es una aplicación popular que se puede utilizar para graficar los datos de vibración, construir el modelo de la máquina o estructura, y animar la máquina o estructura a una frecuencia seleccionada.

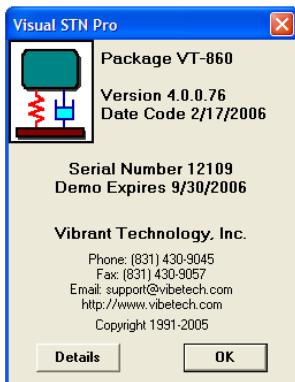


Figura 8-7

El software está desarrollado por Vibrant Technology. (Mobius Institute no tiene ninguna relación financiera con Vibrant Technology, Inc.)

### ***Creación del trabajo ODS***

Los pasos necesarios para configurar el proyecto en el software ODS son los siguientes:

**F0** Definir la estructura en 3D

Debe tomar el boceto y toda la información de coordenadas y definir la estructura dentro del software ODS. Puede definir componentes, por ejemplo, motores, bombas, muros, etc., y reutilizarlos dentro del mismo proyecto o proyecto futuro. Es posible que desee crear su propia biblioteca.

**E1 Definir los puntos donde se asignarán los datos**

Definirá cada uno de los puntos donde se han recopilado los datos. Cada punto tendrá un número de identificación y puede aceptar datos para tres ejes.

**E2 Definir puntos interpolados**

También puede definir puntos en los que no se recopilarán datos. En su lugar, puede definir que estos puntos se mueven igual que otro punto (donde pueden existir datos) y puede definir puntos interpolados, donde un punto actuará de acuerdo con los datos recopilados en dos puntos: el software calculará nuevos valores de acuerdo con la distancia relativa entre los puntos.

**E3 Definir elementos gráficos**

También puede definir colores, rellenos de color y líneas que se dibujan entre puntos. Estos elementos ayudan a que la estructura sea más realista y más atractiva para los gerentes que pueden ver el informe final.

**E4 Importar/introducir los datos**

Los datos deben importarse en el software (o introducirse manualmente). Tendrá que mirar los formatos de archivo compatibles y ver si el software puede leer los datos directamente desde su sistema de monitoreo de vibraciones.

**E5 Animar la máquina/estructura**

Y por último, puede animar la estructura. Si ha utilizado un analizador de un solo canal, la estructura solo se puede animar con una sola frecuencia, normalmente la velocidad de funcionamiento de la máquina.

Si ha utilizado un analizador de dos canales y ha adquirido datos multicanal, podrá seleccionar la frecuencia de animación. Mientras la estructura está animando, puede mover un cursor a través de los datos de prueba para ver cómo se mueve la estructura a diferentes frecuencias.

El software examinará los niveles de amplitud relativa para evaluar la cantidad de movimiento, y los ángulos de fase relativos para determinar el movimiento de la estructura. El software se desplazará a través de 0 o 360° permitiendo que la estructura se anime. Podrás cambiar tu perspectiva y podrás acercarte para echar un vistazo más de cerca.

Aquí está un ejemplo:

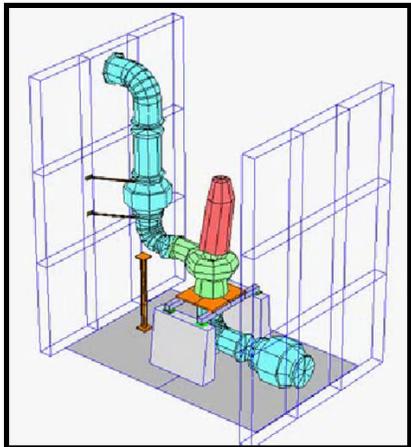


Figura 8-8

### ***Interpretación de la animación***

Por lo general, hay tres características que está buscando:

- F0** Busque movimientos de toda la máquina:
  - o Cabeceo, rebote, torcedura
  - o Puede indicar resonancia
  - o Puede indicar soltura estructural
- F1** Busque movimiento en o entre los componentes:
  - o Puede indicar desbalance o desalineación
  - o Puede indicar rodamiento torcido, eje doblado, etc.
- F2** Busque el movimiento entre los componentes de la máquina y la base/fundación:
  - o Soltura, pernos rotos, soldaduras rotas, problemas de rellenos.
  - o Pata coja.
  - o Diagnóstico de condiciones comunes de fallas de la máquina

