



DIVISIÓN DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS - DEPARTAMENTO DE MECÁNICA

Medición y Análisis de Vibraciones

MC-5411

No. de unidades-crédito: 3 Unidades

No. de horas semanales: 3 Teoría 1 Práctica 1 Laboratorio

Fecha de entrada en vigencia de este programa: Abril-Julio 2015

OBJETIVO GENERAL:

El propósito del curso es proveer al estudiante de las herramientas prácticas necesarias para el diagnóstico avanzado de problemas dinámicos y de condiciones de operación en sistemas vibratorios. Se persigue dotar al estudiante con criterios fundamentales para el análisis experimental o en campo del comportamiento dinámico de máquinas y estructuras. Mediante el estudio de los principios de operación, combinado con su aplicación en el laboratorio, el estudiante debe familiarizarse con los instrumentos y procedimientos de medición y análisis de vibraciones.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

El estudiante tendrá competencias para:

- 1) Seleccionar y operar la instrumentación adecuada a sus necesidades.*
- 2) Analizar sus mediciones.*
- 3) Identificar posibles causas de fallas típicas.*
- 4) Proponer y llevar a cabo posibles soluciones a las fallas detectadas.*
- 5) Caracterizar experimentalmente sistemas dinámicos para obtener modelos matemáticos confiables que permitan estudiar posibles modificaciones y verificar conformidad del diseño.*

CONTENIDO:

1. Fundamentos de la teoría lineal de vibraciones (4 semanas)

- Sistemas amortiguados de un grado de libertad, respuesta libre, respuesta forzada, propiedades del sistema (frecuencia natural, factor de amortiguación, resonancia), función de transferencia (impedancia, movilidad, admitancia).*
- Sistemas de múltiples grados de libertad, frecuencias naturales, autovalores, modos de vibración, autovectores, funciones de transferencia en frecuencia, reducción modal.*
- Sistemas continuos, modelado por masas concentradas, método de modos asumidos.*

2. Instrumentación y equipos para medición de vibraciones (2 semanas)

- Probetas de desplazamiento, vibrómetros, acelerómetros, celdas de carga, martillos de impacto, excitadores electromagnéticos, generadores de señal, amplificadores y condicionadores de señal, analizadores de espectro, sistemas de adquisición digital de datos. Características generales, rangos de aplicación, ventajas y desventajas.*
- Selección, calibración, uso en el laboratorio.*

CONTENIDO (continuación):

3. Análisis de señales dinámicas (2 semanas)

- *Análisis en tiempo, reducción de datos, promedio, RMS, amplitud pico, amplitud pico-pico.*
- *Análisis en frecuencia, Transformada Rápida de Fourier (FFT), coherencia, correlación directa y cruzada, Cepstrum, detección de envolvente, función de transferencia, etc. Familiarización del estudiante con estas herramientas en casos prácticos en el laboratorio.*

4. Identificación de posibles causas de falla (2 semanas)

- *Uso de herramientas específicas como diagramas de cascada, de Campbell, Nyquist, Bode, espectro lineal y de potencia. correlaciones cruzadas, etc., para la identificación de posibles causas de falla. Estudio de casos típicos, particularmente en máquinas rotativas. Rodamientos, desbalance, ejes doblados, engranajes, desalineación, inestabilidad aerodinámica o hidrodinámica, inestabilidad causada por sellos y/o cojinetes, resonancia estructural, rutas de transmisión de energía.*

5. Algunos procedimientos de resolución de fallas (1 semana)

- *Balanceo en múltiples planos y múltiples velocidades como el caso general de balanceo de rotores.*
- *Alineación, casos prácticos.*
- *Modificación de parámetros del sistema, estructurales, cojinetes (SFD), sellos (Damper Seals).*
- *Amortiguadores dinámicos.*
- *Diseño de fundaciones.*

6. Identificación experimental de parámetros (1 semana)

- *Identificación experimental de coeficientes dinámicos en sistemas de múltiples grados de libertad como una herramienta para generar eficazmente modelos confiables para el análisis dinámico de estructuras o máquinas. Métodos en dominio tiempo y dominio frecuencia. Mínimos cuadrados, filtro de variables instrumentales (IVF), etc.*

ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS, DIDÁCTICAS O DE DESARROLLO DE LA ASIGNATURA:

La asignatura se imparte mediante clases magistrales, aunque supone una inversión “mediana” de tiempo, de parte del estudiante, en actividades individuales y grupales asociadas al estudio de los conceptos presentados en clase y a la solución de los proyectos propuestos. Adicionalmente, los estudiantes deben asistir a sesiones prácticas de laboratorio donde deben poner en práctica sus conocimientos en el área a fin de resolver la problemática planteada.

ESTRATEGIAS DE EVALUACIÓN:

El aprendizaje del estudiante será evaluado mediante asignaciones y proyectos, no sólo orientados a la aplicación y revisión de la teoría vista, sino también requiriendo que el estudiante discuta, consulte y estudie referencias bibliográficas complementarias. Adicionalmente, se realizará un examen donde el estudiante debe aplicar las técnicas de análisis estudiadas a sistemas sencillos. Otra parte de la evaluación corresponde a la participación del estudiante y a los resultados obtenidos reportados en los informes de las prácticas de laboratorio que debe realizar. Igualmente es posible incorporar en la evaluación la presentación por parte del estudiante de artículos de investigación relacionados como un tópico específico.

FUENTES DE INFORMACIÓN:

- Rao, S. S. *Vibraciones Mecánicas*, 5^a Edición, Pearson, México 2012.
- Balachandran, B., Magrab, E.B. *Vibraciones*. Thomson, México 2006.
- Thomson, W. *Theory of Vibration with Applications*, Fourth Edition, CRC Press, 1^{ra} Edición. 2004.
- Den Hartog, *Mechanical Vibrations*, Third Edition, Cambridge Mass, 2008 (re-impresión 1947).
- Meirovich, L. *Fundamentals of Vibrations*. ISBN-10: 1577666917. 2010.
- Dimarionogas, A., *Vibration for Engineers*, Second Edition, Prentice Hall, New Jersey, 1996.
- Mitchell, J., *Introduction to Machinery Analysis and Monitoring*, PennWell Books, Second Edition, 1995.
- Eisenmann, R, and Einsenman, R, Jr., *Machinery Malfunction Diagnosis and Correction*, Hewlett-Packcard Profesional Books, Prentice Hall, 1997.
- Ehrich, F., *Handbook of Rotordynamics*, Mc Graw Hill, 1992.
- Vance, J., *Rotordynamics of Turbomachinery*, John Wiley & Sons, 1988.
- Figliola, R., and Beasley, D., *Theory and Design for Mechanical Measurements*, Third Edition, John Wiley & Sons.
- Doebelin, E., *Engineering Experimentation*, Mc Graw Hill, 1995.
- De Silva, C., *Vibration: Fundamentals and Practice*, CRC Press, 2007.
- Hearn, G., y Calfe, A., *Spectral Analysis in Engineering*, John Wiley, 1996.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES: *Será fijado por el profesor al inicio de cada trimestre, atendiendo el contenido programático, así como la evaluación sugerida.*