



## **INSTITUTO UNIVERSITARIO JESÚS OBRERO**

### **PROGRAMA DE ESTUDIO**

<b>Unidad Curricular:</b> Electrotecnia III	
<b>Carrera:</b> Electrotecnia	
<b>Semestre:</b> Quinto	<b>Código:</b> ELE-565
<b>Horas Semanales:</b> 6	
<b>Horas Teóricas:</b> 4	<b>Horas Prácticas:</b> 2
<b>Unidades de Crédito:</b> 5	<b>Prelaciones:</b> ELE-465 / MAT - 432

## **PRESENTACION**

El programa de Electrotecnia III se ha elaborado de manera tal que brinde al alumno una instrucción sólida en el área específica de las máquinas de corriente alterna; en tal sentido los contenidos de los diferentes objetivos pretenden guiar al estudiante en la adquisición de los conceptos y habilidades necesarios para la correcta operación, instalación y reparación de este tipo de máquinas; profundizando a la vez en la comprensión física y matemática del fenómeno electromagnético que tiene lugar en ellas.

En el curso se produce una inter relación entre teoría y práctica, razón por la cual es necesario que el docente haga énfasis en el desarrollo de ejercicios adaptados a los diferentes tópicos, e implemente las prácticas de laboratorio necesarias para la correcta asimilación de los contenidos de la materia.

La materia como tal ofrece todos los conocimientos que se han de esperar de un técnico superior sobre las máquinas eléctricas de corriente alterna, con una justificación teórica de los métodos de prueba e instalación de tales máquinas.

## **PROPOSITOS**

Los propósitos de esta asignatura son:

- Introducir al alumno en el estudio de las máquinas de corriente alterna mediante un estudio detallado de los principios físicos de funcionamiento de las dos principales máquinas de corriente alterna, la máquina trifásica sincrónica y la máquina trifásica de Inducción..
- Facilitar la adquisición de conocimientos sobre las diferentes aplicaciones que tienen las Máquinas Eléctricas de Corriente Alterna.
- Propiciar el desarrollo de la capacidad de abstracción y generalización, así como también la formación de un individuo analítico, reflexivo y metódico.
- Preparar al estudiante para el cálculo e implementación de instalaciones eléctricas para máquinas de corriente alterna, en niveles bajos y medios de potencia.
- Extender los conocimientos de circuito magnético adquiridos en las materias Electrotecnia I y Electrotecnia II; aplicándolos a una configuración de campo rotante, como es la máquina de corriente alterna.
- Preparar un estudiante con los criterios necesarios para evaluar la adquisición de máquinas de corriente alterna.
- Formar un joven capaz de tener un aprendizaje autónomo que cada vez actualice sus conocimientos, resuelva las situaciones con creatividad, sepa trabajar en equipo, con capacidad de poner sus conocimientos al servicio de su comunidad, que busque siempre la excelencia y con una visión cristiana de la vida.

## **OBJETIVOS GENERALES**

- Capacitar al alumno en los conceptos, leyes y teoremas, por los cuales se rige el funcionamiento de las máquinas eléctricas de corriente alterna.
- Incrementar en el alumno la destreza técnica para la instalación, maniobra y control de las Máquinas Eléctricas de Corriente Alterna.
- Fortalecer los conocimientos básicos, pero sólidos de la electricidad, utilizando el pensamiento lógico, matemático, como herramienta para realizar inferencias y deducciones, organizar y relacionar información y resolver problemas.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Deducir las ecuaciones de campo magnético giratorio y de fuerza magnetomotriz en el entrehierro de las máquinas de corriente alterna.
- Aprender a estimar los factores de corrección para el cálculo de la Fuerza Electromotriz en el inducido de una máquina de corriente alterna.
- Comprender las ecuaciones que rigen el funcionamiento de la máquina sincrónica y de su reacción de inducido.
- Estudiar los diagramas de tensiones de la máquina sincrónica trifásica simétrica.
- Comprender las ecuaciones que rigen el funcionamiento del motor sincrónico.
- Analizar el funcionamiento de la máquina de inducción y deducir su circuito equivalente.
- Obtener una ecuación para el par en el motor de inducción y aprender a trazar su diagrama circular.

