



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ANALÍTICO

DEPARTAMENTO: ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRICISTA

ASIGNATURA: TÉCNICAS PARA EL MANTENIMIENTO Y
DIAGNÓSTICO DE MÁQUINAS ROTATIVAS

CÓDIGO: 0464

AÑO ACADÉMICO: 2016

PLAN DE ESTUDIO: 2004

UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 2DO. CUATRIMESTRE DE 4TO. AÑO

ORIENTACIÓN: SISTEMAS ELECTRÓNICOS INDUSTRIALES
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA

DOCENTE A CARGO: Dr. Ing. Guillermo Bossio – Profesor Adjunto

EQUIPO DOCENTE: Dr. Ing. Cristian De Angelo – Profesor Adjunto
Dr. Ing. Pablo Donolo – Investigador Asistente CONICET
Dr. Ing. Carlos Pezzani – Ayudante de Primera.

RÉGIMEN DE ASIGNATURAS: (*)

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
0405	0459
-	0460

(*) Para cursar asignaturas de cuarto año en adelante se debe tener aprobado Inglés Nivel I y Nivel II

ASIGNACIÓN DE HORAS:

Semanales: 5
Totales → Teóricas: 45
 → Prácticas → Resolución de problemas: 15
 → Laboratorio: 15
 → Proyecto: -
 → Trabajo de campo: -

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Optativa



OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA:

A través de la integración de conocimientos de las materias básicas, se pretende:

1. Introducir al alumno en los procedimientos industriales para el mantenimiento predictivo y diagnóstico de fallas en máquinas rotativas.
2. Que el alumno se familiarice con las principales técnicas de procesamiento de señales e instrumentos electrónicos aplicables al diagnóstico de fallas en máquinas rotativas.
3. Que el alumno adquiera práctica en la realización de los principales ensayos para el diagnóstico de fallas eléctricas y mecánicas en máquinas y mecanismos.
4. Que el alumno sea capaz de interpretar los resultados obtenidos de los principales ensayos para el diagnóstico de fallas.

CONTENIDOS:

CAPITULO I – Principios básicos del mantenimiento industrial.

- Tipos de mantenimiento.
- Ventajas del monitoreo de condición (*condition monitoring*).
- Características del mantenimiento de las máquinas rotativas.
- Tipos de mantenimiento: principios básicos del mantenimiento predictivo.
- Clasificaciones del mantenimiento.
- Tipos de averías.
- Principios básicos del mantenimiento correctivo.
- Principios básicos del mantenimiento preventivo.
- Evolución del mantenimiento preventivo al predictivo.
- Principios básicos del mantenimiento predictivo.
- Forma de planteamiento y necesidades de un sistema de mantenimiento predictivo.
- Puesta en marcha de un sistema de mantenimiento predictivo.
- Opciones para la implantación del mantenimiento predictivo.

CAPITULO II – Fundamentos del funcionamiento de las Máquinas Rotativas.

- Las máquinas eléctricas rotativas.
 - Aspectos prácticos generales.
 - Clases de Servicio.
 - Clases de aislamiento.
 - Grados de protección.
 - Placa de características.
- Máquinas asíncronas o de inducción.
 - Principios de funcionamiento.
 - Constitución física de la máquina asíncrona.
 - Curvas características del comportamiento de la máquina asíncrona.
 - El mantenimiento de las máquinas asíncronas.
- Máquinas síncronas.
 - Principio general del funcionamiento.
 - Características constructivas.
 - Características específicas de mantenimiento.



Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Ingenieros

- Máquinas de corriente continua.
 - Principio general de funcionamiento.
 - El funcionamiento del colector.
 - Características constructivas.
 - Clasificación de las máquinas de corriente continua.
 - Características específicas de mantenimiento.

CAPITULO III – Tipos de Fallas más Comunes en las Máquinas Rotativas.

