Universidad de Navarra

Sistemas Eléctricos II (Ing.Gr.)

Guía docente 2026-27

PRESENTACIÓN

Breve descripción:

En esta asignatura nos centraremos en estudiar los distintos tipos de máquinas eléctricas más habituales que nos podemos encontrar en las distintas aplicaciones industriales, desde las más sofísiticas como puede ser la aeronáutica y automoción, hasta las más tradicionales como la industria pesada y la generación hidráulica.

Titulación (Módulo/Materia):

- Ingeniería Eléctrica (Bloque Especializado de electricidad/Energía)

Detalles:

- **ECTS**: 6 ECTS
- **Curso, semestre**: 3.º curso, 2.º semestre
- **Carácter**: Obligatorio
- **Idioma**: Castellano

Profesores de la asignatura:

- Elosegui Simón, Ibon/Profesor titular
- Macayo Redondo, José Francisco/Colaborador docente
- Prieto Rocandio, Borja/Profesor colaborador

RESULTADOS DE APRENDIZAJE (Competencias)

INGENIERÍA ELÉCTRICA

CE19 - Capacidad para el cálculo y diseño de máquinas eléctricas.

CE24 - Conocimiento sobre sistemas eléctricos de potencia y sus aplicaciones.

PROGRAMA

Máquinas Estáticas: Circuitos Magnéticos y Transformadores

Circuitos Magnéticos en Corriente Alterna

Ecuaciones Fundamentales. Circuitos Magnéticos. Saturación. Ondas de Flujo y de Corriente en AC: Circuito Equivalente de una Bobina con Hierro.

Transformadores Monofásicos

Flujos en un circuito con dos bobinados. Determinación de Parámetros del Circuito Equivalente. Funcionamiento del Transformador. Autotransformador.

Bancos y Transformadores Trifásicos

Bancos y Transformadores Trifásicos. Relación de Transformación. Grupos de Conexión en Paralelo. Transformadores Trifásicos. Funcionamiento.

Máquinas Eléctricas Rotativas

Generalidades sobre Máquinas Rotativas

Balances de Energía y Ecuaciones Fundamentales. Estructura y Constitución Físicas. Estructura y Constitución Eléctrica. Estructura y Constitución Magnética. Tipos de Máquinas Eléctricas. Fuerzas Magnetomotrices, Inducciones y Flujos en bobinados.

Máquinas Síncronas

Introducción. Principio de funcionamiento. Esquemas Equivalentes. Máquina de Polos Lisos. Máquina de Polos Salientes. Curvas Características. Funcionamiento como generador. Funcionamiento como Motor.

Máquinas de Inducción

Principio de Funcionamiento. Esquema Equivalente. Determinación de Parámetros del Esquema Equivalente. Curvas Par-Velocidad. Arranque. Control de la Velocidad. Máquinas Monofásicas.

Máquinas de Corriente Continua

Introducción. Esquemas Equivalentes: Máquina Serie. Máquina Paralelo. Máquina Compound o Compuesta. Funcionamiento como Motor: Motor de Excitación Independiente. Motor Serie. Motor Paralelo. Generador CC. Control de la velocidad.

Selección de Máquinas - Accionamientos

Aplicación de máquinas para generación y transmisión de energía. Tracción eléctrica. Curvas características y funcionamiento motor-carga. Acoplamientos: reductores, etc.

Armónicos

Armónicos en Redes Eléctricas

Cargas no lineales. Calidad de onda. Distorsión armónica. Causas y efectos negativos de los armónicos. Soluciones.

PROGRAM

Static Machines: Magnetic Circuits and Transformers

Alternating Current Magnetic Circuits

Fundamental Equations. Magnetic Circuits. Saturation. AC Current and Flux Waves: Equivalent Circuit of a Coil with Iron.

Single Phase Transformers

Fluxes in a circuit with two windings. Determination of Equivalent Circuit Parameters. Transformer Operation. Autotransformer.

Three-Phase Banks and Transformers

Three-phase Banks and Transformers. Transformer Ratio. Parallel Connection Groups. Three-phase transformers. Operation.

Rotating Electrical Machines

General Overview of Rotating Machines

Universidad de Navarra

Energy Balances and Fundamental Equations. Physical Structure and Constitution. Electrical Structure and Constitution. Magnetic Structure and Constitution. Types of Electrical Machines Magnetomotive Forces, Inductions and Fluxes in windings.

Synchronous Machines

Introduction. Principle of operation. Equivalent Schemes. Smooth Pole Machine. Salient Pole Machine. Characteristic curves. Operation as a generator. Operation as a Motor.