Al ver la animación a la velocidad de funcionamiento de la máquina, puede ver el movimiento de los rodamientos, potencialmente en tres dimensiones (vertical, horizontal y axial). Si una máquina estaba desbalanceada, es posible que vea un movimiento circular en la dirección radial y un movimiento mínimo en la dirección axial, a menos que sea una máquina en voladizo. Al mirar el movimiento axial puede detectar desalineación, rodamiento torcido o eje doblado.

También puede ver cómo se mueven los componentes en relación entre sí. Si mira el movimiento radial y axial relativo, puede detectar desalineación.

Y si estudia cómo se mueven los componentes de la máquina en relación con los cimientos, puede detectar pata coja, holgura, pernos rotos, soldaduras agrietadas, rellenos agrietados y más.

Si estudia cuidadosamente el capítulo de análisis de fase, podrá ver cómo las diferentes condiciones de falla harán que la máquina se mueva de diferentes maneras. Un ODS le permite crear una animación visual de ese movimiento.

### ***Comprobación de resonancias***

Al mirar el movimiento de la estructura a la velocidad de operación, y en otras frecuencias donde la máquina genera vibración, es posible que vea la estructura balanceándose, rebotando, torciendo o cabeceando. Estos movimientos indicarían que la máquina puede estar resonando a esas frecuencias, pero no es prueba de la resonancia. Estos movimientos se pueden confundir con soltura/debilidad.

No es posible probar que existe resonancia haciendo solo pruebas ODS. Incluso si se sospecha de resonancia, no es posible identificar la frecuencia natural exacta, ya que también se pueden estudiar las amplitudes de vibración en frecuencias donde la propia máquina genera vibración.

Por ejemplo, la frecuencia natural puede ser de 168 Hz (10.080 CPM), sin embargo, la velocidad de paleta de la bomba puede ser de 175 Hz (10.500 CPM). La vibración de la velocidad de la paleta de la bomba excitará la frecuencia natural, por lo que la amplitud a 175 Hz (10.500 CPM) será mucho mayor de lo normal, pero no se puede saber si la frecuencia natural es realmente mayor o menor que la velocidad de paleta de la bomba.

La única manera de probar la existencia de una resonancia es realizar una prueba modal o una prueba de arranque y paro, y observar un cambio de fase de 180°.

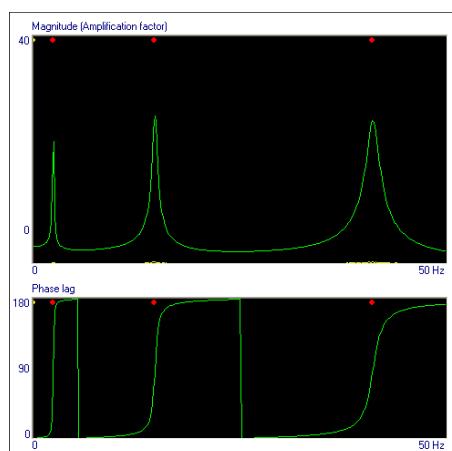


Figura 8-9

## ODS basados en el tiempo

Hay una manera completamente diferente de visualizar el movimiento de funcionamiento de la máquina o estructura utilizando datos de forma de onda de tiempo. La forma de onda de tiempo representa el movimiento exacto de la máquina; a medida que la forma de onda sube y baja sabemos que la estructura se elevó y cayó (si la forma de onda está en unidades de desplazamiento).

Si recopilamos múltiples formas de onda de tiempo simultáneamente desde puntos en una estructura, tenemos un registro de exactamente cómo la estructura se movió de un momento a otro. Si colectamos formas de onda de cualquiera de los extremos del ventilador colgado en el centro y vimos que una forma de onda era sinusoidal que se alzaba al principio del registro, y la otra forma de onda también era sinusoidal, pero cayó al principio del ciclo, entonces podríamos visualizar un cabeceo – desbalance tipo cupla.

