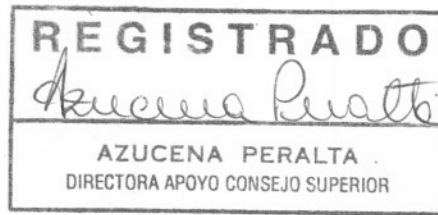




*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



**APRUEBA ACTUALIZACION CURRICULAR DEL CURSO DE POSGRADO**

**ANALISIS Y DIAGNOSTICO DE VIBRACIONES MECANICAS**

**NIVEL I, II y III – DEROGA ORDENANZA N° 1006**

General Pacheco, 15 de diciembre de 2004.

VISTO la solicitud de aprobación de la actualización de la currícula del curso de posgrado de actualización "Análisis y Diagnóstico de Vibraciones Mecánicas" presentado por la Facultad Regional Delta, y

CONSIDERANDO:

Que la Ordenanza N° 1006 que aprueba el Curso "Análisis y Diagnóstico de Vibraciones Mecánicas" requiere de ajustes y modificaciones a fin que tanto sus fundamentos y sus aplicaciones contengan los últimos desarrollos en el tema.

Que la actualización curricular del curso y su organización por niveles de complejidad permitirá la necesaria preparación para la presentación en exámenes internacionales en el área de las Vibraciones Mecánicas.

Que la Comisión de Posgrado de la Universidad ha analizado los antecedentes que acompañan la solicitud y avala la presentación.

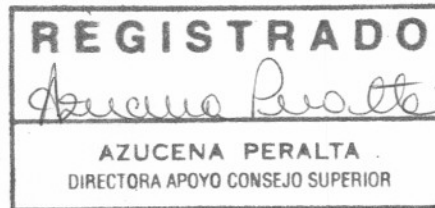
Que la Comisión de Enseñanza recomienda su aprobación.

Que el dictado de la medida se efectúa en uso de las atribuciones otorgadas por el Estatuto Universitario.

Por ello,



Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



2

EL CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO DE LA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

ORDENA:

ARTÍCULO 1°.- Aprobar la actualización curricular del curso de posgrado de actualización, "Análisis y Diagnóstico de Vibraciones Mecánicas, Nivel I, II y III", que figura en el Anexo I y es parte integrante de la presente ordenanza.

ARTICULO 2°.- Ratificar la autorización del dictado del Curso de Posgrado en la Facultad Regional Delta con el Cuerpo Docente que figura en el Anexo II y es parte integrante de la presente ordenanza.

ARTICULO 3°.- Derogar la Ordenanza N° 1006.

ARTÍCULO 4°.- Regístrese. Comuníquese y archívese.

ORDENANZA N° 1046

Ing. HÉCTOR CARLOS BROTTTO  
RECTOR

Mgr. Ing. HÉCTOR RENÉ GONZÁLEZ  
Secretario Académico y de Planeamiento



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



3

ORDENANZA N° 1046

ANEXO I

## CURSOS DE POSGRADO DE ACTUALIZACIÓN

### "ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE VIBRACIONES MECÁNICAS" NIVEL I

#### 1. JUSTIFICACIÓN

En la temática del mantenimiento predictivo de máquinas industriales, aplicando las técnicas de monitoreo y diagnóstico en vibraciones mecánicas, existe una necesidad de mejora continua en los fundamentos y procedimientos operativos que incorporan nuevas técnicas de análisis y diagnóstico.

#### 2. OBJETIVOS

- Conocer las herramientas básicas para la medición e interpretación de vibraciones mecánicas con equipos de medición simples, colectores de datos y realizar rutas de medición.
- Capacitar para la presentación a exámenes internacionales en el Nivel I, del Vibration Institute de los Estados Unidos.

#### 3. ALCANCES

El curso de Nivel I está dirigido a profesionales en general con poco o sin experiencia en la medición de vibraciones mecánicas.

#### 4. CONTENIDOS MÍNIMOS

- *Unidad I*



Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



Evaluación del Mantenimiento. Concepto de mantenimiento predictivo. ¿Porqué vibra una máquina?. Fuentes de vibración. Conceptos básicos fundamentales en análisis de vibraciones, frecuencias, tiempo, amplitud, desplazamiento, velocidad y aceleración, concepto de fase. Estudio de los sistemas de uno y más grados de libertad. Frecuencias naturales y modos normales. Vibraciones torsionales.