**OBJETIVO N° 1: Campo Magnético Giratorio. Fuerza magnetomotriz en el entrehierro de las máquinas de Corriente**

**Alterna:** Este objetivo plantea el concepto básico de la Fuerza Magnetomotriz rotante, enmarcándolo dentro del concepto físico de onda viajera y deduciéndolo a partir de la distribución de las ranuras en el estator de las máquinas de corriente alterna. Al lograr este objetivo el alumno estará en capacidad de representar gráficamente la distribución de la fuerza magnetomotriz en el entrehierro de una máquina de corriente alterna alimentada por corrientes trifásicas y tendrá una imagen clara de la forma en la cual se produce el campo magnético sincrónico en la máquina de corriente alterna.

<u>CONTENIDO</u>	<u>SEMANA</u>	<u>ACTIVIDADES DEL PROFESOR</u>	<u>ACTIVIDAD DEL ALUMNO</u>	<u>EVALUACION</u>
1. Introducción a los contenidos de la materia. Onda viajera unidimensional. 2. Estator de la máquina eléctrica fundamental de corriente alterna. 3. Estator de seis ranuras alimentado por un sistema trifásico de corrientes. 4. Gráfica de F.m.m. contra longitud desarrollada del entrehierro.. 5. Estator de una máquina general con un número cualquiera de pares de polos. 6. Transformación $w = \frac{1}{z}$ en el plano complejo. 7. Resumen	1	✓ Explicar el contenido de los temas. ✓ Mostrar en la pizarra los pasos a seguir para obtener la solución de los ejercicios. ✓ Resolver en la clase una serie de ejercicios que permitan fijar los conceptos presentados. ✓ Plantearle al alumno una serie de ejercicios acordes al objetivo desarrollado y hacerle seguimiento en la realización de los mismos. ✓ Aclarar las posibles dudas que se presenten.	✓ Preparar los contenidos teóricos que le permitan comprender con mayor facilidad las explicaciones del profesor. ✓ Resolver diversos ejercicios que le ayuden a fijar los conocimientos vistos.	✓ Este objetivo deberá evaluarse mediante la realización de una prueba escrita. Puede considerarse la posibilidad de evaluar juntos el objetivo 1 y el objetivo 2 en una sola prueba.
<b>RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE:</b> Pizarrón, tiza y ejercicios propuestos.				<b>VALOR DE LA EVALUACION</b>
<b>BIBLIOGRAFIA:</b> CHAPMAN, STEPHEN J. Máquinas Eléctricas. HAREL, CH. Máquinas Eléctricas.				<b>PESO:10%</b>
				<b>PONDERACIÓN: 50%</b>

**OBJETIVO N° 2:** Factores de corrección para el cálculo de la Fuerza Electromotriz en el inducido de una máquina de corriente Alterna. Este objetivo presenta el concepto de factores de corrección para el cálculo de la Fuerza electromotriz del inducido, como una alternativa al método de desarrollo en series de Fourier. Esto ofrece al estudiante mayor libertad para la identificación de los factores físicos que intervienen en la conformación de la onda de F.e.m. Al cumplir este objetivo el estudiante estará en capacidad de deducir la forma completa de la ecuación para la F.e.m. en el inducido de una máquina de corriente alterna.

<u>CONTENIDO</u>	<u>SEMANA</u>	<u>ACTIVIDADES DEL PROFESOR</u>	<u>ACTIVIDAD DEL ALUMNO</u>	<u>EVALUACION</u>
1. Introducción. F.e.m. en un conductor. 2. F.e.m. de una espira y de un devanado concentrado con paso entero. 3. F.e.m. de un devanado distribuido con paso entero. 4. F.e.m. de un devanado concentrado de paso reducido. 5. F.e.m. del devanado del inducido de una máquina de corriente alterna.	2-3	✓ Explicar el contenido de los temas. ✓ Presentar de manera clara y por medio de pasos justificados, la deducción de la ecuación que determina la Fuerza electromotriz en el inducido de la máquina de corriente alterna. ✓ . ✓ Aclarar las posibles dudas que se presenten. ✓ Elaborar la prueba escrita. ✓ Mostrar en la pizarra la solución de la prueba escrita.	✓ Consultar los textos recomendados por el profesor, estudiar los temas correspondientes al objetivo, presentar un trabajo escrito individual, ✓ Consultar con el profesor las dudas que se le presenten. ✓ Presentar una prueba escrita que forma parte de la evaluación del objetivo	✓ Este objetivo deberá evaluarse mediante la realización de una prueba escrita. Puede considerarse la posibilidad de evaluar juntos el objetivo 1 y el objetivo 2 en una sola prueba.
<b>RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE:</b> Pizarrón, tiza y ejercicios propuestos.				<b>VALOR DE LA EVALUACION</b>
<b>BIBLIOGRAFIA:</b> Irving L. KOSOW. Control de Máquinas Eléctricas. George McPherson. Introducción a las máquinas eléctricas y transformadores.				<b>PESO:15%</b>
				<b>PONDERACIÓN: 50%</b>

