

CURSO ANALISIS DE VIBRACIONES DE MÁQUINAS CATEGORÍA IV, ISO 18436-2

Fecha: Noviembre 10, 11, 12 y 13 de 2009
Fecha examen: Sábado 14 de noviembre de 2009 (3 a 4 hrs.)

Duración: 32 horas (4¹/₂ días)

Lugar: SANTIAGO – HOTEL POR CONFIRMAR.

Relator: Dr. Pedro Saavedra G.

Horario: 08:30 - 12:30 horas
14:00 - 18:00 horas

Código Sence: **12-37-7475-18**

Costo inscripción: \$790.000.-
Costo examen: \$70.000.-

Inscripciones e Informaciones:

Srta. Clara Muñoz S.

Laboratorio de Vibraciones Mecánicas

www.dim.udec.cl/lvm

Universidad de Concepción

Rut.: 81.494.400-k

Fono: 56-41-2204327

Fax: 56-41-2251142

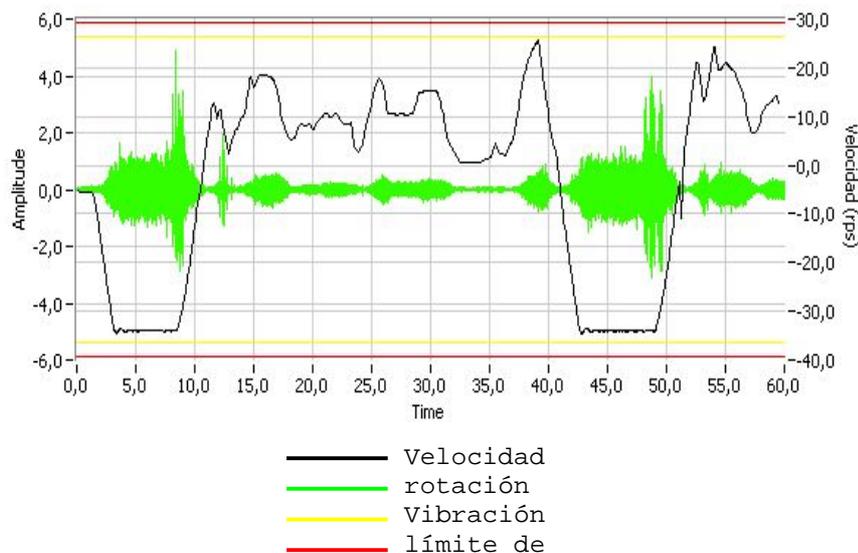
email: clarmuno@udec.cl

Casilla 160-C - Concepción.

Notas:

1. El curso está limitado a un número de participantes. Por tal motivo se recomienda efectuar la inscripción con 5 días de anticipación.
2. Los interesado en REPETIR el examen de certificación para las categorías I, II, III, IV; lo pueden hacer los días 24 de abril, 05 de junio, 07 de agosto, 02 de octubre, 14 de noviembre (08:30hrs.), 27 de noviembre. En horario de 16.00 a 18.00, previa inscripción con 10 días de anticipación. Valor del examen \$70.000.-

ANÁLISIS DE VIBRACIONES DE MÁQUINAS



CURSO ANÁLISIS DE VIBRACIONES, CATEGORÍA IV, ISO 18436-2

Relator: Dr. Ing.. Pedro Saavedra G.

OBJETIVO.

Este curso teórico-práctico está centrado fundamentalmente en capacitar en profundidad a los participantes en los fundamentos de la dinámica vibratoria, el procesamiento de la señal, las técnicas de diagnóstico modernas y las técnicas de reducción de vibraciones. Con este objeto el curso entrega por un lado conocimientos avanzados de técnicas de diagnóstico modernas y por otro lado entrega conocimientos sobre la dinámica del rotor y sobre el funcionamiento y monitoreo de algunas máquinas especiales.

EXAMEN DE CERTIFICACIÓN.

La certificación es un examen escrito, sin apuntes, de cuatro horas de duración, adicional al curso para los participantes que quieran obtener un certificado de “Analista de vibraciones categoría IV de acuerdo a ISO 18436-2”. Los postulantes que aprueben este examen se les reconoce que están capacitados para realizar y dirigir con un alto grado de confiabilidad todo tipo de mediciones y análisis de vibraciones en cualquier tipo de máquina y para proponer y cuantificar soluciones que disminuyan el nivel de vibraciones de máquinas y estructuras.

PRERREQUISITOS.

Para aprobar el examen de certificación de analista de vibraciones categoría IV es conveniente haber aprobado el examen de categoría III y tener experiencia práctica en estas técnicas al menos de 6 años.