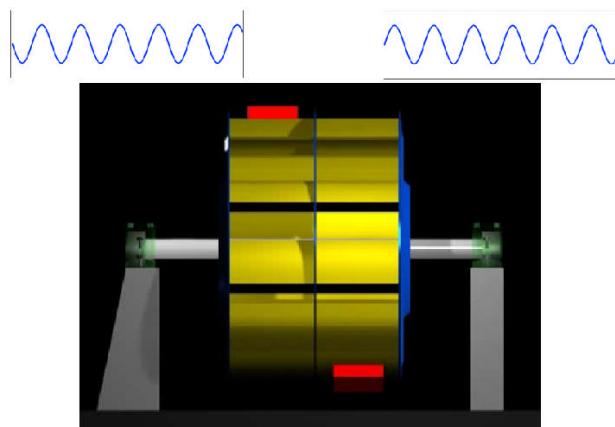


Figura 8-10

Podríamos realizar esta función en varios puntos y luego usar software para animar la máquina. Debemos tener múltiples puntos probados simultánea – y ahí es donde está el desafío.

Esta aplicación se puede utilizar para entender el movimiento de una máquina o estructura, sin embargo, es probablemente mejor aplicado a situaciones en las que está tratando de analizar el movimiento exacto de un proceso como un punzón de agujero, prensa de perforación, o algún otro sistema mecánico donde se está buscando movimiento que esté fuera de lo común: rebotes, tambaleos, rasguños, etc.

La siguiente ilustración fue tomada del programa de software ME'Scope. Las cuatro formas de onda fueron colectadas de cuatro puntos en la estructura. Los otros puntos son instruidos para vibrar en fase con los puntos probados. El software es capaz de mover un cursor a través de los datos, actualizando automáticamente el modelo de la antena parabólica.

Lo que se ve en el movimiento del plato es exactamente lo que sucedió durante la prueba. En lugar de animar la máquina a una frecuencia específica (por ejemplo, la velocidad de funcionamiento de una máquina, o una frecuencia que se sospechaba que era una frecuencia natural), muestra el movimiento completo de la estructura.