**OBJETIVO N° 3: La Máquina Sincrónica. Reacción de Inducido.** En este objetivo se desarrollan los importantes fenómenos físicos que se producen en el entrehierro de la máquina sincrónica trifásica y se estudia su influencia sobre la tensión generada. Al cumplir este objetivo, el estudiante tendrá una comprensión profunda de las ventajas y limitaciones que presenta la máquina sincrónica como generador, cuando se la compara con su más cercano competidor, el generador de corriente continua.

<u><b>CONTENIDO</b></u>	<u><b>SEMANA</b></u>	<u><b>ACTIVIDADES DEL PROFESOR</b></u>	<u><b>ACTIVIDAD DEL ALUMNO</b></u>	<u><b>EVALUACION</b></u>
1. Introducción. El fenómeno de la Reacción de Inducido en la máquina sincrónica trifásica con carga simétrica. 2. Reacción de Inducido en la máquina sincrónica de rotor liso. 3. Reacción de Inducido en la máquina sincrónica de polos salientes. Teoría de las dos reacciones. ✓ Reacción del Inducido por el eje longitudinal ✓ Reacción del Inducido por el eje transversal. ✓ Coeficiente de la Reacción del Inducido.	4-6	✓ Explicar el contenido de los temas. ✓ Mostrar en la pizarra los pasos a seguir para obtener la solución de los ejercicios. ✓ Plantearle al alumno una serie de ejercicios acordes al objetivo desarrollado y hacerle seguimiento en la realización de los mismos. ✓ Aclarar las posibles dudas que se presenten. ✓ Elaborar la prueba escrita. ✓ Mostrar en la pizarra la solución de la prueba escrita.	✓ Preparar los contenidos teóricos que le permitan comprender con mayor facilidad las explicaciones del profesor. ✓ Resolver diversos ejercicios que le ayuden a fijar los conocimientos vistos.	✓ Para evaluar el logro de la Unidad se recomienda la aplicación de una prueba escrita.
<b>RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE:</b> Pizarrón, tiza y ejercicios propuestos.				<b>VALOR DE LA EVALUACION</b>
<b>BIBLIOGRAFIA:</b> Irving L. KOSOW. Control de Máquinas Eléctricas. George McPherson. Introducción a las máquinas eléctricas y transformadores.				<b>PESO:15%</b>
				<b>PONDERACIÓN: 50%</b>

**OBJETIVO N° 4: Diagramas de Tensiones de la Máquina sincrónica Trifásica Simétrica.** Este objetivo constituye el núcleo del curso de las máquinas de Corriente alterna. Al cubrir el objetivo el estudiante tendrá una visión clara de la versatilidad de la máquina sincrónica y de su utilidad no sólo como generador, sino también como fuente de potencia reactiva, útil en la corrección del factor de potencia.