CONTENIDOS.

1. Conceptos de dinámica vibratoria.

- Sistemas discretos de dos grados de libertad. Cálculo de frecuencias naturales y modos de vibrar de estructuras sencillas.
- Frecuencias naturales y modos de vibrar de sistemas rígidos con seis grados de libertad y de sistemas continuos simples.
- Inestabilidades y vibraciones autoexcitadas. Vibraciones autoexcitadas generadas en intercambiadores de calor y turbomáquinas. Desprendimiento de vórtices. Inestabilidades fluido-elásticas. Flutter
- Comparación del comportamiento dinámico de rotores con comportamiento lineal y no-lineal.
- Vibraciones en redes de tuberías debido a excitaciones mecánicas, hidráulicas o aerodinámicas.
- Introducción a la dinámica rotor/descanso. Características del rotor y de los descansos. Tipos de descansos. Coeficientes de rigidez y amortiguamiento. Velocidades críticas. Efectos giroscópicos del rotor. Diagrama de Campbell. Giro del rotor hacia delante y hacia atrás.

2. Adquisición y procesamiento de datos en profundidad

- Diferentes sistemas de adquisición digital de datos. Conversión análogo/digital. FFT y transformada discreta de Fourier, TDF. Cálculo de la TDF. Diferentes tipos de ventanas de análisis y resolución en amplitud y frecuencia. Ancho de banda de análisis.
- Razón señal/ruido. Reducción de ruido. Transformada de Hilbert.
- Vibraciones aleatorias. Densidad espectral de potencias. Autoespectro. Espectros cruzados (cross spectrum). Funciones de correlación directa (autocorrelación) y cruzada (cross correlation). Funciones de coherencia.

3. Técnicas de diagnóstico avanzadas vistas en profundidad.

3.1. Revisión en profundidad de algunas técnicas de análisis.

- Análisis espectral, análisis de la forma de ondas y de la diferencia de fase de componentes.
- Análisis de promedios sincrónicos en el tiempo. Análisis de órbitas.
- Análisis de la autocorrelación, análisis del peak-vue, análisis de envolvente (o demodulación), análisis cepstrum.
- Análisis de órbitas, de la posición del eje en el descanso y del "full-spectrum en máquinas con descansos hidrodinámicos.

3.2 Análisis de vibraciones en la partida y parada de máquinas.

- Interpretación de gráficos de Bodé y Nyquist medidos en la partida/parada de una máquina. Velocidades críticas, resonancias, antiresonancias, resonancias locales. Ejemplos de aplicación.
- Interpretación de mediciones realizadas durante la partida y parada de una máquina con descansos hidrodinámicos. Diagramas de Bodé. Parte real/imaginaria. Diagrama polar. Análisis de la posición radial del eje.
- Diferentes tipos de inestabilidades inducidas por el fluido: "Oil Whirl" y "Oil Whip" en descansos y sellos. Otros tipos de inestabilidades.

3.3 Análisis ODS (Operating Deflection Shape).

- Definiciones y terminología.
- Requerimientos de transductores, instrumentos y software.
- Uso de un analizador de un solo canal y pulsos de referencia de fase. Número de puntos de medición requeridos.
- Forma de vibrar en operación con animación utilizando programas computacionales.
- Uso de un analizador de varios canales para realizar el análisis ODS.
- Ejemplos de aplicación.

3.4 Análisis modal experimental.

- ¿Qué es el análisis modal?. ¿Cuál es su utilidad?. ¿Cuáles son sus aplicaciones?. Instrumental, sensores y software requerido.
- Tipos de FRF (rigidez, flexibilidad, movilidad mecánica, impedancia mecánica, masa efectiva, acelerancia)
- Aplicación de las FRF para relacionar las vibraciones medidas en los descansos de la máquina con las fuerzas dinámicas que actúan sobre ella.
- Aplicación de las FRF para determinar experimentalmente los modos de vibrar de rotores y estructuras. Determinación del amortiguamiento modal.
- Comparación entre el análisis modal experimental y el análisis ODS.
- Capacidades de algunos programas comerciales.
- Presentación de casos donde el análisis modal experimental fue la única técnica que permitió determinar, y reducir posteriormente, las altas vibraciones medidas en la máquina.

3.5 Análisis utilizando las Transformadas Tiempo Frecuencia, TTF.

- ¿Qué son las TTF?. Transformadas lineales: "Short Time Fourier Transform", Gabor, Wavelettes. Transformadas cuadráticas: Pseudo Vigner-Ville, ZAM. Comparación entre ellas.
- Programas comerciales existentes.
- ¿Cómo seleccionar los parámetros de análisis?. Resolución en tiempo y frecuencia, número de puntos en el tiempo y número de líneas en frecuencia, tamaño y tipo de la ventana de análisis.
- Aplicaciones. Utilidad y limitaciones. Ejemplos.