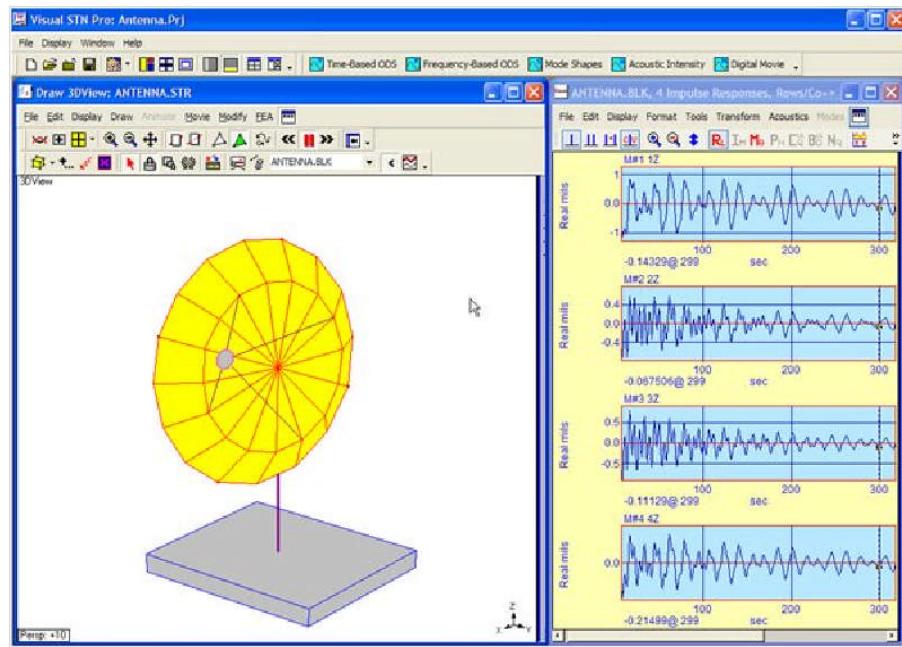


Figura 8-11

## Ejemplo 1ODS – Soltura de soporte de tubería

**Antecedentes:** La bomba de residuos #7 es una bomba vertical de tres paletas directamente acoplada a un motor de 1500 H.P. Un eje de transmisión de 10' conecta el motor a la bomba. La unidad funciona a RPM constantes de 592 rpm (9.86 Hertz). La bomba se encuentra en el sótano. El tubo de descarga de 20" se soporta desde la parte inferior e inferior y los conductos verticalmente a través del edificio. Cinco niveles por encima de la bomba hay una viga estructural de hormigón y acero. Una percha de tubo de acero soldado se atomilla a la parte inferior de la viga y mantiene la tubería en la parte superior. La bomba se ha utilizado con poca frecuencia desde la instalación, hace varias décadas, porque sacude todo el edificio. Bombas similares en el edificio no agitan el suelo.



Figura 8-12 - #7 Bomba de aguas residuales

**Investigación:** Los niveles de vibración en el motor y la bomba eran suaves. No se encontraron problemas en ninguno de los componentes. El tubo de descarga vibraba 3 mils pico-pico a la tercera armónica de velocidad de rotación (29.71Hz). Esta vibración se podía sentir en todas las cubiertas, pero era más alta en el 5o piso. La fuente de la vibración es la frecuencia de paso de la paleta de la bomba (Frecuencia de paso de paleta: velocidad de rotación x 3 paletas en el impulsor de la bomba).

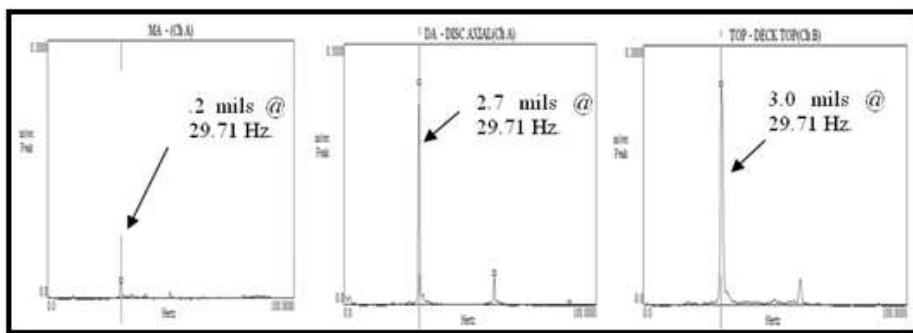


Figura 8-13 Vibración vertical a la frecuencia de paso de paleta (29.71Hz) Motor (izq), Tubo de descarga cerca del motor (centro) y quinto piso (derecha)

Las pruebas de impacto en la viga del 5to piso identificaron una frecuencia natural a 29 Hertz, muy cerca de la frecuencia de paso de las paletas.

Se hizo una ODS de toda la estructura de la tubería. Se requería un andamiaje de 10,000 dólares para medir a lo largo de la longitud de la tubería. El dibujo de la estructura ODS se muestra en la Figura 13. Las mediciones se realizaron a lo largo de la longitud de las secciones de la tubería y en cada brida, codo, válvula y soportes de tubería.