- Fallas más comunes en máquinas rotativas.
- Tipos de fallas que se pueden presentar.
 - Desbalance mecánico.
 - Fallas en los rodamientos.
 - Desalineación.
 - Fallas en engranajes.
 - Fallas en bombas y ventiladores.
 - Fallas en máquinas eléctricas.
 - Fallas en la simetría de los bobinados de estator.
 - Fallas en la simetría de los bobinados de rotor (jaula).
 - Paquetes de bobinas del estator.
 - Paquetes de bobinas del rotor (número de barras de la jaula).
 - Ranuras del estator.
 - Ranuras del rotor.
 - Saturación del núcleo magnético de la máquina.
 - Excentricidad de tipo estática.
 - Excentricidad de tipo dinámica.
 - Excentricidad combinada Estática—Dinámica.

CAPITULO IV - Herramientas y Métodos de Análisis.

- Transformación de sistemas de referencia.
- Análisis de secuencias.
- Análisis de señales:
 - Periodicidad de señales.
 - Señales armónicas.
 - Modulación de señales.
 - Modulación en frecuencia.
 - Modulación en amplitud.
- Transformada de Fourier.
 - Forma compleja de la transformada de Fourier.
 - Transformada Rápida de Fourier.
 - Propiedades y limitaciones de la transformada rápida de Fourier.
 - Número de datos necesarios.
- Filtrado analógico.
- Filtrado digital.
- Herramientas de Matlab™.

CAPITULO V - Equipamiento para Medición y Análisis.

- Elementos de medición.



- Analizadores y colectores de datos portátiles.
- Megóhmetro.
- Sistemas para el diagnóstico mediante termografía infrarroja.
- Transductores.
- Shunts, transformadores y sondas de corriente.
- Sondas de efecto Hall.
- Acelerómetros.
- Transductores de fuerza y par.
- Métodos de análisis.
- Tipos de datos.
- Teorema del muestreo.
- Ancho de banda.
- Rango.
- Almacenamiento.
- Número de datos necesarios.

CAPITULO VI - Diagnóstico mediante el análisis espectral de las vibraciones mecánicas.

- Vibraciones deterministas y aleatorias.
- Cinemática de los sistemas de un grado de libertad.
- Velocidad, aceleración y desplazamiento.
- Medida del movimiento vibratorio: amplitud, valor eficaz, valor medio.
- Dinámica de los sistemas vibratorios.
 - Respuesta libre.
 - Respuesta a una excitación periódica.
- Diagnóstico de maquinaria rotativa mediante el análisis de vibraciones.
 - Estudio de los fallos más característicos en elementos mecánicos de maquinaria rotativa.
 - Desequilibrio.
 - Desalineación.
 - Fallos en cojinetes.
 - Fallos en engranajes.
 - Vibraciones características de bombas y ventiladores.
- Aplicación del análisis espectral de vibraciones a la detección de fallos incipientes en motores de inducción.
 - Detección de asimetrías rotóricas.
 - Detección de excentricidad en el entrehierro.

CAPITULO VII - Diagnóstico mediante el análisis de las variables eléctricas.

- Espectro en frecuencia de la corriente.
- Análisis del vector corriente.
- Potencia activa instantánea.
- Medición de flujo axial.
- Análisis de Impedancia.
- Calidad de energía.
- Casos de estudio.



CAPITULO VIII – Software y Bases de Datos para el Seguimiento, Evaluación y Análisis de Fallas.

- Organización de la base de datos.
- Datos de los equipos.
- Puntos de medición.
- Creación de rutas de medición.
- Análisis de tendencia.
- Manejo de alarmas.
- Reportes.

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:

Se dictarán clases teóricas semanales de 3 (tres) horas, durante 15 semanas (un total de 45 hs), y el resto del tiempo disponible (hasta completar las 75 hs) se destinará a prácticas de laboratorio, proyectos y diseño. Las prácticas de laboratorio se realizarán en horarios a combinar entre los docentes y alumnos debido a la disponibilidad de equipamiento. Las prácticas de laboratorio, proyectos y diseño estarán ligadas con el trabajo final exigido como requisito para aprobar el curso, el que consistirán en la realización de trabajos de laboratorio, mediciones e implementaciones sobre equipamientos experimentales e industriales disponibles en los laboratorios del Grupo de Electrónica Aplicada (GEA). El trabajo final deberá integrar los conocimientos impartidos en el curso, mientras que la temática específica se determinará por consenso entre los docentes y el alumno o grupo de alumnos de hasta tres integrantes.