Induction Machines

Principle of Operation. Equivalent Scheme. Determination of Equivalent Scheme Parameters. Torque-Speed Curves. Starting. Speed Control. Single Phase Machines.

Direct Current Machines

Introduction. Equivalent Schemes: Series Machine. Parallel Machine. Compound Machine. Operation as a Motor: Independent Excitation Motor. Series Motor. Parallel Motor. DC Generator. Speed control.

Drive Selection

Application of machines for power generation and transmission. Electric traction. Characteristic curves and motor-load operation. Couplings: gearboxes, etc.

Harmonics

Harmonics in Electrical Networks

Non-linear loads. Wave quality. Harmonic distortion. Causes and negative effects of harmonics. Solutions.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

Actividades Formativas

La **dedicación de 150-180 horas** (6 ECTS) se divide en las siguientes actividades formativas:

- Lecciones presenciales: 51 horas
- Prácticas de Laboratorio: 14 horas
- Visitas y charlas: 8 horas
- Estudio personal del alumno: 80
- Trabajo en Grupo: 5
- Tutorías: 2 horas
- Evaluación: 5 horas

Explicación de las distintas Actividades Formativas

El **objetivo fundamental** de esta asignatura es que el alumno comprenda y aplique los conceptos de la Teoría de Circuitos en modelos de los elementos eléctricos más comunes en la industria. Es la aplicación práctica de la Electrotecnia Industrial.

El **contenido de la asignatura** está dividido en dos partes fundamentales:

- **Estudio de las Máquinas Eléctricas Estáticas:** se trabajarán los conceptos fundamentales del Electromagnetismo aplicándolos al análisis de las máquinas eléctricas estáticas, concretando en el estudio del funcionamiento de los Transformadores.
- **Estudio de las Máquinas Eléctricas Rotativas:** se estudiarán las Máquinas Síncronas, el Motor Asíncrono y las Máquinas CC.

- Adicionalmente, se analizará brevemente el funcionamiento de las redes y sistemas eléctricos en el caso de **armónicos**.

El **contenido de la asignatura** se llevará a cabo a través de Lecciones Magistrales y Prácticas de Laboratorio.

Lecciones Magistrales

Las lecciones magistrales se dividirán en:

- **Clases teóricas** en las que se explicarán los conceptos teóricos de la asignatura.
- **Resolución de problemas** en las que se resolverán los ejercicios correspondientes a los temas explicados.

Prácticas de Laboratorio

Se realizarán una serie de sesiones y de Prácticas de Laboratorio.

- **Sesiones prácticas:**
  - Sesión 1: Funcionamiento de las bobinas con distintos tipos de núcleos.
  - Sesión 2: Funcionamiento de máquinas simples didácticas.
  - Sesión 3: Arranque de motores.
- **Prácticas de Laboratorio en grupos de dos alumnos:**
  - Práctica 1: Transformadores.
  - Práctica 2: Máquinas Síncronas.
  - Práctica 3: Motores de Asíncronas o de Inducción.
  - Práctica 4: Máquinas de Corriente Contínua.
  - Práctica 5: Armónicos.

Los **guiones de las prácticas se pueden conseguir en** la página de *DOCUMENTACIÓN - Practicas-Guiones*. **Es muy importante** que se lean el guión antes de acudir a las prácticas. Antes de la fecha de comienzo de cada práctica, se comentará someramente el contenido y la finalidad en clase.

En el trabajo realizado en el laboratorio se podrán utilizar los apuntes de la asignatura.

El desarrollo teórico principal de la práctica y todas las expresiones matemáticas necesarias para calcular parámetros u obtener resultados están en el guion de la práctica de laboratorio que ustedes han podido consultar de antemano (tabla anterior).

Visitas y Charlas

Este año tendremos una visita a la planta de fabricación de **ABB** en Oiartzun y una charla sobre Seguridad de Máquinas Eléctricas que impartirán técnicos de ABB en horario de clase.

Estudio personal del alumno

Tiempo dedicado al estudio de la asignatura y la preparación de las distintas actividades formativas.

Información sobre Exámenes

Para la realización de los exámenes no se podrá llevar ningún tipo de apunte ni resumen.

Así mismo, no se permitirá el uso de calculadores programables.

Exámenes de Cursos Anteriores

En la página de "DOCUMENTACION - Exámenes" se ofrecen los exámenes de cursos anteriores.