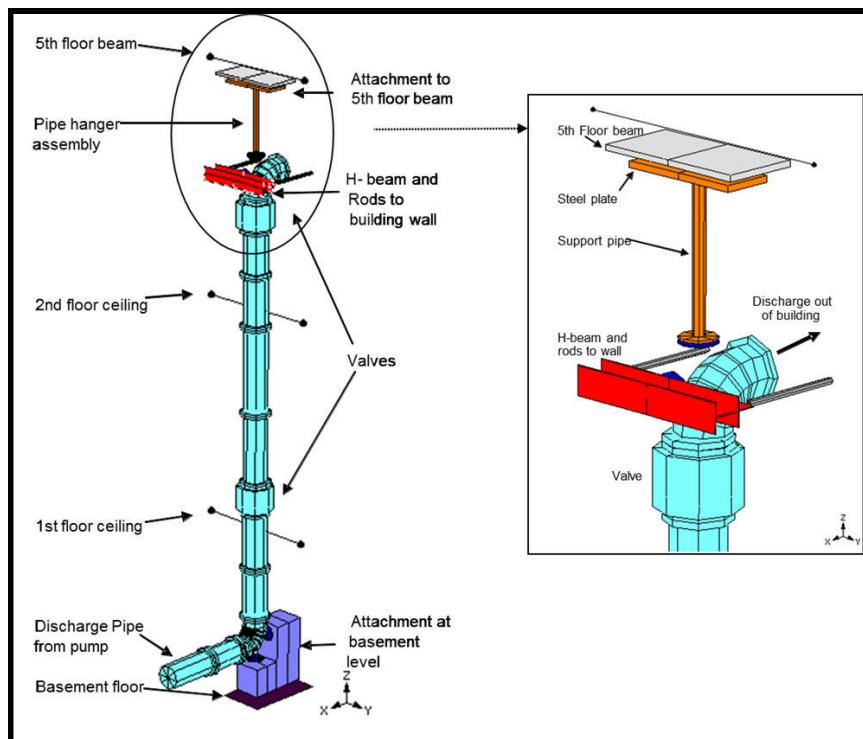


Figura 8-14 Dibujo estructural ODS

La animación ODS a 29.71 Hertz identificó soltura donde la percha de la tubería se atomilla a la parte inferior de la viga del quinto piso. Los mecánicos encontraron que las tuercas hexagonales que unen el conjunto de la percha a la viga estaban sueltas. Despues de apretar los pernos, la bomba fue operada con muy poca vibración.



Figura 8-15 – Estructura de soporte de la tubería en la viga del 4to piso

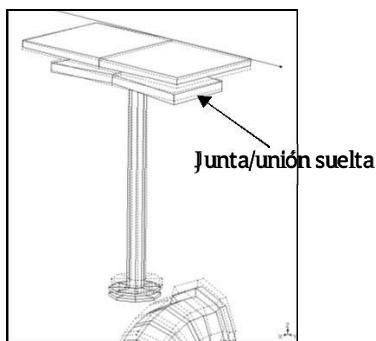


Figura 8-16 – Soltura de uniones

## Ejemplo 2 – ODS de una sección de prensa de papel de molino de papel

**Antecedentes:** La sección de prensa húmeda de una máquina de papel estaba experimentando una alta tasa de fallas en los fieltros. El fielro se dañó después de un corto período de tiempo de ejecución. La deformación en el fielro es causada por fuerzas periódicas como excentricidad de rodillo, desbalance del rodillo o movimiento relativo entre rodillos. Un fielro también puede dañarse si un rodillo con relieve transfiere su patrón al fielro.

Había muchas teorías del porqué la deformación de los fieltros. Algunos pensaban que el marco de la prensa húmeda es débil o está resonando mientras otras lo relacionan con las bolsas de aire que controlan la presión de agarre. Los componentes de la sección se identifican en la Figura 8-17.