Para cada tema se hará la presentación del problema y discusión del mismo; luego se realizará la exposición de la teoría usada para resolverlo, casos, ejemplos, variaciones e inconvenientes.

Se exigirá la lectura de bibliografía obligatoria, básica, y se fomentará la lectura de bibliografía complementaria, y la discusión de los temas en clase.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN:

Se efectuará una evaluación individual, a través de un coloquio, sobre cada uno de los trabajos prácticos realizados. Se evaluará el trabajo final por medio de su informe y su exposición en un coloquio individual.

La nota final (N) del curso se determinarán de la siguiente manera:

$$N = (N_{tf} + N_p + N_c) / 3$$

donde: N_{tf} : (Nota del trabajo Final)
 N_p : (Nota de trabajos parciales)
 N_c : (Nota del coloquio)

Las notas implicarán: la regularización si cada una de las notas es igual o mayor que 5,00 y la promoción si el promedio de las notas es igual o mayor que 7,00 con ninguna por debajo de 6,00.



MODALIDAD DE EVALUACIÓN EN EXÁMENES FINALES

Alumnos Regulares

- Se efectuará una evaluación oral sobre los contenidos de la materia y sobre los trabajos prácticos realizados durante la cursada.
- La calificación del examen estará comprendida en una escala del cero al diez.

Alumnos Libres

- El alumno deberá realizar las prácticas de laboratorio que se desarrollaron durante el cursado.
- Posteriormente, se efectuará una evaluación oral sobre los contenidos de la materia y sobre los resultados de los prácticos de laboratorio realizados previamente.
- La calificación del examen estará comprendida en una escala del cero al diez.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

Temas / Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Capítulo I	■														
2. Capítulo II		■													
3. Capítulo III			■	■											
4. Capítulo IV					■	■									
5. Capítulo V							■								
6. Capítulo VI								■	■	■					
7. Capítulo VII											■	■	■		
8. Capítulo VIII															■
9. Trabajo Final				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Seminarios														■	■



BIBLIOGRAFÍA:

Título	Autor/s	Editorial	Año de Edición	Ejemplares Disponibles
<i>Técnicas Para el Mantenimiento y Diagnostico de Maquinas Eléctricas</i>	Cabanas, Manés ; García Melero, Manuel; Alonso Orcajo, Gonzalo	Marcombo	1998	---
<i>Electric Machines: Modeling, Condition Monitoring, and Fault Diagnosis</i>	<i>Toliyat, H. A., Nandi, S., Choi, S., & Meshgin-Kelk, H.</i>	CRC Press	2012	----
<i>Induction Motor Fault Diagnosis: Approach through Current Signature Analysis</i>	<i>Subrata Karmakar Surajit Chattopadhyay Madhuchhanda Mitra Samarjit Sengupta</i>	Springer Singapore	2016	
<i>Diagnóstico de Avarias em Motores de Indução Trifásicos</i>	Antonio João Marques Cardoso	Coimbra Editora	1991	---
<i>Handbook of Electric Motors</i>	Hamid A. Toliyat and Gerald B. Kliman	Marcel Dekker	2004	---
<i>Analysis of Electric Machinery</i>	Paul C. Krause, Oleg Wasynczuk and Scott D. Sudhoff	IEEE Press	1995	4
<i>Parameter Estimation, Condition Monitoring and Diagnosis of Electrical Machines</i>	Peter Vas	Clarendon Press	1993	---
<i>Mantenimiento Industrial. Organización, Gestión y Control</i>	Raimundo H. Gonzalez	Editorial Alsina	1984	1
<i>Condition Monitoring of Rotating Electrical Machines</i>	Peter J. Tavner, Li Ran, Jim Penman and Howard Sedding	IET	2008	1



Firma Docente Responsable



Firma Secretario Académico