

Planificación de la Cátedra- Ficha Curricular

Año: 2018 – Docente: Natalio Milardovich

Nombre: Máquinas Eléctricas
Departamento: Ingeniería Electromecánica
Nivel: 4to. Año
Dictado: Anual
Área: Electricidad y Electrónica
Carga horaria semanal: 5 horas
Carga horaria Anual: 160 horas
Profesor: Mg. Ing. Natalio Milardovich
Auxiliar: Ing. Juan Pisaco

1. Materias Correlativas

Para cursar
Cursadas: Electrotecnia
Aprobadas: Física II
Para Rendir
Aprobadas: Electrotecnia

2. Objetivos a alcanzar por el alumno

2.1 Objetivos Generales

a) Conocimiento y habilidades

Con el desarrollo de los temas tratados en la presente asignatura (Transformadores y Máquinas rotativas: Asíncronas, Síncronas, de Corriente Continua, de Corriente Alterna a colector y Especiales), se pretende que el alumno logre:

- I) Conocer la teoría de su funcionamiento.
- II) Conocer sus características de trabajo y elementos de cálculo vinculados con estas.
- III) Desarrollar capacidades para realizar ensayos.
- IV) Conocer sus características constructivas.
- V) Desarrollar criterios para seleccionar las Máquinas.

b) Integración del conocimiento

Con el desarrollo de la presente asignatura se pretende que el alumno logre:

- I) Encontrar significados prácticos de los aportes de asignaturas anteriores (Ej. Física: Teoría del campo magnético, Electrotécnia: Resolución de circuitos, Potencia, etc.).
- II) Tener visión de conjunto de las Máquinas y capacidad de análisis de sus componentes.
- III) Asociar conocimientos de distintas asignaturas de un mismo nivel que le permitan hallar soluciones a problemas planteados (Ej. En el caso de los ensayos, realizar las correcciones de los errores metodológicos a través de los conocimientos obtenidos en la cátedra de Mediciones Eléctricas).

IV) Establecer las bases para adquirir los nuevos conocimientos en las asignaturas del próximo año.

c) Hábitos y Actitudes

Con el desarrollo de la presente asignatura se pretende que el alumno logre:

I) Una expresión correcta y adecuada a un ingeniero.

II) La utilización de términos técnicos.

III) Adoptar un *método de razonamiento*¹ frente a la dificultad planteada que pase por:

* Observación de los hechos significativos.

* Planteamiento de una hipótesis para explicar los mismos.

* Deducir de las hipótesis consecuencias que puedan ser puestas a prueba.

IV) Trabajar en equipo.

V) Ser responsable y objetivo en el ejercicio de su profesión.

VI) Asociar los conocimientos, reflexionando sobre los mismos en una actitud interrogativa que lo impulse a investigar.

VII) Entender la importancia de una actualización permanente.

(1)Nota: Consideraciones y ejemplos sobre el método científico están claramente tratados en la Obra: La Perspectiva Científica Autor: Bertrand Russell, también es muy recomendable la lectura de: Metodología de la investigación Autores: Hernández Sampieri y Otros Ed: Mc Graw Hill y de libros que muestren la forma en que se progresa en ciencia, por ejemplo: La estructura de las revoluciones científicas. Autor: Thomas S. Kuhn, Ed: Impresora y encuadernadora Progreso S. A., primera reimpresión 2007.

2.2 Objetivos Específicos

A continuación se desarrollan los *objetivos específicos* (de conocimiento y habilidades, ordenados por unidades temáticas)

UNIDAD TEMÁTICA 1 (TRANSFORMADORES)

Objetivos:

Para estas máquinas se pretende que el alumno logre:

* Conocer su principio de funcionamiento y características constructivas.

* Conocer los elementos de cálculo vinculados con estas.

* Conocer su comportamiento en régimen permanente y durante el arranque.

* Aprender a determinar su circuito equivalente y manejar el mismo en forma hábil y segura.

* Conocer la relación entre sus parámetros de funcionamiento externo (S, V₁, V₂, I₁, I₂, pérdidas, etc.)

* Ser capaz de realizar ensayos que permitan determinar parámetros de las mismas, averías, etc.

* Ser capaz de interpretar y aplicar los datos de placa para resolver problemas planteados.

* Ser capaz de realizar conexiones para distintas formas de trabajo (Ej. en paralelo).

- * Ser capaz de seleccionar transformadores para distintas aplicaciones.

UNIDAD TEMÁTICA 2 (MÁQUINAS ASINCRÓNICAS)

Objetivos:

Para estas máquinas se pretende que el alumno logre:

- * Conocer su principio de funcionamiento y características constructivas.
- * Conocer los elementos de cálculo vinculados con estas.
- * Conocer los devanados típicos que se utilizan y la función específica que desempeñan.
- * Conocer su comportamiento en régimen permanente y durante el arranque.
- * Aprender a determinar su circuito equivalente y manejar el mismo en forma hábil y segura.
- * Conocer a la relación entre sus parámetros de funcionamiento (Peje, V_1 , I_1 , $\cos \phi$, Cupla, η , pérdidas, etc.)
- * Ser capaz de realizar ensayos que permitan determinar los parámetros de la misma, averías, etc.
- * Ser capaz de interpretar y aplicar los datos de placa para resolver problemas planteados.
- * Conocer las características de arranques por: variación de resistencia rotórica, estrella / triángulo, cambio del número de polos y variación de frecuencia.
- * Ser capaz de seleccionar máquinas de inducción para una aplicación determinada.

UNIDAD TEMÁTICA 3 (MÁQUINAS SINCRÓNICAS)

Objetivos:

Para estas máquinas se pretende que el alumno logre:

- * Conocer su principio de funcionamiento y características constructivas.
- * Conocer los elementos de cálculo vinculados con las mismas.
- * Conocer los devanados típicos que se utilizan y la función que desempeñan.
- * Conocer su comportamiento en régimen permanente y en condiciones transitorias.
- * Conocer la forma de implementar el arranque y puesta en paralelo.
- * Saber determinar sus diagramas fasoriales y realizar cálculos en forma hábil y segura a los efectos de poder determinar las relaciones entre Peje - Pelect. - I_{exc} - $\cos \phi$, etc.
- * Ser capaz de realizar ensayos que permitan determinar los parámetros y el comportamiento de la misma.
- * Ser capaz de interpretar y aplicar los datos de placa para resolver los problemas planteados.
- * Conocer las acciones a desarrollar sobre una máquina en paralelo con la red para cambiar su potencia activa o reactiva.
- * Ser capaz de seleccionar máquinas sincrónicas para una aplicación determinada.