3.6 Análisis de vibraciones en máquinas de carga y/o velocidad variable.

- Seguimiento de orders (Order tracking) 1x, 2x, 3x en la partida y/o parada de una máquina. Interpretación. Cuando es útil realizar este tipo de análisis.
- Espectro con seguimiento de orders. Sensores y equipamientos requeridos. Diferentes métodos de obtenerlo. Método utilizando hardware, método de remuestreo utilizando software, método híbrido. Aplicación a máquinas que mientras se realizan las mediciones cambian su velocidad: palas, camiones, perforadoras y máquinas de muy baja velocidad de rotación. Ejemplos.
- Transformadas Order Revolución. Instrumental requerido. Aplicación a máquinas que mientras se realizan las mediciones están variando su carga. Ejemplos.

4. **Técnicas de reducción de vibraciones.**

- Amortiguamiento de máquinas y estructuras. Cuando es necesario aumentar el amortiguamiento de una máquina y/o estructura. Formas de determinar el factor de amortiguamiento existente. Factor de amortiguamiento requerido por normas. Formas de amortiguar existentes. Amortiguamiento de vibraciones torsionales.
- Aislamiento de vibraciones y choques. Definición del aislamiento de vibraciones. Características y tipos de aisladores comerciales. Diferencias entre aislamiento y amortiguamiento cálculo de aisladores para sistemas de un grado de libertad y varios grados de libertad. Que son fuerzas de choque. Aislamiento de choques. Cálculo de aisladores de choques. Ejemplos.
- Absorbedores de vibraciones. Como funcionan y cuando son efectivos. Diseño de un absorbedor para disminuir las vibraciones transversales en máquinas y estructuras (bases, fundaciones, cañerías). Analogía para disminuir las pulsaciones de presión en redes de tuberías. Ejemplos.
- Balanceamiento de rotores rígidos y flexibles. Balanceamiento de rotores rígidos en dos planos. Desbalanceamiento admisible por plano según ISO 1940. Cálculo del desbalanceamiento residual de un rotor después de balancearlo en terreno. Métodos y criterios para el balanceamiento de rotores flexibles de según ISO 11342. Rotores flexibles de clase 2 que pueden ser balanceados como rotores rígidos tomando cierto tipo de consideraciones. Ejemplos.
- Alineamiento de rotores. Características de diferentes tipos de acoplamientos. Criterios de desalineamiento permisible.

5. **Análisis en profundidad de las normas de severidad de vibratoria en máquinas**

6. **Análisis de vibraciones de tipos especiales de máquinas (análisis teórico y casos históricos).**

- Bombas y compresores de lóbulos y de tornillo.
- Motores Diesel y compresores alternativos.
- Vibraciones y pulsaciones de presión en cañerías.
- Harneros vibratorios.
- Turbinas hidráulicas.

METODOLOGIA.

Las clases teóricas se realizarán con exposición oral, con ayuda de transparencias y se le proporcionará a cada participante un libro de los contenidos del curso y un conjunto de ejercicios que los participantes desarrollarán durante el curso. Los ejemplos analizados son casos históricos tomados en máquinas reales.

ORIENTADO A.

Profesionales y técnicos mecánicos, eléctricos e instrumentistas relacionados con mantenimiento de máquinas y solución de problemas vibratorios.

RELATOR.

DR.-ING. PEDRO SAAVEDRA G.

Ingeniero Civil Mecánico de la Universidad de Concepción, Doctor en ENSAM (París, Francia) en Ingeniería Mecánica con especialización en vibraciones mecánicas. Es autor de varias publicaciones internacionales y numerosos cursos en diagnóstico de fallas mediante análisis de vibraciones. Ha sido relator de Naciones Unidas. Consultor en diagnóstico de fallas durante los últimos 20 años de numerosas empresas: ENAP, PETROX, CODELCO - División Chuquicamata, Celulosa Arauco y Constitución, Forestal e Industrial Santa Fe, Empresa Eléctrica Colbún Machicura, Empresa Colombiana de Petróleo, CODELCO - División Andina, Papeles Bío Bío, Fábrica Celulosa Laja, CODELCO - División El Teniente, ASMAR - Talcahuano, EDYCE, INFORSA, Cía. Acero del Pacífico, Cía. Minera Disputada Las Condes, EDELMAG, etc.