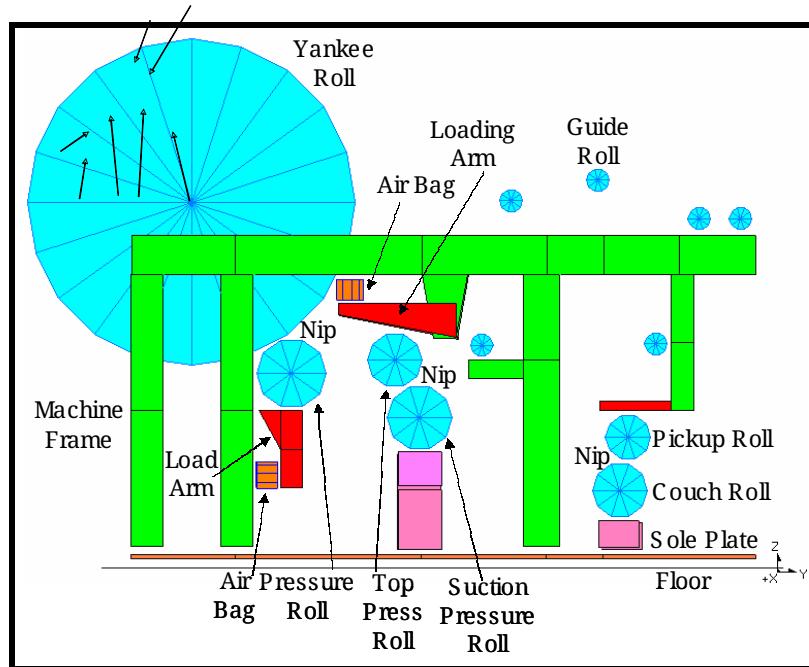


Figura 8-17 – Componentes de la prensa húmeda

Se hizo mucho esfuerzo en la eliminación de los defectos de los filtros, pero el problema persistió. Se decidió que se necesitaba un análisis ODS de toda la sección de prensa húmeda.

El ODS consistió de 253 mediciones en el piso, placas, marco de la máquina, soportes de rodillos y brazos de carga. El acelerómetro de referencia se colocó verticalmente en el rodamiento del rodillo de succión. Un segundo acelerómetro se movió a cada grado de libertad donde la transmisibilidad se midió. La transmisibilidad es la razón de las dos señales en cada línea de resolución. Los datos de transmisibilidad se utilizaron para animar el ODS de la estructura de la Figura 8-18.

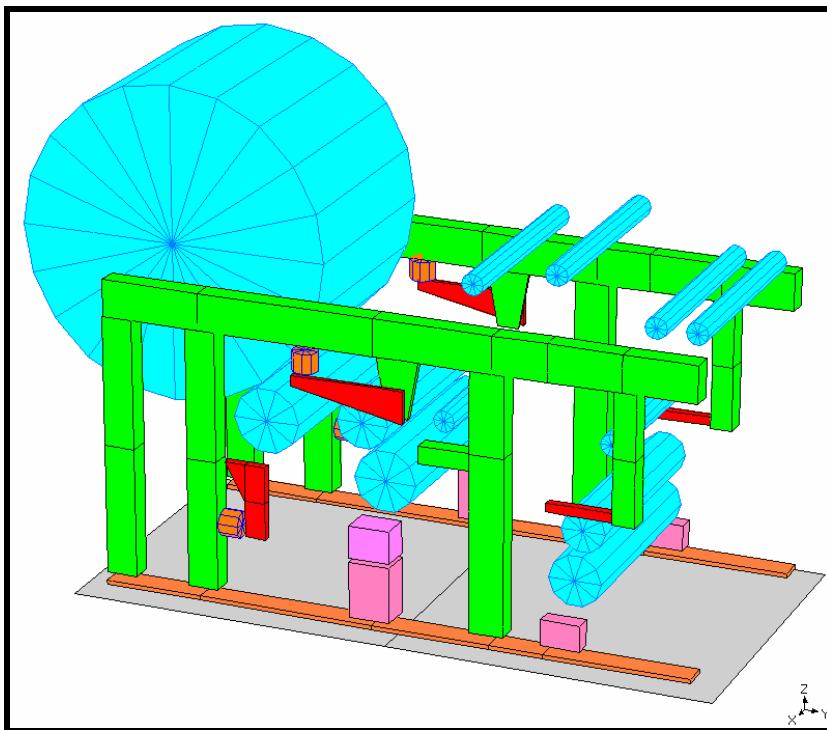


Figura 8-18 – Dibujo en 3D de la prensa húmeda

La mayor vibración encontrada en la máquina fue de 19.2 Hertz. A partir del análisis de ODS a esta frecuencia, se hicieron las siguientes observaciones:

- E1** Los brazos de carga a cada lado del rodillo de la prensa superior estaban fuera de fase entre sí. La vibración fue de 14 pulgadas por segundo (IPS) verticalmente en los brazos de carga. Como resultado, el movimiento del rodillo de la prensa superior estaba fuera de fase de extremo a extremo. El rollo no mantenía contacto con el rodillo de presión de aspiración. La velocidad del rodillo de la prensa superior fue de 6.72 Hertz. La velocidad del rodillo de presión de aspiración fue de 5.52 Hertz.
- E2** El rodillo de presión cabeceaba fuera de fase de extremo a extremo y no mantenía contacto con el Yankee Roll. La vibración en los rodamientos de rodillos de presión fue .25 IPS. La velocidad del rodillo de presión fue de 5.2 Hertz
- E3** La animación ODS mostró que el marco de la máquina, las placas de montaje y el suelo de hormigón no se estaban deformando o vibrando.