UNIDAD TEMÁTICA 4 (MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA)

Objetivos:

Para estas máquinas se pretende que el alumno logre:

- * Conocer su principio de funcionamiento y características constructivas.
- * Conocer los elementos de cálculo vinculados con las mismas.
- * Conocer los devanados típicos que se utilizan y la función que desempeñan.
- * Conocer las características de funcionamiento y aplicaciones típicas según las conexiones (Ej. serie, derivación, etc.).
- * Conocer la relación entre sus parámetros de funcionamiento externo (Peje, n , V_1 , I_{arm} , I_{exc} , pérdidas, etc.).

- * Ser capaz de realizar ensayos que permitan determinar sus características de trabajo, parámetros eléctricos y detectar averías en la misma.
- * Ser capaz de interpretar y aplicar los datos de placa para resolver problemas planteados.
- * Ser capaz de realizar conexiones para distintas formas de trabajo (Ej. compuesta, derivación, etc.).
- * Ser capaz de calcular elementos que permitan modificar características externas de la máquina (Ej. velocidad) para determinadas condiciones de carga.
- * Ser capaz de calcular un bobinado de excitación que cambie el comportamiento de la máquina para una carga determinada.
- * Ser capaz de seleccionar máquinas de corriente continua para una aplicación determinada.

UNIDAD TEMÁTICA 5 (MÁQUINAS DE C.A. A COLECTOR Y ESPECIALES)

Objetivos:

Para estas máquinas se pretende que el alumno logre:

- * Conocer su principio de funcionamiento y características constructivas.
- * Conocer los elementos de cálculo vinculados con las mismas.
- * Conocer los devanados que utilizan y la función que desempeñan.
- * Conocer las características electromecánicas más importantes.
- * Conocer las aplicaciones típicas.
- * Ser capaz de realizar ensayos que permitan determinar características de trabajo y detectar averías en las mismas.
- * Ser capaz de interpretar los datos del fabricante.
- * Ser capaz de seleccionar máquinas para una aplicación determinada.

3. Programa Sintético (Ord. 1029)

Temas comunes a desarrollar para cada tipo de máquina:

- Descripción física y características constructivas.
- Teoría de funcionamiento a régimen permanente.
- Nociones de la dinámica de funcionamiento.
- Aplicaciones de los distintos tipos de máquinas.

Temas relevantes que deben ser tratados en cada máquina en particular:

- Transformadores monofásicos. Diagrama vectorial. Magnitudes reducidas. Circuito equivalente. Ensayos. Conexión en paralelo. Autotransformadores.
- Conexiones trifásicas de transformadores.
- Devanados de máquinas rotativas. Campo alterno y rotante.
- Máquinas polifásicas de inducción. Circuito equivalente, potencia y cupla. Arranque, variación de la velocidad.
- Motores monofásicos de inducción. Campo elíptico. Métodos de arranque.
- Generadores sincrónicos. Turboalternadores e hidroalternadores. Teoría del rotor cilíndrico. Curvas de funcionamiento. Teoría de las dos reacciones. Potencia de la

máquina sincrónica. Condiciones transitorias; cortocircuito. Sincronización y marcha en paralelo. Sistemas de excitación.

- Motores sincrónicos. Curvas características. Arranque. Motores de histéresis.
- Máquinas de corriente continua: excitación. Conmutación.
- Generadores de corriente continua. Curvas características.
- Motores de corriente continua. Curvas características. Arranque. Variación de la velocidad.
- Motores de corriente alterna a colector.
- Motores no convencionales. Motores a pasos. Motores lineales.

4. Programa Analítico

UNIDAD TEMÁTICA 1 (TRANSFORMADORES) - 55 horas.

Transformadores monofásicos. Principio de funcionamiento. Descripción física. Tipos y características constructivas. Diagrama fasorial. Relaciones fundamentales en régimen permanente. Magnitudes reducidas. Circuito equivalente. Pérdidas. Rendimiento. Bornes homólogos. Ensayos. Conexión en Paralelo. Transitorio de arranque. Autotransformadores. Estudio comparativo transformador - autotransformador. Bancos. Transformadores trifásicos. Descripción física. Tipos y características constructivas. Grupo. Índice. Características típicas de cada tipo de conexión. Puesta en paralelo. Transformador de triple devanado. Transformación de más de tres fases. Aplicaciones típicas y selección de transformadores.

UNIDAD TEMÁTICA 2 (MÁQUINAS ASINCRÓNICAS) - 40 horas.

Máquina polifásica de inducción. Principio de funcionamiento. Descripción física. Características constructivas. Campo rotante. Devanados. Diagrama fasorial. Magnitudes reducidas. Circuito equivalente. Comparación con el transformador. Relaciones fundamentales en régimen permanente. Características de funcionamiento como motor, generador, freno. Diagrama circular. Ensayos. Determinación de los parámetros del circuito equivalente. Determinación analítica y por diagrama circular de los parámetros eléctricos y mecánicos de la máquina: potencia, cupla, pérdidas, factor de potencia, deslizamiento, rendimiento, etc. Tipo de Rotores. Resistencia rotórica: influencia durante la marcha y el arranque. Arranque. Variación de la velocidad. Motores monofásicos de inducción, comparación con el motor polifásico. Campo rotante elíptico. Devanados. Métodos de arranque. Circuito equivalente. Aplicaciones típicas y selección de máquinas de inducción.

UNIDAD TEMÁTICA 3 (MÁQUINAS SINCRÓNICAS) - 35 horas.