- *Unidad II*

Clasificación de las señales. Tipos de sensores: acelerómetros, sensores de velocidad, sensores de proximidad de corrientes parásitas, sensores de presión. Fundamentos y rangos de aplicación de cada uno de ellos. Criterios de selección. Montaje de los transductores.

- *Unidad III*

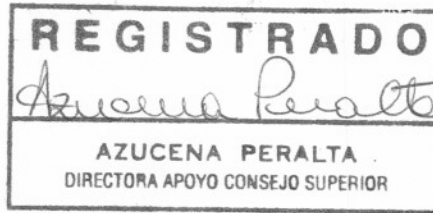
Análisis de la señal en el dominio temporal. Medición de valores globales. Valor tendencia. Diagnóstico mediante promedio temporal sincrónico. Uso de la kurtosis de RMS y valor pico. Normas y standard para el control de vibraciones. Diagramas de una señal. Concepto de órbita. Instalación y ubicación de los sensores para generar órbitas. Usos típicos.

- *Unidad IV.*

Conceptos de espectro. Propiedades de la FFT. Descripción típica de un analizador de señales. Análisis del procesamiento típico de señales: adquisición de datos, Aliasing, filtros digitales, ventanas, promedios, etc. Procesamiento de Zoom. Interpretación espectral en distintos tipos de fallas: desbalanceo, desalineación, partes sueltas, fallas en cojinetes a rodamientos. Concepto de modulación de señales. Diferentes tipos. Espectros característicos.



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



- *Unidad V*

Balaneo. Tipos de desbalanceo. Métodos de balanceo: un plano, dos planos. Equipos para el balanceo. Procedimientos para el balanceo "in-situ" en uno o más planos. Desbalanceo residual y niveles de vibración aceptable. Balanceadoras de taller. Tipos de balanceadora.

**5. METODOLOGÍA**

Las estrategias de enseñanza que se priorizarán para el dictado del curso son clases teóricas, prácticas de laboratorio y prácticas a realizarse en un parque de máquinas industriales de empresas de la zona. A través de los trabajos que se propongan se pretende favorecer la capacidad de análisis y la resolución de problemas de los asistentes.

**6. DURACIÓN**

CUARENTA (40) horas; las cuales incluyen clases expositivas, estudio y análisis de casos.

**7. PROMOCIÓN**

Asistencia, como mínimo, del OCHENTA por ciento (80%) de las clases teórico - prácticas dictadas y aprobación de la evaluación final del curso donde se deberá obtener un mínimo de siete puntos.

**"ANALISIS Y DIAGNOSTICO DE VIBRACIONES MECANICAS NIVEL II**

**1. JUSTIFICACIÓN**

En la temática del mantenimiento predictivo de máquinas industriales, aplicando las





*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

técnicas de monitoreo y diagnóstico en vibraciones mecánicas, existe una necesidad de mejora continua en los fundamentos y procedimientos operativos que incorporan nuevas técnicas de análisis y diagnóstico.

## **2. OBJETIVOS**

Al finalizar el curso el profesional adquiere los conocimientos de análisis de las vibraciones mecánicas, sabe interpretar las mediciones que realiza, puede realizar diagnósticos de estado de máquinas y efectuar acciones correctivas con mayor precisión. Puede implementar un sistema de Mantenimiento Predictivo con Bases de Datos en PC, organizar una ruta con facilidad, establecer con un mayor nivel de conocimientos bandas espectrales de alarmas, integrar diferentes técnicas en una planificación de mantenimiento predictivo. Asimismo estará capacitado para presentarse en los exámenes de Nivel II, del Vibration Institute de los Estados Unidos.

## **3. ALCANCE**

El curso de Nivel II está dirigido a profesionales en general que tienen experiencia en la medición y análisis de vibraciones mecánicas, que conocen el uso y aplicación de medidores simples y analizadores de espectros, y requieren analizar las vibraciones y diagnosticar el estado de máquinas con precisión. Así como avanzar en el conocimiento del análisis espectral y adquirir herramientas avanzadas de análisis

## **4. REQUISITOS PREVIOS**

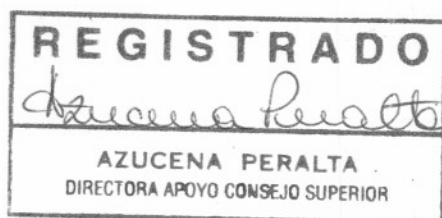
Tener como mínimo una experiencia de un año en la medición de vibraciones.

