



Carrera: Ingeniería Eléctrica				
Unidad Curricular: CONTROL DE MOTORES ELÉCTRICOS				Código: C13
Prelación: Control de Sistemas Lineales y Máquinas Sincrónicas				Condición: Obligatoria
HT: 3	HP: 1	HL: 2	HTI: 6	Créditos: 3
Ubicación: Décimo segundo Trimestre		Componente: Formación Profesional Específica		Fecha de Aprobación:

HT: Horas teóricas; HP: Horas Prácticas; HL: Horas de Laboratorio; HTI: Horas de Trabajo Independiente

I. JUSTIFICACIÓN

Los motores eléctricos son elementos indispensables en el desarrollo de la vida del ser humano. En sus diferentes usos y aplicaciones siempre es necesario realizar el control de velocidad y de potencia de dichas máquinas para que funcionen de forma armónica y automática. En este sentido, la unidad curricular Control de Motores Eléctricos aborda el estudio y aplicación de los elementos y técnicas de control y automatización como herramientas que permitan llevar a cabo el control de velocidad y potencia de los motores eléctricos, siendo esto imprescindible en la formación de profesionales expertos en el área de la Ingeniería Eléctrica.

Control de Motores Eléctricos es una unidad curricular teórico-práctica cuyo desarrollo se basa en competencias adquiridas y desarrolladas en unidades curriculares previas como lo son Transformadores, Máquina DC y de inducción, Máquinas Sincrónicas, Electrónica de Potencia y Control de Sistemas Lineales.

II. COMPETENCIAS GENÉRICAS Y ESPECÍFICAS A DESARROLLAR SEGÚN EL PERFIL

La unidad curricular contribuirá al desarrollo de las competencias genéricas y específicas del perfil de egreso que se indican a continuación.

GENÉRICAS	ESPECÍFICAS
-----------	-------------

G2. Comunicación eficaz oral y escrita. Comunica de manera clara y correcta ideas y opiniones en el idioma castellano, mediante la expresión oral, la escritura y los apoyos gráficos para un adecuado desempeño en entornos sociales y culturales diversos. G4. Ética, responsabilidad profesional y compromiso social.	E1. Realiza, ejecuta y evalúa proyectos de instalaciones eléctricas residenciales (unifamiliares y multifamiliares), industriales y comerciales, sistemas de distribución, subestaciones y líneas de transmisión de potencia eléctrica sustentado en conocimientos científicos, procedimientos técnicos, legales, socioeconómicos y financieros, las normas del Sector Eléctrico Nacional y de la empresa; preservando el medio ambiente.
Actúa con conciencia ética y cívica, en el	

contexto local, nacional y global, sustentado en principios y valores de justicia y defensa de los derechos fundamentales del hombre para dar respuesta oportuna a las necesidades que la sociedad le demanda como persona, ciudadano y profesional, estimando el impacto económico, social y ambiental de las soluciones propuestas. G5.Investigación. Aplica el conocimiento científico para comprender y resolver problemas del entorno, mediante la generación de conocimiento y con base en la evidencia. G6.Liderazgo y trabajo en equipo. Integra equipos de trabajo, ya sea realizando tareas de dirección o como un miembro más, con el propósito de desarrollar proyectos con un fin determinado, motivando y conduciendo hacia metas comunes. G8.Resolución de problemas. Identifica y plantea problemas del entorno para resolverlos con criterio y de forma efectiva, utilizando la lógica, los saberes adquiridos y herramientas organizadas adecuadamente. G10. Compromiso con la preservación del ambiente G11. Abstracción, análisis y síntesis. Delimita los elementos de un proyecto, diseño o problema para su análisis y posterior integración al todo.	E2. Administra el sector del Servicio Eléctrico Nacional, bajo su responsabilidad, con la finalidad de asegurar el abastecimiento regular de energía eléctrica en términos de eficiencia, calidad y economía. E6. Opera y controla equipos, instalaciones y sistemas de: conversión de energía, instrumentación, control y protección, electrónicos y de comunicaciones básicas, fundamentado en conocimientos científicos, normas y técnicas, para garantizar su funcionamiento continuo, así como la utilización y consumo de energía eléctrica y su optimización. E8. Identifica problemas en el área de la ingeniería eléctrica y busca su solución aplicando metodologías y técnicas propias de la investigación científica, divulgando los hallazgos con el interés de fortalecer la producción científica del país. E13. Diseña, simula, monta y realiza las pruebas del prototipo de los equipos y sistemas atendiendo las normas y estándares eléctricos vigentes, o se integra a equipos de trabajo interdisciplinarios para diseños más especializados, aplicando conocimientos del área y metodologías apropiadas, con el propósito de garantizar su correcto funcionamiento E14. Selecciona apropiadamente los elementos y equipos a utilizar tanto en un sistema eléctrico, como en las configuraciones básicas de sistemas de comunicaciones, para asegurar su efectividad.
---	--

III. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

Al finalizar con éxito la unidad curricular el estudiante:

RA1. Interpreta y usa la simbología de los diferentes componentes de un sistema de control de motores de cualquier naturaleza y describe claramente la operación de c/u de ellos en los circuitos de control y potencia para el análisis y síntesis de sistemas de control de motores eléctricos.

RA2. Entiende las variables de control/controladas, su interrelación y aplicación de sensores/actuadores de un sistema de control de motores eléctricos para el análisis y síntesis de sistemas de control de motores eléctricos en un rango amplio de aplicaciones prácticas.

RA3. Aplica la lógica cableada basada en relés al control de motores para el control de arranque, sentido de giro, frenado pasivo, avance gradual, control manual, control automático con sensores/actuadores y perfiles de operación programables de motores eléctricos.

RA4. Aplica los controladores lógicos programables al control de motores para el control de arranque, sentido de giro, frenado pasivo, avance gradual, control manual, control automático con sensores/actuadores y perfiles de operación programables de motores eléctricos.

RA5. Aplica los variadores de velocidad al control de motores para el control de arranque, sentido de giro, frenado pasivo, frenado regenerativo, control de velocidad, control manual, control automático con sensores/actuadores y perfiles de operación programables de motores eléctricos.

RA6. Usa las normas técnicas nacionales e internacionales en la evaluación y diseño de sistemas de control motores para garantizar un desempeño de calidad, confiable y seguro del control de motores eléctricos.

IV. CONTENIDOS

a. Resultados de Aprendizaje - Contenidos

RESULTADOS DE APRENDIZAJE	CONTENIDOS
--------------------------------------	-------------------

RA1. Interpreta y usa la simbología de los diferentes componentes de un sistema de control de motores de cualquier naturaleza y describe claramente la operación de c/u de ellos en los circuitos de control y potencia para el análisis y síntesis de sistemas de control de motores eléctricos.	Conceptuales: Sistema de control de motores. Elementos que componen un sistema de control de motores. Circuito de control. Circuito de potencia. Análisis de sistemas de control. Síntesis de sistemas de control. Simbología. Importancia de la simbología en la representación de sistemas de control de motores. Procedimentales: Elaboración de un diagrama de un sistema de control de motores usando la simbología establecida en estándares nacionales e internacionales. Análisis de un diagrama de sistemas de control de motores eléctricos. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de trabajar en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional. Espíritu crítico y autocrítico Curiosidad por el conocimiento nuevo. Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de
frenado pasivo, avance gradual, control manual, control automático con sensores/actuadores y perfiles de operación programables de motores eléctricos.	Síntesis y análisis de sistemas de control de motores basado en controladores lógicos programables. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de trabajar en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional. Espíritu crítico y autocrítico Curiosidad por el conocimiento nuevo. Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.

	fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.
RA2. Entiende las variables de control/controladas, su interrelación y aplicación de sensores/actuadores de un sistema de control de motores eléctricos para el análisis y síntesis de sistemas de control de motores eléctricos en un rango amplio de aplicaciones prácticas.	Conceptuales: Variables analógicas. Variables digitales. Variable de control. Variable controlada. Sensor. Actuador. Control en lazo abierto. Control en Lazo Cerrado. Controles servo-regulatorios. Control manual. Control automático. Control de arranque. Avance gradual (Jogging). Cambio de sentido de giro. Frenado. Control de Velocidad. Control de posición. Técnicas modernas de control de motores eléctricos. Procedimentales: Identificación de las variables de control y controladas en un sistema de control de motores eléctricos. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de trabajar en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional. Espíritu crítico y autocrítico. Curiosidad por el conocimiento nuevo. Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.
RA3. Aplica la lógica cableada basada en relés al control de motores para el control de arranque, sentido de giro, frenado pasivo, avance gradual, control manual, control automático con sensores/actuadores y perfiles de operación programables de motores eléctricos.	Conceptuales: Lógica digital. Lógica cableada. Establecimiento de funciones lógicas. Perfiles de operación. Sistema electromecánico. Control de motores eléctricos basado en relés. Procedimentales: Síntesis y análisis de sistemas de control de motores basado en relés. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de trabajar en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional. Espíritu crítico y autocrítico. Curiosidad por el conocimiento nuevo. Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.