<u>CONTENIDO</u>	<u>SEMANA</u>	<u>ACTIVIDADES DEL PROFESOR</u>	<u>ACTIVIDAD DEL ALUMNO</u>	<u>EVALUACION</u>
1. Diagramas de F.e.m. y de Pothier de una máquina Sincrónica trifásica de rotor liso. 2. Diagrama de F.e.m. de una máquina sincrónica trifásica de polos salientes con carga simétrica. Diagrama de Blondel. 3. Diagrama de F.e.m en cortocircuito. 4. Determinación del aumento y la caída de tensión por medio de los diagramas de tensión.	7-8	✓ Explicar el contenido de los temas. ✓ Mostrar en la pizarra los pasos a seguir para obtener la solución de los ejercicios. ✓ Plantearle al alumno una serie de ejercicios acordes al objetivo desarrollado y hacerle seguimiento en la realización de los mismos. ✓ Aclarar las posibles dudas que se presenten. ✓ Elaborar la prueba escrita. ✓ Mostrar en la pizarra la solución de la prueba escrita.	✓ Preparar los contenidos teóricos que le permitan comprender con mayor facilidad las explicaciones del profesor. ✓ Resolver diversos ejercicios que le ayuden a fijar los conocimientos vistos.	✓ Para evaluar el logro de la Unidad se recomienda la aplicación de una prueba escrita.
<b>RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE:</b> Pizarrón, tiza y ejercicios propuestos.				<b>VALOR DE LA EVALUACION</b>
<b>BIBLIOGRAFIA:</b> Irving L. KOSOW. Control de Máquinas Eléctricas. George McPherson. Introducción a las máquinas eléctricas y transformadores.				<b>PESO:15%</b>
				<b>PONDERACIÓN: 50%</b>



**OBJETIVO N° 5: El Motor Sincrónico.** Este objetivo completa los conocimientos del estudiante sobre la máquina sincrónica. Al terminarlo, el estudiante entenderá claramente cuales son las desventajas que presenta la máquina sincrónica cuando funciona como motor, frente a su más fuerte competidor, el motor de inducción.

<u>CONTENIDO</u>	<u>SEMANA</u>	<u>ACTIVIDADES DEL PROFESOR</u>	<u>ACTIVIDAD DEL ALUMNO</u>	<u>EVALUACION</u>
1. Diagrama de tensiones de un motor sincrónico. 2. Características de funcionamiento de un motor sincrónico. 3. Métodos de arranque de un motor sincrónico. (a) Arranque por medio de un motor auxiliar. (b) Arranque por frecuencia. (c) Arranque asincrónico. Uso de un autotransformador.	9	✓ Explicar el contenido de los temas. ✓ Mostrar en la pizarra los pasos a seguir para obtener la solución de los ejercicios. ✓ Plantearle al alumno una serie de ejercicios acordes al objetivo desarrollado y hacerle seguimiento en la realización de los mismos. ✓ Aclarar las posibles dudas que se presenten. ✓ Elaborar la prueba escrita. ✓ Mostrar en la pizarra la solución de la prueba escrita.	✓ Preparar los contenidos teóricos que le permitan comprender con mayor facilidad las explicaciones del profesor. ✓ Resolver diversos ejercicios que le ayuden a fijar los conocimientos vistos.	Para evaluar el logro de la Unidad se recomienda la aplicación de una prueba escrita.
<b>RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE:</b> Pizarrón, tiza y ejercicios propuestos.				<b>VALOR DE LA EVALUACION</b>
<b>BIBLIOGRAFIA:</b> Irving L. KOSOW. Control de Máquinas Eléctricas. George McPherson. Introducción a las máquinas eléctricas y transformadores.				<b>PESO:10%</b>
				<b>PONDERACIÓN: 50%</b>

**OBJETIVO N° 6: La Máquina de Inducción Principio de Funcionamiento. Circuito Equivalente.** Este objetivo presenta la máquina de inducción. Al completarlo, el estudiante estará en capacidad de construir un circuito equivalente de la máquina de inducción, a partir de pruebas eléctricas que se realicen sobre ella.