Conocer el manejo de Analizadores de espectros y colectores de datos.

Haber realizado un curso de Nivel I en Vibraciones Mecánicas.



Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



## 5. CONTENIDOS MÍNIMOS

### - Unidad I

Análisis espectral. Características básicas de funcionamiento de un analizador de un canal. Rango dinámico. Fenómeno de aliasing. Características de los filtros antialiasing. Uso de ventanas. Modos de disparo. Promedio de series temporal y de espectro. Diagramas en cascadas. Plots de Bodé. Uso para determinar resonancias críticas. Ejemplos. Modulación y batido de señales.

### - Unidad II

Análisis de fallas típicas utilizando métodos espectrales y análisis de fase: desbalanceo, desalineación, eje curvados, problemas de oil-whip, oil-whirl. Análisis elemental de fallas en rodamientos. Discusión de diferentes situaciones de solturas mecánicas. Rozamiento del rotor: diferentes tipos y características.

Métodos avanzados de análisis espectral. Análisis de Zoom. Ejemplos de aplicación en cajas de engranajes. Seguimiento por variación de 1X. Cepstrum. Análisis de las ventajas y desventajas sobre el análisis espectral. Ejemplos en cajas reductoras. Método de Peak-Hold.

### - Unidad III

Aplicación en el uso para determinar velocidades críticas. Promedios sincrónicos. Aplicación en la industria del papel. Descripción de las fallas en rodamientos. Fallas en engranajes. Características técnicas de demodulación: Envolvente (métodos analógicos y analíticos). Spike Energy, SEE, Peak-Vue. Consideraciones sobre el montaje de los sensores. Ejemplos prácticos de aplicación. Análisis en rodillos, husillos y prensas.



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

- *Unidad IV*

Analizador de 2 canales: descripción. Funciones típicas: correlación cruzada, densidad espectral cruzada, función transferencia, coherencia. Orbitas. Aplicación al análisis modal y determinación de velocidades críticas. Técnicas de excitación de estructuras. Instrumental utilizado. Métodos de análisis espectral. Desarrollo de un test de resonancia. Técnicas para el test de velocidades críticas. Diagrama de interferencia. Análisis con la técnica de Peak-Hold y diagramas polares.

- *Unidad V*

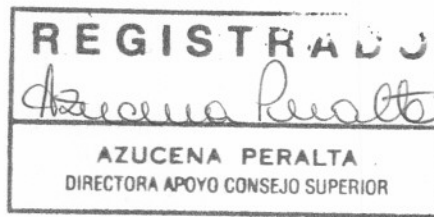
Diagnóstico en Máquinas Eléctricas. Fundamentos de las máquinas eléctricas. Máquinas sincrónicas y de inducción. Principios básicos, vibraciones de origen magnético: diferentes casos. Aislación de máquinas eléctricas rotantes. Descargas parciales. Otros ensayos dieléctricos. Diagnóstico por vibraciones en motores eléctricos industriales. Problemas mecánicos. Resumen de pronósticos de fallas. Detección y control de fallas en motores CC por análisis de vibraciones. Pasaje de corriente eléctrica a través de los rodamientos del motor CC.

- *Unidad VI*

Alineación de ejes. Clasificación. Tipos de acoplamientos. Consideraciones para alineación. Tolerancias. Métodos de alineación, diferentes casos. Balanceo de rotores. Métodos de corrección de desbalanceo. Tipos de desbalanceo. Sistemas rotor-soporte. Normas de tolerancia. Coeficiente de influencia. Métodos de uno y dos planos.

Técnicas de mantenimiento predictivo. Monitoreo de vibraciones. Análisis por tendencias en banda ancha y angosta. Termografía. Termómetros. Principio de





*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

aplicación de esta técnica. Ejemplos en el área eléctrica y mecánica. Tribología.  
Análisis de aceites lubricantes. Ferrografía.