Generadores sincrónicos. Principio de funcionamiento y características constructivas. Turboalternadores e hidroalternadores. Devanados, comparación con la máquina de inducción. Formas de onda. Relaciones en régimen permanente entre velocidad, frecuencia y f.e.m. Teoría del rotor cilíndrico. Reacción de inducido de máquina monofásica y polifásica. Diagrama fasorial. Curvas de funcionamiento. Rotor de polos salientes. Teoría de las dos reacciones. Potencia. Excitación. Análisis de condiciones transitorias, cortocircuito. Sincronización y funcionamiento en paralelo. Máquina conectada a una barra de potencia infinita. Compensación del factor de potencia. Sistemas de excitación. Ensayos. Motores sincrónicos. Curvas características.

Diagrama de Blondel. Arranque. Oscilaciones. Motores de histéresis. Aplicaciones típicas y selección de máquinas sincrónicas.

UNIDAD TEMÁTICA 4 (MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA) - 20 horas.

Máquinas de corriente continua. Principio de funcionamiento. Descripción física. Características constructivas. Devanados. Excitación. F.e.m. Circuito equivalente. Curva de magnetización. Reacción de inducido, Conmutación, Polos de conmutación, Devanado de compensación. Generadores. Excitación serie, derivación, compuesta. Curvas características de cada una. Motores. Excitación serie, derivación, compuesta. Curvas características de cada una. Arranque. Variación de la velocidad. Ecuaciones que relacionan los parámetros fundamentales de la máquina. Ensayos. Aplicaciones típicas y selección de máquinas de corriente continua.

UNIDAD TEMÁTICA 5 (MÁQUINAS DE C.A. A COLECTOR Y ESPECIALES) - 10 horas.

Motores de corriente alterna a colector. Principio de funcionamiento. Descripción física. Comparación con la máquina de corriente continua. Características constructivas. Devanados Ecuaciones. Diagrama fasorial. Par y velocidad. Conexiones. Motor universal. Motor de repulsión. Motores no convencionales. Motores paso a paso. Motores lineales. Teoría de funcionamiento. Descripción física. Ensayos. Aplicaciones típicas y selección de estas máquinas.

Nota: El presente programa está basado en la Ordenanza 1029 de 2005 y se encuentra ordenado por unidad temática con su respectiva carga horaria curricular.

5. Metodología a desarrollar en el proceso de enseñanza aprendizaje

5.1 Método de Enseñanza Seleccionado

Es difícil de establecer un único método para el desarrollo de todas las unidades temáticas, dado que involucran máquinas diferentes con enfoques particulares, y además en cada nuevo año hay grupos de alumnos con niveles de conocimiento y tipos de actividades por lo general distintas, de aquí la importancia de la experiencia docente para adecuarse a cada grupo. Sin embargo trataré de describir en forma breve la metodología general a seguir:

a) En cada Clase repasar los conceptos más importantes a los que se llegaron en la clase anterior, controlando por ejemplo a través de preguntas que los conceptos estén entendidos y claros, respondiendo las dudas que el alumno pueda tener sobre el tema y tratando de hacer una síntesis de lo aprendido y su articulación vertical con otras asignaturas.

b) En cada nuevo tema que se estudie se dará una descripción breve de los objetivos a cumplir, de manera de incentivar al alumno a aprender el tema que le permitirá solucionar determinados problemas que se le podrían presentar como profesional. En cada tema se subrayará los aspectos más importantes y su relación con temas anteriores proporcionando las demostraciones correspondientes y los modelos en que se basa el estudio de cada máquina.

Los ejemplos serán detallados y en cantidad suficiente como para fijar en el alumno las características y aplicaciones típicas de cada máquina. Los ejemplos resueltos serán por orden de dificultad creciente, proporcionando además problemas de apoyo resueltos, para los alumnos que consideren necesario realizar prácticas extras. Se insistirá en que el alumno resuelva los problemas y después compare su planteo y

resultado con la del ejercicio propuesto, de esta manera él mismo realiza una autoevaluación de su aprendizaje.

c) En esta cátedra se dedica una atención especial a las prácticas, dado que permitirá determinar visualmente y por lo tanto retener más fácilmente, las relaciones entre los parámetros eléctricos de una máquina (Ej. Transformador), o entre parámetros eléctricos y mecánicos (Ej. Máquina rotante), bajo una determinada condición de carga. Estos conceptos son aplicables en el momento en que se necesita verificar o elegir un equipamiento, de aquí la importancia de desarrollar una práctica intensiva y acorde con los desarrollos teóricos.

La resolución de problemas concretos y la participación de todos los estudiantes en los trabajos prácticos que se proponen desde la cátedra será condición indispensable para lograr la regularización de la asignatura.

Se tienen previsto visitas guiadas a empresas que facilitan la transferencia de conocimiento, al tomar contacto con grandes máquinas, observando sus detalles constructivos y su accionamiento in situ, por ejemplo realizar la puesta en paralelo con la red de un generador sincrónico de potencia importante en la central eléctrica de la Cooperativa Eléctrica de Venado Tuerto.

d) La Comprensión de cada tema será seguida con mucha atención por el responsable de la cátedra, por ejemplo teniendo muy en cuenta las respuestas del grupo a preguntas claves, la forma en que se desarrolla la práctica, etc.

Durante los controles de comprensión se darán explicaciones complementarias proporcionando un *feed-back*, tratando de asegurar la participación de todos los alumnos, pero respetando la forma de trabajo y deseos de participación de cada uno.

Se tratará de incentivar a los alumnos a que pregunten sobre cada tema, indicando que el docente estará siempre dispuesto a ayudar y a enseñar y que jamás pondrá en ridículo o tomará una represalia por una pregunta del alumno sobre el tema tratado.

Generar la confianza en el alumno para que consulte es una forma de conocer si los temas fueron aprendidos, y además si se siente cómodo en la clase.

e) En los puntos anteriores se da una idea global sobre el método seleccionado para el dictado de la asignatura y la forma de implementarlo, sin embargo no se debe dejar de destacar *estrategias pedagógicas complementarias* para lograr los efectos de transmisión del conocimiento buscado, tratando de dar explicaciones adaptadas de la mejor manera posible al nivel cognitivo de los que la reciben y matizando las explicaciones con imágenes y preguntas, por ejemplo, se comenta un problema técnico real a través de imágenes que fijan el mensaje, y se pide a los alumnos que elaboren una solución, de esta manera se está creando un compromiso personal en el alumno, una vez realizado esto se estudia con el grupo cada una de las respuestas y se sacan conclusiones de cual puede ser la más adecuada y porque.