<u>CONTENIDO</u>	<u>SEMANA</u>	<u>ACTIVIDADES DEL PROFESOR</u>	<u>ACTIVIDAD DEL ALUMNO</u>	<u>EVALUACION</u>
1. La máquina de Inducción trifásica con rotor fijo. 2. Cortocircuito en la máquina de inducción. 3. La máquina de inducción frenada bajo carga. 4. Ecuación de las f.e.m. del rotor y corriente del rotor. 5. Circuito equivalente de la máquina de inducción.	10-12	✓ Explicar el contenido de los temas. ✓ Mostrar en la pizarra los pasos a seguir para obtener la solución de los ejercicios. ✓ Plantearle al alumno una serie de ejercicios acordes al objetivo desarrollado y hacerle seguimiento en la realización de los mismos. ✓ Aclarar las posibles dudas que se presenten. ✓ Elaborar la prueba escrita. ✓ Mostrar en la pizarra la solución de la prueba escrita.	✓ Preparar los contenidos teóricos que le permitan comprender con mayor facilidad las explicaciones del profesor. ✓ Resolver diversos ejercicios que le ayuden a fijar los conocimientos vistos.	✓ Para evaluar el logro de la Unidad se recomienda la aplicación de una prueba escrita.
<b>RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE:</b> Pizarrón, tiza y ejercicios propuestos.				<b>VALOR DE LA EVALUACION</b>
<b>BIBLIOGRAFIA:</b> Irving L. KOSOW. Control de Máquinas Eléctricas. George McPherson. Introducción a las máquinas eléctricas y transformadores.				<b>PESO:20%</b>
				<b>PONDERACIÓN: 50%</b>

**OBJETIVO N° 7: Par en el Motor de Inducción. Diagrama Circular.** Al finalizar este objetivo el estudiante estará en capacidad deducir conclusiones rápidas sobre las características de funcionamiento de una máquina trifásica de inducción, a partir del trazado de su diagrama circular.

<u>CONTENIDO</u>	<u>SEMANA</u>	<u>ACTIVIDADES DEL PROFESOR</u>	<u>ACTIVIDAD DEL ALUMNO</u>	<u>EVALUACION</u>
1. Pares de rotación en una máquina de inducción. 2. Par electromagnético 3. Relación de dependencia entre el par y el deslizamiento. 4. Par de arranque en la máquina de inducción. 5. Relación de dependencia entre el par de la máquina y la resistencia óhmica del circuito del rotor. 6. Potencia mecánica máxima.	12-14	✓ Explicar el contenido de los temas. ✓ Mostrar en la pizarra los pasos a seguir para obtener la solución de los ejercicios. ✓ Plantearle al alumno una serie de ejercicios acordes al objetivo desarrollado y hacerle seguimiento en la realización de los mismos. ✓ Aclarar las posibles dudas que se presenten. ✓ Elaborar la prueba escrita. ✓ Mostrar en la pizarra la solución de la prueba escrita.	✓ Preparar los contenidos teóricos que le permitan comprender con mayor facilidad las explicaciones del profesor. ✓ Resolver diversos ejercicios que le ayuden a fijar los conocimientos vistos.	✓ Para evaluar el logro de la Unidad se recomienda la aplicación de una prueba escrita.
<b>RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE:</b> Pizarrón, tiza y ejercicios propuestos.				<b>VALOR DE LA EVALUACION</b>
<b>BIBLIOGRAFIA:</b> Irving L. KOSOW. Control de Máquinas Eléctricas. George McPherson. Introducción a las máquinas eléctricas y transformadores.				<b>PESO:20%</b>
				<b>PONDERACIÓN: 50%</b>

## **BIBLIOGRAFIA**

- CHAPMAN, Stephen J. Máquinas Eléctricas. Editorial McGraw Hill. Ediciones 2ª, 4ª, 5ª.
- KOSOV, Irving. Máquinas Eléctricas y Transformadores. Editorial Reverté, Barcelona España.
- KOSOV, Irving. Control de Máquinas Eléctricas. . Editorial Reverté, Barcelona España.
- KINGSLEY, KUSKO y FITZGERALD. Teoría y Análisis de las Máquinas Eléctricas.  
– Segunda edición, 1975, Editorial Hispano Europea, Barcelona España. Quinta Edición, Editorial McGraw Hill.
- CORTES HERTA, Manuel. Curso Moderno de Máquinas Eléctricas Rotativas. Editores Técnicos Asociados S. A. , 1970, Barcelona España.
- HINDMARRSH; J. Máquinas Eléctricas y sus Aplicaciones. Urmo Ediciones, Bilbao España, Primera Edición en Español, de la segunda edición inglesa. 1975.
- Código Eléctrico Nacional (CODELECTRA).
- Normas para Simbología Eléctrica (NORVEN, COVENIN, CODELECTRA).