- *Unidad VII*

Integración de estas tecnologías. Sistemas de monitoreo continuo. Tipos de monitoreo. Procesamientos, tiempos de barrido. Ejemplos de aplicación.

- *Unidad VIII*

Análisis de fallas en máquinas típicas: turbo ventiladores, bombas, bombas verticales, compresores, turbinas, turbinas hidráulicas, prensas, rollos. Fenómenos de oil-whirl y oil-whip. Instalación de sistemas de monitoreo

## 6. METODOLOGÍA

Las estrategias de enseñanza que se priorizarán para el dictado del curso son clases teóricas, prácticas de laboratorio y prácticas a realizarse en un parque de máquinas industriales de empresas de la zona. A través de los trabajos que se propongan se pretende favorecer la capacidad de análisis y la resolución de problemas de los asistentes.

## 7. DURACIÓN

CUARENTA (40) horas; las cuales incluyen clases expositivas, estudio y análisis de casos.

## 8. PROMOCIÓN

Asistencia, como mínimo, del OCHENTA por ciento (80%) de las clases teórico - prácticas dictadas y aprobación de la evaluación final del curso donde se deberá obtener un mínimo de siete puntos.



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



## **ANALISIS Y DIAGNOSTICO DE VIBRACIONES MECANICAS NIVEL III**

### **1. JUSTIFICACIÓN**

En la temática del mantenimiento predictivo de máquinas industriales, aplicando las técnicas de monitoreo y diagnóstico en vibraciones mecánicas, existe una necesidad de mejora continua en los fundamentos y procedimientos operativos que incorporan nuevas técnicas de análisis y diagnóstico.

### **2. OBJETIVOS**

Profundizar en el análisis de señales de vibraciones Mecánicas con las mejores técnicas conocidas para lograr un diagnóstico de falla de las máquinas. Mejorar la confiabilidad de los equipos. Asimismo estará capacitado para presentarse en los exámenes de Nivel III, del Vibration Institute de los Estados Unidos.

### **3. ALCANCE**

El curso de Nivel III está dirigido a profesionales que tienen amplia experiencia en análisis y diagnóstico de maquinas por vibraciones mecánicas, que necesitan mejorar las técnicas de diagnóstico de estado de máquinas con precisión.

### **4. REQUISITOS PREVIOS**

Tener experiencia en el análisis y diagnóstico de máquinas

Conocer el manejo de analizadores de espectros y colectores de datos.

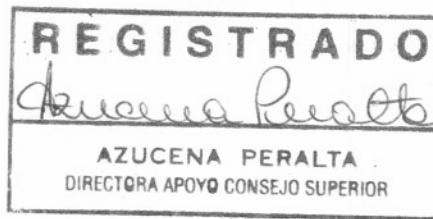
Haber realizado los cursos de Nivel I y II en Vibraciones Mecánicas.

### **5. CONTENIDOS MÍNIMOS**

*Unidad I*



Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología  
Universidad Tecnológica Nacional  
Rectorado



Sensores de proximidad. Calibración, instalación. Medición de fase. Orbitas en ejes. Diagnóstico de problemas mediante órbitas. Sistemas de monitoreo continuo. Tipos de monitoreo. Procesamientos, tiempo de barrido, etc. Ejemplos de uso en turbinas y compresores. Cojinetes de deslizamiento: principios básicos de lubricación, mecanismos de fallas, parámetros de diseño, distintos tipos de cojinetes. Problemas asociados a estos componentes. Vibraciones autoexcitadas. Oil Whirl y Oil Whip. Un modelo simple para el análisis de estabilidad.

#### *Unidad II*

Formas modales de vibraciones y frecuencias naturales. Una revisión de conceptos, instrumentación y métodos de análisis. Técnicas para test de resonancias y determinación de velocidades críticas. Uso de un analizador de FFT. Analizador de 2 canales. Funciones típicas: transferencia, coherencia, funciones de correlación, etc. Formas típicas de la FRF. Diagrama de Bodé. Aplicaciones en análisis Modal y en problemas de diagnóstico. Técnicas de análisis en base a forma de deflexión operativa (ODS). Fundamentos y aplicaciones para la solución de problemas estructurales. Aplicaciones a problemas dinámicos en presas y rollos: síntomas clásicos, problemas de resonancia, problemas en rodillos en prensas, etc. Uso de diagramas polares.