Este tipo de aprendizaje en el que *se relaciona una imagen con una idea* permite retener el conocimiento adquirido con mayor facilidad, aún después de mucho tiempo. Efectivamente, la psicología demuestra que es más fácil recordar imágenes que palabras, las pruebas están a la vista, por ejemplo, la propaganda televisiva se recuerda más fácilmente después de un tiempo que la radial, de aquí la importancia del método audiovisual en la enseñanza de esta asignatura.

Se debe indicar además que esta cátedra suele trabajar habitualmente con el apoyo de una notebook (propiedad del docente) conectada a un cañón de proyección en la que se suelen mostrar resultados de programas de cálculo desarrollados especialmente en los últimos años, fotografías e información específica de esta asignatura, generalmente en PowerPoint, que luego es enviada a los alumnos vía email o google drive.

Otro aspecto importante que se debe remarcar es el uso de software que permite la simulación del comportamiento de distintas máquinas eléctricas. La cátedra desarrolla programas que permiten visualizar algunos comportamientos característicos de distintas máquinas. Estos programas son abiertos permitiendo que el alumno interactúe con ellos, así pues como ejemplo en el caso de una máquina asincrónica se obtienen las curvas de cupla - velocidad, en Matlab pero el alumno puede cambiar el valor de la resistencia adoptada para el rotor y observar el cambio en la posición de la cupla máxima.

El uso de este tipo de software, facilita la transferencia de conocimiento y minimiza el tiempo de exposición de cada tema.

5.2 Formación Práctica

Dado los objetivos generales (ver punto 2.1) y específicos (ver punto 2.2) y teniendo en cuenta las características de la asignatura, se puede deducir que el aspecto práctico es de fundamental importancia, por lo que se desarrollarán las actividades que se indican a continuación:

a) Trabajos Prácticos

Cada trabajo práctico se realizará en forma coordinada con el tema teórico, la armonía entre las clases teóricas y los trabajos prácticos son muy importantes dado que permiten la rápida fijación de los conceptos a través de la comprobación visual del fenómeno estudiado. El ámbito de realización de los trabajos prácticos (T. P.) es el laboratorio.

La lista de trabajos prácticos se encontrará a disposición de los alumnos para realizar cualquier consulta antes de la ejecución de los mismos.

Durante la realización de estos trabajos el docente guiará la ejecución de los mismos y permanentemente evaluará la comprensión del tema a través de preguntas a los alumnos.

A continuación, se indican las fechas tentativas de realización de los T.P. para el año 2018 (las fechas definitivas las fijará el docente a cargo de su ejecución (tratando de no realizar la misma en días previos a los exámenes).

Mayo y Junio: T. P. 1, Agosto: T. P. 2, Septiembre y Octubre: T. P. 3, y Octubre: T. P. 4. (Para mayor detalle ver punto 10)

El alumno tendrá conocimiento de las *fechas exactas en las que se realizarán las prácticas* por lo menos diez días antes de su realización, de manera de contar con el tiempo suficiente para realizar las consultas que crea conveniente.

Los trabajos serán grupales pero las presentaciones de los resultados serán individuales y estarán basadas en los siguientes lineamientos generales:

- * Introducción al tema y consideraciones teóricas.
- * Instrumentos a utilizar.
- * Indicación de los cálculos y mediciones a efectuar.
- * Obtención de resultados.
- * Elaboración de conclusiones.

Los alumnos deberán presentar los T. P. al docente auxiliar, y el mismo realizará una evaluación individual a través de un coloquio breve, a los efectos de determinar si el tema fue entendido en forma correcta.

Una parte de la última clase de cada año será destinada a atender consultas de los alumnos, buscando que todos participen y escuchen las preguntas de sus compañeros y las explicaciones del docente.

La realización y aprobación de los T. P. es un requisito necesario para obtener la regularidad de la asignatura. La Lista de Trabajos Prácticos se puede observar en el punto 13 del presente.

La formación práctica se encuentra dividida en los siguientes temas centrales.

- * Transformadores
- * Máquinas Asíncronas
- * Máquinas Síncronas
- * Máquinas de Corriente Continua

b) Resolución de Problemas

Los mismos serán analizados y resueltos en clase, tratando de dar una gran participación al alumno, buscando la resolución de los mismos en forma grupal con ayuda del docente e incentivando al estudiante a participar. La participación tanto con respuestas correctas como erróneas será importante, dado que se analizará grupalmente porque una respuesta es correcta o errónea, y de esta manera el docente realizará un seguimiento permanente que le permitirá evaluar la comprensión de cada tema.

Los problemas planteados reflejarán siempre situaciones reales, y serán ejecutados en forma coordinada con el tema teórico de manera tal que el alumno fije el concepto a través de la aplicación práctica.

El docente auxiliar de la asignatura preparará y entregará a los alumnos un conjunto de problemas de ejecución obligatoria en clase y otro (similar al anterior) de ejecución no obligatoria fuera de clase.

Cuando el software lo permita, los resultados de los problemas serán comparados con los obtenidos a través de la PC, de tal manera que el alumno adquiera habilidad en el manejo de esta herramienta que le facilitará su futuro trabajo profesional.

En la biblioteca de nuestra universidad existen PC que el estudiante puede utilizar para extender su práctica si lo considera conveniente.

Las siguientes son las actividades más importantes a desarrollar en la resolución de problemas:

1. Transformadores

- * Determinación de circuitos equivalentes de transformadores.
- * Cálculo de rendimiento para diversos estados de cargas.
- * Cálculo de regulación para diversos estados de carga.
- * Cálculos sobre puesta en paralelo de transformadores. Distribución de cargas.
- * Transformadores trifásicos. Determinación del índice. Diferentes conexiones.
- * Cálculos relacionados con la obtención de otros parámetros a partir de los datos de placa.
- * Selección de transformadores para distintas aplicaciones.