RA4. Aplica los controladores lógicos programables al control de motores para el control de arranque, sentido de giro,	Conceptuales: Lógica digital. Controlador lógico programable (PLC). Programación de PLC. Perfiles de operación. Control de motores basado en PLC. Procedimentales:
RA5. Aplica los variadores de velocidad al control de motores para el control de arranque, sentido de giro, frenado pasivo, frenado regenerativo, control de velocidad, control manual, control automático con sensores/actuadores y perfiles de operación programables de motores eléctricos.	Conceptuales: Electrónica de potencia. Rectificador. Inversor. Enlace DC. Filtro. Variador de velocidad. Control voltaje/frecuencia. Control de motores basado en variadores de velocidad. Procedimentales: Síntesis y análisis de sistemas de control de motores basado en variadores de velocidad. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de trabajar en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional. Espíritu crítico y autocrítico Curiosidad por el conocimiento nuevo. Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.
RA6. Usa normas técnicas nacionales e internacionales en la evaluación y diseño de sistemas de control motores para garantizar un desempeño de calidad, confiable y seguro del control de motores eléctricos.	Conceptuales: Norma Técnica. Importancia de una norma. Desempeño de calidad. Confiabilidad. Seguridad. Procedimentales: Aplicación de las normas técnicas nacionales e internacionales para la evaluación y diseño de sistemas de control de motores eléctricos. Actitudinales: Criterios de análisis y rigurosidad en el desarrollo de problemas. Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de trabajar en equipo. Responsabilidad personal en la entrega de tareas y presentación de trabajos. Criterios para la búsqueda y análisis de información. Principios éticos en la vida universitaria y profesional. Espíritu crítico y autocrítico Curiosidad por el conocimiento nuevo. Criterios para el trabajo en equipo. Capacidad de aplicar principios de matemática y física en el entendimiento y descripción de

	fenómenos físicos. Disposición para el autoaprendizaje. Disposición para el trabajo metódico y eficiente.
--	---

b. Temario

UNIDAD/TEMA	CONTENIDO	HORAS
UNIDAD 1 - Generalidades Tema 1. Introducción	Unidades básicas y derivadas de motores eléctricos, motores de inducción y su clasificación, datos de placa de un motor y fórmulas eléctricas y mecánicas, características y modelado de las cargas mecánicas: carga de par lineal, carga de volado, carga de potencia constante, carga de par constante y carga compuestas, definiciones de proceso y control, control servo-regulatorio aplicado al control de motores, estándares venezolanos, estadounidenses y europeos relevantes al control de motores eléctricos.	4
Tema 2. Componentes de control, símbolos y diagramas	Generalidades sobre: componentes de un accionamiento eléctrico para el control de motores eléctricos. Simbología – normas venezolanas, americanas y europeas. Circuitos de potencia, circuitos de control, interfaz entre los circuitos de potencia y control. Interruptores y conmutadores manuales y automáticos. Señales. Cableados. Diagrama elemental o esquemático. Diagrama de conexión. Diagrama de conexión sin hilos. Diagrama de interconexión. Tipos de sistemas de control: manual, semiautomático, automático, remoto. El centro de control de motores.	9