#### *Unidad III*

Dinámica de rotores. Conceptos básicos. Vibraciones torsionales. Frecuencias naturales y formas modales. Tipos de fuerzas características. Criterios para tensiones torsión ales. Efectos de elasticidad y amortiguamiento en los modos de modos de vibración. Formas modales de vibración. Mapa de velocidades críticas. Diagramas de





*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



Campbell. Fallas típicas en un rotor. Análisis mediante espectros y órbitas. Discusión de algunos problemas no lineales típicos- inestabilidad hidrodinámica.

#### *Unidad IV*

Máquinas centrífugas. Características de funcionamiento de una bomba, análisis de fallas típicas en las mismas. Problemas de recirculación, cavitación, montaje inapropiados, resonancia estructurales y acústicas.

- i. Ventiladores y sopladores. Problemas mecánicos comunes. Problemas de resonancia. Ejemplos típicos.
- ii. Compresores dinámicos. Características de funcionamiento. Diferentes tipos de rotores. Fallas típicas en compresores centrífugos. Ejemplos.
- iii. Análisis de vibraciones típicas en turbinas de vapor.

#### *Unidad V*

Vibraciones en máquinas alternativas y piping. Introducción a la teoría de las pulsaciones en compresores alternativos. Fenómenos de resonancia acústica (velocidad, longitud de onda, ondas estacionarias, etc.). pulsaciones en cañerías (piping): Resonador de Helmholtz y filtros acústicos. Guías para el diseño de filtros de pulsaciones para compresores alternativos. Cálculos elementales de frecuencias naturales en problemas en cañerías. Algunos criterios simples aplicables a vibraciones en cañerías. Relación de las vibraciones con problemas de tensión y fatiga. Análisis de algunos problemas característicos en compresores alternativos (problemas de resonancia, de fundaciones, desalineación, etc.)

#### *Unidad VI*

Control de las vibraciones. Métodos de reducción de fuerzas y agregado de masas.





*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*

Sintonización. Teoría básica de los absorbedores de vibración. Ejemplos de diseño. Una introducción a la aislación y amortiguamiento: vibraciones forzadas, movimiento de la base, diferentes formas de amortiguación, materiales típicos utilizados, mecanismos de amortiguamiento estructura, interfaces amortiguadas, ejemplos de amortiguación típicas, selección de aisladores, amortiguación con materiales viscoelásticos, Ejemplos..

## **6. METODOLOGÍA**

Las estrategias de enseñanza que se priorizarán para el dictado del curso son clases teóricas, prácticas de laboratorio y prácticas a realizarse en un parque de máquinas industriales de empresas de la zona. A través de los trabajos que se propongan se pretende favorecer la capacidad de análisis y la resolución de problemas de los asistentes.

## **7. DURACIÓN**

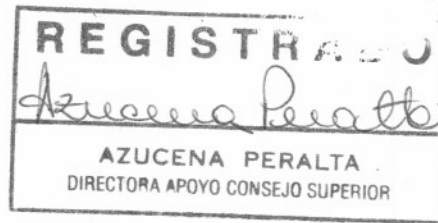
CUARENTA (40) horas; las cuales incluyen clases expositivas, estudio y análisis de casos.

## **8. PROMOCIÓN**

Asistencia, como mínimo, del OCHENTA por ciento (80%) de las clases teórico - prácticas dictadas y aprobación de la evaluación final del curso donde se deberá obtener un mínimo de siete puntos.



*Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología*  
*Universidad Tecnológica Nacional*  
*Rectorado*



ORDENANZA N° 1046

ANEXO II

**CURSO DE POSGRADO DE ACTUALIZACIÓN  
EN LA FACULTAD REGIONAL DELTA**

**"ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE VIBRACIONES MECÁNICAS"**

**Responsable Académico**

- Vicente Horacio LESCANO

Licenciado en Física. Instituto Balseiro. Centro Atómico Bariloche.

Doctor en Ciencias Físicas. Instituto Balseiro. Universidad Nacional de Cuyo

Jefe grupo Física Experimental de Reactores Nucleares. Comisión Nacional de Energía Atómica.

Investigador Categoría II.

Jefe del Grupo de Investigación Vibraciones Mecánicas. Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Facultad Regional Delta. Universidad Tecnológica Nacional.

-----