Conocimientos que se adquirirán

- Los conocimientos de la asignatura serán de utilidad en el ejercicio profesional en empresas eléctricas, auxiliares, mantenimiento, etc.
- Circuitos Magnéticos en CC y CA: Modelo en régimen permanente de CA y CC de bobinas con núcleo de hierro.
- Transformadores.
- Generalidades sobre Máquinas Rotativas: Balances de Energía y Ecuaciones Fundamentales. Estructura y Constitución.
- Máquinas Síncronas.
- Máquinas de Inducción.
- Máquinas de Corriente Continua.

Conocimientos previos requeridos

- Circuitos en régimen permanente CC y CA.
- Leyes básicas del Electromagnetismo.
- Operación y manejo de los números complejos.
- Conocimientos avanzados de Circuitos.

Asignaturas complementarias

- Física.
- Electrotecnia.
- Sistemas Eléctricos.

Asignaturas Coordinadas

- Física.
- Electrotecnia.
- Energías Renovables.
- Sistemas Eléctricos.
- Accionamientos Eléctricos.
- Instalaciones Eléctricas.

EVALUACIÓN

Convocatoria Ordinaria

Puntuación de la Asignatura

La puntuación de la asignatura será repartirá entre los siguientes trabajos / exámenes:

- **Prácticas de Laboratorio: 1 punto**.
  - Se deberán realizar todas las prácticas de Laboratorio y, al final de las mismas, entregar un informe de dichas prácticas y responder a un cuestionario correspondiente a la práctica realizada. Se obtendrá el punto de esta parte cuando se lleve a cabo de manera satisfactoria todas las prácticas, se entrege el informe y se responda correctamente al cuestionario.
- **Trabajo de investigación: 1 punto**.
  - El trabajo consistirá en la explicación de un artículo de investigación que se entregará en clase.
- **Trabajo de la asignatura: 1 punto**.
  - El trabajo consistirá en el diseño, fabricación y ensayos de un transformador monofásico. Al final se deberá entregar un informe.
- **Examen final: 7 puntos**.
  - Teórico-Práctico: 3 puntos.
  - Problemas: 5 puntos.
- **Participación en clase: 0,5 puntos EXTRA**.

Para aprobar el examen es necesario obtener una puntuación mínima de 5.

Universidad de Navarra

Habrá la **posibilidad de realizar exámenes liberatorios**, tanto de parte de la teoría como del Laboratorio (ver ***Exámenes Liberatorios***).

Si alguno que haya aprobado el examen liberatorio quisiera subir nota podría realizar el examen final, quedándose con la nota de este y **perdiendo la del examen liberatorio**.

Exámenes Liberatorios

A lo largo del curso se realizarán exámenes liberatorios de las prácticas y de la teoría.

- **Examenes liberatorios de las Prácticas:** se realizarán la semana siguiente de la realización de la práctica. Para **liberarlo será necesario sacar una nota mayor o igual a 7**. **Las prácticas que se liberen no tendrán que evaluarse en el Examen de Laboratorio.**
- **Examen liberatorio de Teoría y Problemas:** Corresponderá a los temas que se hayan dado hasta la fecha del examen. Para liberarlo habrá que obtener una **nota mínima de 7 puntos**. En caso de que no se obtenga dicha nota al examen final se irá con toda la materia.

La nota del examen liberatorio se sumará a la nota del Examen final y se hará media con el mismo para obtener la nota final.

Aclaraciones para aprobar la asignatura

Para aprobar la asignatura el alumno deberá:

- **Superar cada parte de la asignatura:** Examen final, Trabajo y Examen de Laboratorio, **con una puntuación mínima de 4 sobre 10 en cada una de las partes.**
- **Obtener una nota mínima en la parte teórica del Examen final de 4 sobre 10.**
- **Realizar todas las prácticas. Si hay alguna que no se haya realizado, NO SE PODRÁ PRESENTAR A LA CONVOCATORIA ORDINARIA.**
- **Entregar el Trabajo y defenderlo. En caso de no entregarlo, NO SE PODRÁ PRESENTAR A LA CONVOCATORIA ORDINARIA.**

Errores de Concepto y de Operaciones

- Los **errores graves de concepto** darán lugar a ***puntuación nula*** en el ejercicio (problema o pregunta teórica) en el que se cometa el error. También se utilizarán uno o varios asteriscos en la corrección del examen como señal de errores graves.
- Los **errores graves en las operaciones** (con resultados incoherentes o fuera de la realidad) harán que las ***puntuaciones máximas*** de los apartados siguientes al del error **se *reduzcan al 25%***, siempre y cuando no contengan algún nuevo error.
- Los **errores leves en las operaciones** (con resultados incorrectos, pero plausibles) harán que las ***puntuaciones máximas*** de los apartados siguientes al del error ***se reduzcan al 50%***, siempre y cuando no contengan algún nuevo error.