La Figura 8-19 es una imagen de la animación de la prensa a 19.2 Hertz. Muestra el movimiento del rodillo de presión superior y brazo de carga. Un leve movimiento relativo entre el rodillo de presión y el roll “Yankee” también es visible. El marco de la máquina no se muestra en la Figura 8-19 porque no se movió.

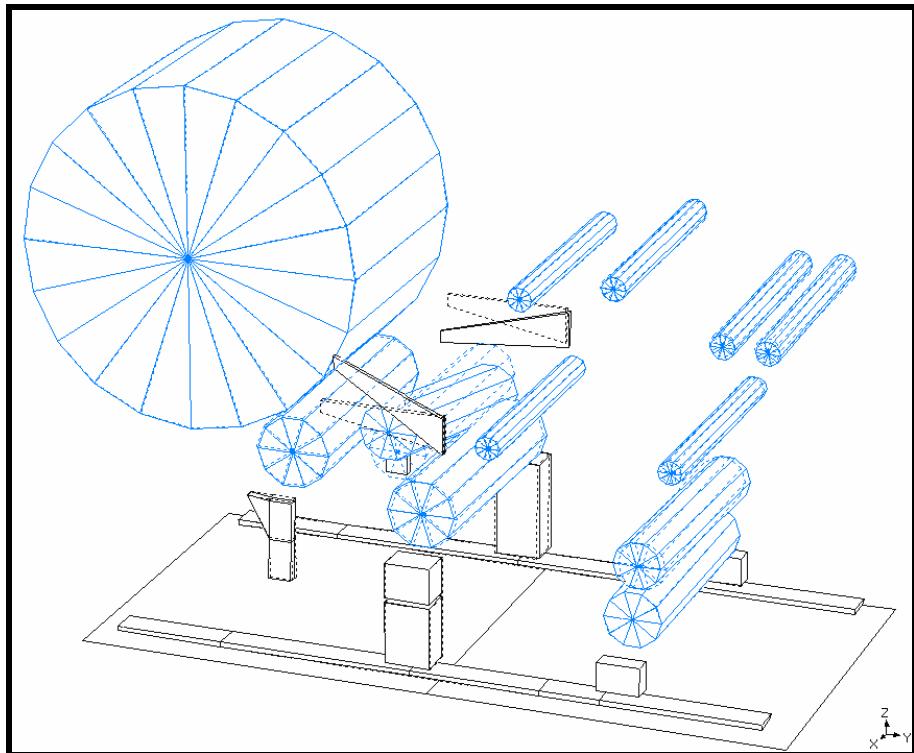


Figura 8-19 – Forma de la prensa a 19.2 Hertz

Los movimientos del rodillo de presión y el rollo de la prensa superior causaron la deformación del fieltro. Se pensaba que la fuente de la vibración de 19.2 Hertz era la resonancia de las bolsas de aire excitadas por un armónico de la prensa superior o rodillos de succión.

Para corregir el problema, los ingenieros de la planta decidieron llenar las bolsas de aire con mitad agua y mitad aire. La modificación fue exitosa en la eliminación del problema de la deformación del fieltro. La modificación del aire sobre el agua aumentó la rigidez de la bolsa y apartó su frecuencia natural de las vibraciones forzadas.

## Puntos clave

---

- FO Los estudiantes deben entender las diferencias entre ODS y el análisis modal y cuándo utilizar cada uno.
- FO Los estudiantes deben ser conscientes de que ODS no nos dice nada sobre modos o frecuencias naturales si la máquina o estructura no está en resonancia cuando se prueba.
- FO Los estudiantes deben entender la transmisibilidad
- FO Los estudiantes deben entender los diversos métodos de prueba de ODS y cuándo usar cada uno.
  - o ODS simple usando un tacómetro como referencia de fase
  - o Método gráfico simple
  - o ODS basado en frecuencia de dos canales
  - o ODS basado en tiempo multicanal
- FO Los estudiantes deben entender las metodologías generales asociadas con la realización de las pruebas ODS