2. Máquinas Asíncronas

- * Obtención del circuito equivalente de la máquina asíncrona.
- * Construcción del Diagrama Circular (Diagrama de Heyland).
- * Determinación de valores de corrientes, cuplas, potencias, rendimientos, velocidades, factor de potencia, para diversos estados de carga utilizando el diagrama circular y el método analítico.
- * Cálculos relacionados con arranques de motores asíncronos.
- * Cálculos relacionados con la obtención de otros parámetros a partir de los datos de placa.
- * Seleccionar máquinas de inducción para una aplicación determinada.

3. Máquinas Síncronas

- * Determinación de diagramas fasoriales.
- * Cálculos de fuerzas electromotrices.
- * Determinación de la excitación para diversos estados de carga.
- * Determinación de la Regulación de Tensión de Alternadores.

- * Determinación de ángulos de carga para diversos estados de carga.
- * Cálculo de Peje. - Pelect. - Iexc. - $\cos \phi$, etc. (Utilización del Diagrama de Blondel).
- * Paralelo de Máquinas Síncronas.
- * Cálculos relacionados con la obtención de otros parámetros a partir de los datos de placa.
- * Seleccionar máquinas síncronas para una aplicación determinada.

4. Máquinas de Corriente Continua

- * Cálculo de velocidades, cuplas y corrientes para distintos estados de carga.
- * Diferentes arranques.
- * Análisis de una máquina de corriente continua, en configuración serie.
- * Análisis de una máquina de corriente continua, en configuración paralelo o shunt.
- * Análisis de una máquina de corriente continua, en configuración compuesta.
- * Cálculos relacionados con la obtención de otros parámetros a partir de los datos de placa.
- * Seleccionar máquinas de corriente continua para una aplicación determinada.

El total de las actividades prácticas indicadas, serán desarrolladas en forma anual dedicando a estas una carga horaria curricular total de 64 horas. Al final del año y a los efectos de poder regularizar la asignatura el alumno deberá presentar una carpeta con todos los problemas realizados en el año al docente auxiliar de la asignatura.

c) Visitas Guiadas

En estas visitas de estudio se realizarán observaciones y desarrollarán actividades en forma coordinada con el tema teórico, las mismas no serán obligatorias pero si convenientes para afianzar los conocimientos prácticos de las máquinas eléctricas.

Visita Nº 1 (Tiempo estimado en la empresa: 4 horas)

Esta previsto realizar una visita a una fábrica de equipamiento para redes de distribución y estaciones transformadoras (Ingeniería y Construcciones Electromecánicas S. A., ubicada en Pje. Arengreen Nº 5952 de la ciudad de Rosario u otra empresa de similares características) la presente queda supeditada a lo dispuesto por la gerencia de esta empresa. Estas actividades serán guiadas en forma coordinada por el titular de la presente asignatura y personal de la empresa.

La empresa mencionada tiene como principales actividades la reparación de transformadores de mediana y gran potencia, así como la fabricación de seccionadores y transformadores de tensión e intensidad para media tensión.

Se observarán los procesos de reparación paso a paso de transformadores (desmontaje del núcleo, fabricación de nuevas bobinas, instalación de las mismas, etc.) hasta llegar al producto terminado.

Se debatirán aspectos tales como las características técnicas del material empleado, detalles constructivos, etc.

Visita Nº 2 (Tiempo estimado en la empresa: 2 horas)

Se desarrollará en una Central Eléctrica (Cooperativa Eléctrica de Venado Tuerto) ubicada en calle Maipú y Ruta Nº 8, de la ciudad de Venado Tuerto.

El aspecto más importante de esta visita es la observación de detalles constructivos de un generador de potencia importante y el accionamiento del mismo consistente en:

- *Puesta en Marcha
- *Puesta en paralelo con la Red
- *Verificación de la relación: Potencia de la máquina primaria / Potencia activa
- *Verificación de la relación: Corriente de excitación / Potencia reactiva

Durante la visita se observarán máquinas desempeñando su función específica, así como los diversos materiales empleados en su construcción. Estas experiencias servirán para consolidar los conocimientos adquiridos.

Se debatirán aspectos tales como las características técnicas del material empleado, detalles constructivos, etc.

6. Recursos Didácticos

En lo referente a libros de texto, la biblioteca cuenta con una regular cantidad de ejemplares que permiten a los alumnos profundizar sus estudios tanto sobre aspectos teóricos como prácticos.

Con respecto a Internet se debe mencionar que los alumnos tienen la posibilidad de acceder desde la Universidad, lo que facilita la obtención de información técnica y la recepción de información enviada por el docente en forma digital.

Referente al aspecto informático se debe indicar que el docente cuenta con su propia notebook y la mayor parte de las clases se dictan con el apoyo de la misma y el correspondiente proyector, a continuación este material se remite vía correo electrónico o google drive al alumno, permitiéndole contar con mayor información que le facilitará la comprensión de los distintos temas, teniendo además la posibilidad de poder guardar esta información para futuras consultas.

El docente aporta ciertos recursos para mejorar la transferencia del conocimiento estos son generalmente provenientes de su propia actividad profesional, así por ejemplo a través de fotografías se pueden observar características específicas de máquinas eléctricas utilizadas habitualmente en la industria.

7. Metodología de evaluación

7.1 Evaluaciones

En esta asignatura se ofrecen al alumno dos exámenes parciales (que incluyen teoría y práctica), teniendo la posibilidad de un recuperatorio para cada uno de ellos (el detalle de las fechas puede observarse en el punto 10 de la presente planificación).

Si la calificación obtenida en cada uno de estos parciales o recuperatorios es superior a 8 (ocho), la asignatura se considerará aprobada.

Si la calificación en cada uno de los parciales o recuperatorios se ubica entre 6 (seis) y 8 (ocho) puntos, el alumno deberá realizar un examen final de tipo teórico para lograr aprobar esta materia.