Convocatoria Extraordinaria

- El examen escrito será análogo al de la Convocatoria Ordinaria.
- Si no se ha realizado alguna de las prácticas de la asignatura, existirá la opción de realizarla antes de la fecha del examen escrito de la Convocatoria Extraordinaria.
- Existirá una Convocatoria Extraordinaria para el examen de Laboratorio, que será análogo al de la Ordinaria. Esta convocatoria servirá únicamente para subir la nota de esta parte de la asignatura. Los alumnos que tengan una calificación mayor de 4 sobre 10 en el examen de Laboratorio de la Convocatoria Ordinaria podrán dejar de presentarse y guardar su calificación.
- Los criterios de corrección y calificación serán los mismos que los explicados para la Convocatoria Ordinaria.

- **Én la Convocatorio Extraordinaria el examen se valorará sobre 10, es decir, no se tendrá en cuenta ni el Trabajo de Investigación, ni el Examen de Laboratorio ni la Participación en Clase.**

HORARIOS DE ATENCIÓN

Profesores Encargados: Ibón Elósegui (ieloseguis@unav.es) y Borja Prieto (bprieto@unav.es) .

- Consultas: Bajo petición del alumno.

Profesor de Prácticas: Jose Macayo

- Laboratorio de Electrotecnia (Edificio Urdaneta).
- E-mail: jmacayo@tecnun.es

BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía básica necesaria para seguir esta Asignatura está contenida en los Apuntes que se editan cada año en la Escuela, tanto en lo referente a Teoría como a los Problemas. Asimismo, se dispondrá de las transparencias de clase y los problemas que se hayan subido al ADI.

Además de estos libros de apuntes, se dispone en la Biblioteca de ciertos libros que resultan interesantes para el estudio más profundo de algunos temas concretos. Aun cuando estos libros están englobados en el grupo de Teoría, disponen de problemas interesantes para el alumno.

Apuntes de la Asignatura

- **Circuitos Magnéticos y Transformadores. Unicopia, 2019.**
- **Máquinas Eléctricas. Unicopia, 2019.**
- **Problemas de Sistemas Eléctricos. Unicopia, 2019.**

Libros de Teoría

Bibliografía Básica Recomendada

- TRANSFORMADORES, E. Ras. Ed. Marcombo, 1994. Localízalo en la biblioteca
- MÁQUINAS ELÉCTRICAS, A. E. Fitzgerald, C. Kingsley, S. D. Umans. Ed. McGraw-Hill, 1992. Localízalo en la biblioteca
- MÁQUINAS ELÉCTRICAS, R. Sanjurjo. Ed. McGraw-Hill, 1989. Localízalo en la biblioteca
- ALTERNATING CURRENT MACHINES, Say. Localízalo en la biblioteca
- PRINCIPIOS DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA ELECTROMECÁNICA, Meisel. Localízalo en la biblioteca
- MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y ELECTROMECÁNICA, Nasar.
- PROBLEMAS RESUELTOS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, G. Ortega, M. Gómez, A. Bachiller. Ed. Thomson, 2002. Localízalo en la biblioteca
- PROBLEMAS RESUELTOS DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA, N. Moreno, A. Bachiller, J.C. Bravo. Ed. Thomson, 2003. Localízalo en la biblioteca

Bibliografía Básica Complementaria

- ELECTROMAGNETISMO, R. Sanjurjo. Ed. McGraw-Hill. Localízalo en la biblioteca
- ELECTROMAGNETISMO, Edminister. Localízalo en la biblioteca
- ELECTROMAGNETISMO APLICADO, Hammond. Localízalo en la biblioteca
- PRINCIPLES OF ELECTRIC MACHINES WITH POWER ELECTRONIC APPLICATIONS, M. E. El-Hawary. Ed. Prentice-Hall, 1986. Localízalo en la biblioteca

Universidad de Navarra

- TEORÍA DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS, R. Sanjurjo, E. Lázaro, P. de Miguel. Ed. McGraw-Hill, 1997. Localízalo en la biblioteca
- MÁQUINAS ELÉCTRICAS Y TRANSFORMADORES, Kosow Localízalo en la biblioteca (online y papel)
- MÁQUINAS ELÉCTRICAS, Chapman Localízalo en la biblioteca

Libros de Problemas

- PROBLEMAS RESUELTOS DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS, G. Ortega, M. Gómez, A. Bachiller. Ed. Thomson, 2002. Localízalo en la biblioteca
- PROBLEMAS RESUELTOS DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA, N. Moreno, A. Bachiller, J.C. Bravo. Ed. Thomson, 2003. Localízalo en la biblioteca