UNIDAD 2 Control de Motores Eléctricos Tema 3. Control electromecánico basado en relés	Control de Arranque: Generalidades sobre arranque y arrancadores automáticos C.A. Arrancador magnético automático a plena tensión. Arranque con tensión reducida: con resistencia y reactancia, con autotransformador, con conexión estrellatriángulo. Arranque con bobinado fraccionado. Inversión de Giro: con pulsadores monopolares, con pulsadores bipolares, con dos contactores y con tres contactores. Avance Gradual: Avance gradual (Jogging): con interruptor de tres vías, con pulsador jogging de doble contacto y relé de control. Avance gradual de accionamiento reversible. Control de Frenado: Frenado dinámico (DB). Frenado a contracorriente (Plugging) no reversible. Reversible con pulsadores sencillos y dobles. Control de Velocidad: Motores de dos arrollamientos y dos velocidades. Motores de un arrollamiento y de dos velocidades. (Polos convencionales y consecuentes): a potencia constante, a par constante y a par variable. Casos de Estudio.	15
Tema 4. Control electromecánico basado en PLCs	Control de Arranque: Arranque con tensión reducida: con resistencia y reactancia, con autotransformador, con conexión estrella-triángulo. Arranque con bobinado fraccionado. Inversión de Giro: con pulsadores monopolares, con pulsadores bipolares, con dos contactores y con tres contactores.	12
	Avance Gradual: Avance gradual (Jogging): con interruptor de tres vías, con pulsador jogging de doble contacto y relé de control. Avance gradual de accionamiento reversible. Control de Frenado: Frenado dinámico (DB). Frenado a contracorriente (Plugging) no reversible. Reversible con pulsadores sencillos y dobles. Control de Velocidad: Motores de dos arrollamientos y dos velocidades. Motores de un arrollamiento y de dos velocidades. (Polos convencionales y consecuentes): a potencia constante, a par constante y a par variable. Casos de Estudio.	
Tema 5. Control electrónico basado en variadores de velocidad	Principio de funcionamiento de inversores monofásicos y trifásicos, tipos de inversores, tipos de conmutación, control PWM, principios básicos de control vectorial, selección del variador de velocidad, parámetros de programación del variador de velocidad, integración y gestión a sistemas SCADA, el centro del control del motores, importancia de la conexión a tierra. Casos de estudio.	24

UNIDAD 3 Tema 6. Tópicos adicionales	Control de posición, motores de paso, protección de motores eléctricos, lectura e interpretación de tableros de control, El plan básico de mantenimiento de motores eléctricos y centro de control.	8
---	---	---

c. Contenidos transversales

Liderazgo y trabajo en equipo. Desarrollo de habilidades para trabajos en grupo, tanto en tareas asignadas en la unidad curricular como en el desarrollo de prácticas en el laboratorio.

Lectura y comprensión de un segundo idioma. Desarrollo de habilidades para leer y comprender las especificaciones técnicas de los equipos y diagramas utilizados en la unidad curricular, específicamente en el idioma inglés.

V. REQUERIMIENTOS

Al iniciar las actividades de aprendizaje de la unidad curricular, por sus saberes aprendidos con anterioridad, el estudiante:

Conoce las partes físicas que constituyen un motor eléctrico.

Diferencia física y teóricamente entre motores de corriente alterna y corriente continua.

Identifica los tipos de motor acorde con sus características físicas y/o especificaciones.

Establece las características de funcionamiento tanto en régimen transitorio como en régimen permanente de los motores eléctricos.

Analiza el comportamiento de máquinas eléctricas en regímenes permanente y transitorio.

Entiende las partes fundamentales de un sistema de control.

Aplica sistemas de control lineales.

Planifica dispositivos y sistemas de electrónica de potencia.

Planifica de manera básica sistemas electromecánicos.

Entiende los conceptos básicos de movimiento circular en regímenes transitorio y permanente.

VI. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

Se utilizará una metodología de aprendizaje grupal inductiva-deductiva que requiere de la participación activa y constante de los estudiantes en la búsqueda, lectura y análisis de la información que facilite la integración de los aspectos teórico-prácticos así como el análisis y solución de problemas de la asignatura.

ACTIVIDAD	TÉCNICAS
-----------	----------

<i>Clases de Teoría</i>	Se impartirán en el aula, siendo la presencia del alumno necesaria para un aprendizaje adecuado y una formación óptima. La metodología se basa en clase expositiva centrada en el estudiante, con discusión socializada. Para el aprendizaje de los conceptos se utilizará lógica inductiva, invitando al estudiante mediante razonamiento analógico, a que construya una estructura formal de carácter universal que sirva como principio para la solución de muchos problemas.
<i>Clases de Problemas</i>	Estas clases se intercalarán en el desarrollo de la asignatura de la forma más conveniente para el aprendizaje, no habrá días previamente asignados para ello. La metodología se fundamenta en el trabajo colaborativo para la resolución de problemas. El estudiante utilizará lógica deductiva, con la cual a partir de principios y leyes fundamentales puede solucionar teórica y experimentalmente problemas relacionados con el estudio de las propiedades más relevantes del campo electromagnético.
<i>Tutorías</i>	Atención personalizada al alumno, presencial y a distancia. Son opcionales y recomendables para el aprendizaje de los alumnos que cursan regularmente la asignatura y asistan a las clases.
<i>Prácticas</i>	En equipo o individualmente, los estudiantes realizarán: problemas, trabajos escritos y prácticos, diseño y elaboración de programas con computador para la solución de problemas.