Por último, si la calificación en cada uno de los parciales o recuperatorios es inferior a 6 (seis) solo podrá mantener la condición de “regular” (siempre que haya cumplido con las instancias que se indican en el punto 7.2) y para aprobar la asignatura deberá realizar un examen final de tipo teórico-práctico de la asignatura.

Los docentes realizan evaluaciones del aprendizaje durante las clases, a través de consultas al grupo de alumnos (respetando los deseos de participación de cada uno) a los efectos de conocer si los temas desarrollados fueron comprendidos correctamente por los alumnos. Luego, las respuestas de los estudiantes serán analizadas por el docente siguiendo los lineamientos generales que se exponen a continuación:

* Características de las respuestas de los alumnos a preguntas específicas del docente durante el desarrollo de cada tema en clases teóricas y prácticas.

* Participación en la solución de problemas y en la realización de los trabajos prácticos.

- * Aplicación de los conocimientos adquiridos provenientes de clases teóricas en la resolución de problemas y trabajos prácticos.
- * Participación en debates sobre observación de material didáctico o visitas a empresas.
- * Creatividad en el planteo de soluciones a problemas específicos.

7.2 Regularización

Para lograr la regularidad en esta asignatura el estudiante deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- A. Haber cumplido con la asistencia a clase según la planilla confeccionada por Bedelía.
- B. Haber realizado y presentado los problemas y trabajos prácticos y cumplir con la evaluación del docente auxiliar (ver fecha en punto 10).

Con respecto al punto A. se debe aclarar que el control de las asistencias es realizado por el bedel correspondiente.

Al finalizar el dictado de la asignatura el docente auxiliar deberá contar con la planilla de alumnos que cumplieron con la asistencia a clases.

Se indica que la fecha límite para que el alumno cumpla con las presentaciones necesarias para obtener la regularidad se ubica en el mes de marzo del año siguiente al cursado de la asignatura, según el calendario académico correspondiente.

7.3 Examen Final

Para los alumnos que en algunos de los exámenes parciales (o recuperatorios) obtuvieron calificaciones superiores a 6 (seis) puntos pero inferiores a 8 (ocho) puntos (sobre un máximo de diez puntos), deberán necesariamente cumplir con la instancia de un examen final.

En el examen final la mesa examinadora podrá solicitar al alumno:

- A. Desarrollos teóricos.
- B. Respuestas a preguntas conceptuales.

Para los alumnos que en algunos de los exámenes parciales (o recuperatorios) obtuvieron calificaciones menores a 6 (seis) puntos (sobre un máximo de diez puntos), o que no se hayan presentado a los mismos, pero lograron la regularidad de la asignatura cumpliendo con lo exigido en el punto 7.2 deberán necesariamente cumplir con la instancia de un examen final, en el cual la mesa examinadora podrá solicitar al alumno el cumplimiento de las instancias “A” y “B” indicadas anteriormente y de la siguiente (“C”)

- C. La resolución de problemas, de tipo similar a los realizados en clase

En todos los casos se busca que el alumno demuestre a los integrantes de la mesa examinadora que logró alcanzar los objetivos indicados en el punto 2 de la presente planificación.

8. Articulación con otras materias (horizontal y vertical)

Estas actividades son muy importantes. Se debe tener en cuenta que cuando el alumno resuelve problemas o realiza los trabajos prácticos se estará apoyando en conocimientos adquiridos en esta, pero también en otras asignaturas. Así, por ejemplo cuando se estudia el funcionamiento de las máquinas o se plantean y resuelven circuitos equivalentes de las mismas el alumno no solo se estará apoyando en principios aprendidos durante los cursos de Física II y Electrotecnia, sino que además encontrará importantes aplicaciones de los mismos. Desde este punto de vista "Máquinas Eléctricas" constituye una práctica avanzada de las asignaturas mencionadas anteriormente, por lo tanto se considera conveniente que las cátedras mencionadas también participen como "consultores" durante el presente proceso de aprendizaje.

Se tenderá a realizar la mayor articulación posible entre las asignaturas, así como ejemplo de articulación horizontal cuando durante un trabajo práctico se realizan mediciones (ensayo de rotor libre y bloqueado de una máquina asíncrona), estás tendrán un error dependiente del método empleado (error metodológico), que deberá ser evaluado de acuerdo con los métodos aprendidos en la asignatura Mediciones Eléctricas, a su vez la cátedra mencionada podrá utilizar estos como parte de sus trabajos prácticos en lo referente al tema "Error Metodológico", pero una visión global en lo referente a las máquinas eléctricas no se consigue solo con una articulación como la expuesta anteriormente sino que además debe existir un enlace transversal que relacione los aspectos mecánicos y térmicos, así durante el desarrollo de la asignatura se pondrá un énfasis especial en remarcar la importancia de comprender la máquina como un conjunto de fenómenos físicos interrelacionados (Eléctricos, Magnéticos, Térmicos y Mecánicos). Para lograr estos objetivos la carrera de ingeniería electromecánica dispone de un tronco integrador. La materia integradora de cuarto año es Elementos de Máquinas y esta es la asignatura que hace de nexo entre las distintas disciplinas. Teniendo en cuenta este aspecto, el docente auxiliar entregará a los alumnos una serie de problemas en los que se plantean distintas condiciones de funcionamiento de las máquinas rotativas de acuerdo con aplicaciones específicas, aquí el alumno tendrá la oportunidad de realizar las consultas que crea convenientes a las cátedras del área mecánica.

En el diseño de esta planificación se tuvieron en cuenta los temas específicos para que los alumnos al finalizar el presente curso se encuentren preparados para recibir los nuevos conocimientos correspondientes al último año de la carrera, así por ejemplo en la cátedra de Redes de Distribución e Instalaciones Eléctricas se tendrá la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos en el estudio del cortocircuito del generador sincrónico a la elección de los interruptores de protección correspondientes. A los efectos de concretar estos objetivos de integración el departamento de electromecánica coordina a través de reuniones con los docentes respectivos a los efectos de evitar inconvenientes relacionados con la superposición de temas o falta de contenidos.

9. Distribución Horaria

Teoría	Práctica			Total
	Formación experimental	Resolución de problemas abiertos de ingeniería	Actividades de proyecto y diseño	
96	18	46	-	160

10. Cronograma estimativo de cursado

Fecha	Tema a desarrollar (Teoría)
14-mar.	Unidad Temática 1 (Transformadores)
21-mar.	Unidad Temática 1 (Transformadores)
28-mar.	Unidad Temática 1 (Transformadores)
04-abr.	Unidad Temática 1 (Transformadores)
11-abr.	Unidad Temática 1 (Transformadores)
18-abr.	Unidad Temática 1 (Transformadores)
25-abr.	Unidad Temática 1 (Transformadores)
02-may.	Unidad Temática 1 (Transformadores)
09-may.	Unidad Temática 1 (Transformadores)
16-may.	MESA DE EXAMEN
23-may.	Unidad Temática 2 (Máquinas Asíncronicas)
30-may.	Unidad Temática 2 (Máquinas Asíncronicas)
06-jun.	Unidad Temática 2 (Máquinas Asíncronicas)
13-jun.	Unidad Temática 2 (Máquinas Asíncronicas)
20-jun.	FERIADO
27-jun.	Unidad Temática 2 (Máquinas Asíncronicas)
04-jul.	MESA DE EXAMEN
11-jul.	RECESO
18-jul.	RECESO
25-jul.	MESA DE EXAMEN
01-ago.	Unidad Temática 2 (Máquinas Asíncronicas)
08-ago.	Unidad Temática 2 (Máquinas Asíncronicas)
15-ago.	Unidad Temática 3 (Máquinas Síncronicas)
22-ago.	Unidad Temática 3 (Máquinas Síncronicas)
29-ago.	EXAMEN PARCIAL N° 1 y Unidad Temática 3 (Máquinas Síncronicas)
05-sep.	RECUPERATORIO PARCIAL N° 1 y Unidad Temática 3 (Máquinas Síncronicas)
12-sep.	MESA DE EXAMEN
19-sep.	Unidad Temática 3 (Máquinas Síncronicas)
26-sep.	Unidad Temática 3 (Máquinas Síncronicas)
03-oct.	Unidad Temática 3 (Máquinas Síncronicas)
10-oct.	Unidad Temática 4 (Máquinas de Corriente Continua)
17-oct.	Unidad Temática 4 (Máquinas de Corriente Continua)
24-oct.	Unidad Temática 4 (Máquinas de Corriente Continua)
31-oct.	Unidad Temática 4 (Máquinas de Corriente Continua)
07-nov.	EXAMEN PARCIAL N° 2 y Unidad Temática 5 (Máquinas de C. A. a Colector y Especiales)
14-nov.	Unidad Temática 5 (Máquinas de C. A. a Colector y Especiales) y RECUPERATORIO PARCIAL N° 2

Fecha	Tema a desarrollar (Práctica)
16-mar.	PRESENTACIÓN DE LA CÁTEDRA. CONDICIONES DE REGULARIZACIÓN. CONFECCIÓN DE BASES DE DATOS DE ALUMNOS PARA ENVÍO DE INFORMACIÓN.
23-mar.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS REFERENTES A TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS. PROBLEMA N° 1.
30-mar.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS REFERENTES A TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS. PROBLEMA N° 2.
06-abr.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS REFERENTES A TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS. PROBLEMA N° 4.
13-abr.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS REFERENTES A TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS. PROBLEMA N° 6.
20-abr.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS REFERENTES A PARALELO DE TRANSFORMADORES. PROBLEMA N° 2 CON PRESENTACIÓN (.PPT)
27-abr.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS REFERENTES A TRANSFORMADORES TRIFÁSICOS - DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE. PROBLEMA N° 5
04-may.	TP N° 1. ENSAYO DE UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.
11-may.	TP N° 1. ENSAYO DE UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.
18-may.	MESA DE EXAMEN
25-may.	FERIADO
01-jun.	TP N° 1. ENSAYO DE UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO.
08-jun.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS REFERENTES A MÁQUINAS ASINCRÓNICAS.
15-jun.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS REFERENTES A MÁQUINAS ASINCRÓNICAS.
22-jun.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS REFERENTES A MÁQUINAS ASINCRÓNICAS.
29-jun.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS REFERENTES A MÁQUINAS ASINCRÓNICAS.
06-jul.	1ERA. MESA DE EXAMEN TURNO JULIO.
13-jul.	RECESO.
20-jul.	RECESO.
27-jul.	2DA. MESA DE EXAMEN TURNO JULIO.
03-ago.	TP N° 2. ENSAYO DE UNA MÁQUINA ASINCRÓNICA TRIFÁSICA.
10-ago.	TP N° 2. ENSAYO DE UNA MÁQUINA ASINCRÓNICA TRIFÁSICA.
17-ago.	TP N° 2. ENSAYO DE UNA MÁQUINA ASINCRÓNICA TRIFÁSICA.
24-ago.	EVALUACIÓN PARCIAL N° 1
31-ago.	RECUPERATORIO EXAMEN PARCIAL N° 1
07-sep.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS REFERENTES A MÁQUINAS SINCRÓNICAS.
14-sep.	MESA DE EXAMEN.
21-sep.	FERIADO
28-sep.	TP N° 3. ENSAYO DE UNA MÁQUINA SINCRÓNICA
05-oct.	TP N° 3. ENSAYO DE UNA MÁQUINA SINCRÓNICA
12-oct.	TP N° 3. ENSAYO DE UNA MÁQUINA SINCRÓNICA
19-oct.	RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS REFERENTES A MÁQUINAS DE CORRIENTE CONTÍNUA
26-oct.	TP N° 4. ENSAYO DE UNA MÁQUINA DE CORRIENTE CONTÍNUA.
02-nov.	EVALUACIÓN PARCIAL N° 2
09-nov.	RECUPERATORIO EXAMEN PARCIAL N° 2
16-nov.	CONSULTAS Y REGULARIZACIÓN (2do. Recuperatorio de ser necesario)

11. Horario de consulta extracurricular

Completar:

Docente: Natalio Milardovich, atiende consultas todos los lunes de 18 a 21 horas en Laboratorio de Electricidad, por correo electrónico en forma permanente y por Whatsapp y Skype a acordar día y hora.