VII. SISTEMA DE EVALUACIÓN

<i>Tema</i>	<i>Indicador de Logro</i>	<i>Resultado de Aprendizaje</i>	<i>Evidencias de Aprendizaje</i>
1 y 2	Interpretación y uso la simbología de los diferentes componentes de un sistema de control de motores de cualquier naturaleza y descripción clara la operación de c/u de ellos en los circuitos de control y potencia para el análisis y síntesis de sistemas de control de motores eléctricos. Entendimiento de las variables de control/controladas, su interrelación y aplicación de sensores/actuadores de un sistema de control de motores eléctricos para el análisis y síntesis de sistemas de control de motores eléctricos en un rango amplio de aplicaciones prácticas.	RA1 y RA2	Prueba Escrita
3 y 4	Aplicación de la lógica cableada basada en relés al control de motores para el control de arranque, sentido de giro, frenado pasivo, avance gradual,	RA1, RA2, RA3 y RA6	Prueba Escrita

	control manual, control automático con sensores/actuadores y perfiles de operación programables de motores eléctricos.		
4 y 5	Aplicación de los controladores lógicos programables al control de motores para el control de arranque, sentido de giro, frenado pasivo, avance gradual, control manual, control automático con sensores/actuadores y perfiles de operación programables de motores eléctricos. Aplicación de los variadores de velocidad al control de motores para el control de arranque, sentido de giro, frenado pasivo, frenado regenerativo, control de velocidad, control manual, control automático con sensores/actuadores y perfiles de operación programables de motores eléctricos.	Todos	Prueba Escrita
Todos	Todas las anteriores	Todos	Informes de Laboratorio
Todos	Todas las anteriores	Todos	Proyecto Final

VIII. RECURSOS

Recursos didácticos requeridos son: pizarra, tiza o marcadores, tablet o computador portátil, proyector, experimentos demostrativos.

Recursos de infraestructura: aula con facilidades para la proyección.

IX. FUENTES DE INFORMACIÓN

Básicas

González, Jaime. Apuntes de Control de Motores, ULA.

Walter N. Alerich. Electric Motor Control. Editorial VNR. New York G.W.

Heumann: Control Electromagnético de Motores Industriales. Editorial Reverté S.A. D. B.

Harwood: Control of Electric Motors. Editorial John Wiley & Sons New York.

Complementarias

R.A. Millermastes: Harwood's Control of Electric Motors. Editorial Wiley Interscience, N.Y.

R.S. Ramshaw: Power Electronics. Thyristor Controlled Power for electronics motors. Chapman y Hall. London 1982

Charles S. Siskind . Sistemas industriales de regulación eléctrica. II Edición. Editorial Labor. Caracas. L.

Kosow. Control de Maquinas Eléctricas. Editorial Reverté S.A. Caracas.

R.L. M.C. Intyre: Control de Motores Eléctricos. II Edición. Editorial Marcombo S.A. Barcelona (España).

H. Lilen: Tiristores y Triacs. Marcombo, México. 1984

Sitios web

<http://www.serbi.ula.ve/>

<http://ieeexplore.ieee.org/>

<https://ocw.mit.edu/index.htm>

X. PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Práctica 1. Componentes de control, símbolos y diagramas.

Resultado de Aprendizaje:

- Identifica la simbología de los diferentes componentes de un sistema de control de motores.

Práctica 2. Control electromecánico basado en relés.

Resultado de Aprendizaje:

- Identifica las variables en un control de motor y la aplica en un control de motor basado en relé

Práctica 3. Control electromecánico basado en PLCs – primera parte.

Resultado de Aprendizaje:

- Identifica las variables para el control de arranque, giro, frenado pasivo y la aplica en un control basado en PLC

Práctica 4. Control electromecánico basado en PLCs – segunda parte.

Resultado de Aprendizaje:

- Identifica las variables para el control manual, automático con sensores y actuadores y la aplica en un control basado en PLC

Práctica 5. Control electrónico basado en variadores de velocidad – primera parte.

Resultado de Aprendizaje:

- Identifica las variables para el control de arranque, giro, frenado regenerativo y la aplica en un control basado en variadores de velocidad

Práctica 6. Control electrónico basado en variadores de velocidad – segunda parte.

Resultado de Aprendizaje:

- Identifica las variables para el control manual, automático con sensores y actuadores y la aplica en un control basado en variadores de velocidad