Docente: Juan Pablo Pisaco atiende consultas todos los lunes, en el Laboratorio de Máquinas Eléctricas, acordando previamente el horario y por correo electrónico en forma permanente.

12. Bibliografía

Detallar la bibliografía. En el caso de libros especificar el título, los autores, la editorial y el año de edición e indicar la disponibilidad en biblioteca o modo de acceso.

12.1 Básica - Textos

1. Chapman S., *Máquinas Eléctricas*, Mc. Graw Hill, 2007 (* 2005)
2. Wildi T., *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*, Pearson Educación, 6ta. ed. 2007 (* 2007)
3. Guru B. Hiziroglu H., *Máquinas Eléctricas y Transformadores*, Oxford, 1era. ed. 2006 (* 2006)
4. Rass E., *Transformadores de potencia de med. y protecc.*, Marcombo, 1985 (* 1985)
5. Fitzgerald A. Kingsley C. Jr. Umans S., *Máquinas Eléctricas*, McGraw-Hill, 2003 (* 2003)
6. Ivanov A. Molenski S., *Máquinas Eléctricas*, Mir, 1984 (* 1984)
7. Corrales Martin J., *Cálculo industrial de máquinas eléctricas* Tomo 1 y 2, Marcombo, 1982 (* 1982)
8. Siemens, *Constitución y funcionamiento del transformador*, Marcombo, 1990 (* 1990)
9. Siemens, *Generador y Motor*, Marcombo, 1990 (* 1990)

12.2 Complementaria

a) Textos

1. Langsdorf A., *Teoría de las Máquinas de Corriente Alterna*, Mc. Graw Hill., 1979 (* 1979)
2. Langsdorf A., *Principios de las Máquinas de Corriente Continua*, Mc. Graw Hill., 1979
3. MIT, *Circuitos Magnéticos y Transformadores*, Reverte.
4. Liwschitz Garik M. Whipple C., *Máquinas de Corriente Continua*, Cecsca.
5. Kostenko M. Piotrowsky L., *Máquinas Eléctricas*, MIR, 1979 (* 1968)
6. Cortes M., *Curso Moderno de Máquinas Rotativas*, Editores Técnicos Asociados S. A., 1976
7. Gray A., *Máquinas Eléctricas*, Eudeba 1977 (* 1972).
8. Conejo Navarro A. y Otros, *Circuitos Eléctricos para la Ingeniería*, McGraw-Hill, 2004. (* 2004)
9. Villoria J., *Motores Eléctricos – Aplicación Industrial*, Paraninfo 1991 (* 1992)
10. Ortega Gomez y Otros, *Problemas Resueltos de Máquinas Eléctricas*, Thomson, 2002 (* 2002)
11. Ubal N., *Máquinas e Instalaciones Eléctricas*, 2004 (* 2006)
12. Guirado T. y Otros, *Tecnología Eléctrica*, 2006 (* 2006)

b) Apuntes

Rodríguez Voltá M., *Teoría de las Máquinas Eléctricas* (* 1993)
J. Amigo J. Luciani F., *Motores Paso a Paso* (* 1999)

(* Última edición disponible en biblioteca)

c) Complementaria (otras fuentes de información)

Además de los libros mencionados existe una gran cantidad de información que se puede obtener a través de revistas especializadas en el área eléctrica. Dada la amplitud de esta información se indican solo a manera de ejemplo los siguientes:

* Megavatios N° 261 Octubre 2003

Título: Transformadores

Autor: VASILE & CÍA S.A.C.I.

* Megavatios N° 307 Noviembre 2006

Título: Técnicas de Mantenimiento Predictivo en Máquinas Eléctricas

Diagnóstico de Fallas en el Rotor de los motores de Inducción

Autor: Facultad de Ingeniería UNRC

* Megavatios N° 311 Octubre 2007

Título: Inspección de motores eléctricos

Autor: Viditec

También se debe mencionar que es importante para el alumno la lectura de las Normas IRAM solo como ejemplo se pueden mencionar los números 2018, 2099, 2276, 2471, 2112, 2104, 2008 y 2192, las mismas se pueden consultar a través de las PC de la biblioteca ya que existe un enlace con IRAM.

Además puede obtener mucha información útil en los catálogos de fabricantes de las principales marcas del mercado. Los catálogos son entregados por los representantes de estas marcas, pero actualmente la mayoría de ellos pueden ser obtenidos vía Internet, a continuación algunos de los sitios donde pueden obtenerse catálogos e información técnica:

* <http://www.tadeoczerweny.com.ar/>

* <https://www.siemens.com/global/en/home.html>

* http://www.weg.net/catalog/weg/MX/en/Electric-Motors/c/US_MT

* <http://www2.schneider-electric.com/documents/technical-publications/en/shared/electrical-engineering/electrical-know-how/low-voltage-minus-1kv/ect207.pdf>

* <http://new.abb.com/motors-generators/es>

* <http://old.weg.net/ar>

* <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-almacenaje-de-maquinas-electricas-girantes-de-mediano-porte-articulo-tecnico-espanol.pdf>

13. Guía de Trabajos Prácticos

Objetivos: Al inicio de cada trabajo práctico el docente repasará brevemente los conocimientos teóricos alcanzados e indicará los objetivos específicos que se pretenden lograr con la realización de los mismos. Estos se corresponden con los indicados en el punto 2 de la presente planificación.

Trabajo Práctico Nº 1

ENSAYO DE UN TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

Trabajo Práctico Nº 2

ENSAYO DE UN MOTOR ASINCRÓNICO TRIFÁSICO CON ROTOR EN CORTOCIRCUITO

Trabajo Práctico Nº 3

ENSAYO DE UN MOTOR SINCRÓNICO TRIFÁSICO

Trabajo Práctico Nº 4

ENSAYO DE UN MÁQUINA DE CORRIENTE CONTÍNUA

14. Anexo

Presentar de ser necesario....