





**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**

**SYLLABUS**

**Proyecto Curricular:**  
**Ingeniería Electrónica**

Nombre del docente: Óscar David Flórez Cediel – Pablo Emilio Rozo García

Espacio académico (Asignatura): <b>Transformadores</b> Obligatorio ( X ) : Básico ( X ) Complementario (   ) Electivo (   ) : Intrínsecas ( X ) Extrínsecas (   )	Código: <b>31</b>
---	-------------------

Número de estudiantes: <b>18</b>	Grupo: <b>3</b>
----------------------------------	-----------------

Número de créditos: <b>3</b>
------------------------------

Tipo de curso:    Teórico (   )    Práctico (   )    Teórico-Práctico ( <b>X</b> ) Alternativas metodológicas: Clase Magistral ( <b>X</b> ), Seminario (   ), Seminario–Taller (   ), Taller ( <b>X</b> ), Prácticas ( <b>X</b> ), Proyectos (tutorías) ( <b>X</b> ), Otros: Trabajo autónomo con tareas y uso de computador ( <b>X</b> )
--

Horario
---------

Día	Horas	Salón
Clase: Martes Gr. 03	16:00 – 18:00	Salón 306 Sabio Caldas
Laboratorio: Miercoles Gr. 03	14:00 – 16:00	Laboratorio Máquinas
Clase: Jueves Gr. 03	14:00 – 16:00	Salón 402 Calle 34
Clase: Lunes Gr. 01 y 02	14:00 – 16:00	Salón 405 Sabio Caldas
Laboratorio: Miércoles Gr. 02	08:00 – 10:00	Laboratorio Máquinas
Clase: Miércoles Gr. 01 y 02	12:00 – 14:00	Salón 305 Calle 34
Laboratorio: Jueves Gr. 01	10:00 – 12:00	Laboratorio Máquinas

## **I. JUSTIFICACIÓN DEL ESPACIO ACADÉMICO (El ¿por qué?)**

La maquinaria eléctrica moderna aunque mantiene su funcionamiento básico, se ha modernizado y hace parte de sistemas cuyo control electrónico, permite la automatización de procesos de manufactura o de aplicaciones de uso general. Desde el punto de vista de la ingeniería electrónica la aplicación de transformadores en comunicaciones, en fuentes de potencia, en instrumentación y acople de toda clase de señales, es necesario que el principio de funcionamiento y diseño de transformadores hagan parte de las competencias del ingeniero electrónico, para proponer, analizar y modelar toda clase de bobinas, transformadores y cuasitransformadores en cualquier aplicación.

Este espacio académico pretende hacer una revisión del principio de funcionamiento de bobinas y transformadores, de potencia, de medida y de protección, así como hacer un resumen de la aplicación de transformadores en sistemas de transmisión y distribución de potencia eléctrica, campo en el cual los sistemas de protección y control son cada vez más automatizados por medio de sistemas electrónicos.

El curso de transformadores pertenece al área de circuitos y potencia.

Para llevar a cabo este curso satisfactoriamente se requieren conocimientos de de operaciones con números complejos, análisis de circuitos polifásicos, teoría de campos magnéticos, calculo integral y diferencial.

## **II. PROGRAMACION DEL CONTENIDO (El ¿qué enseñar?)**

### **Objetivo General**

Estudio resumido del proceso de generación, transporte y distribución de energía eléctrica, recurriendo al análisis y diseño de transformadores e inductancias.

Objetivos Específicos
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Determinar el principio de funcionamiento de los transformadores.</li> <li>● Establecer las relaciones de campos magnéticos y de medios de transporte de campo magnético.</li> <li>● Reconocer el comportamiento de diferentes materiales ante el campo magnético, y su comportamiento en términos de eficiencia, calentamiento y capacidad de manejo.</li> <li>● Definir métodos de diseño y características de transformadores de potencia, análisis de su comportamiento de la máquina a diferentes frecuencias.</li> <li>● Extender los métodos de análisis de transformadores al diseño y análisis de inductancias.</li> <li>● Identificar las características de los sistemas de transmisión y distribución de potencia eléctrica.</li> <li>● Reconocer la necesidad de sistemas de alta tensión en la transmisión y los problemas asociados a su manejo.</li> <li>● Identificar la necesidad de los sistemas de puesta a tierra, tanto de servicio como de protección, explorar algunos métodos de construcción de tierras.</li> </ul>
Resultados de Aprendizaje Esperados
<ul style="list-style-type: none"> <li>● Establece las relaciones de campos magnéticos y de medios de transporte de campo magnético.</li> <li>● Contextualiza el comportamiento de diferentes materiales ante el campo magnético y su comportamiento en términos de eficiencia, calentamiento y capacidad de manejo.</li> <li>● Contextualiza los elementos constitutivos de los transformadores y sus sistemas complementarios.</li> <li>● Analiza el comportamiento del transformador en términos de eficiencia, regulación, cargabilidad y respuesta a diferentes frecuencias.</li> <li>● Identifica los equipos y elementos de generación y transporte de potencia eléctrica.</li> <li>● Analiza el comportamiento de los diferentes equipos y/o elementos que constituyen los sistemas de generación y transporte de energía eléctrica.</li> <li>● Establece las condiciones de protecciones básicas para sistemas electrónicos.</li> <li>● Establece y argumenta el diseño de sistemas de puesta a tierra y apantallamiento como medidas de protección para los sistemas electrónicos.</li> </ul>

Competencias de Formación
<p>Al finalizar el curso se espera que el estudiante haya desarrollado las siguientes competencias:</p> <p><b>Transversales:</b></p> <p>Capacidad de organización y planificación, razonamiento crítico, trabajo en equipo, aprendizaje autónomo, comunicación oral y escrita, motivación por la calidad y mejoramiento continuo.</p> <p><b>Contexto</b></p> <p>Analizar el desarrollo de los sistemas de potencia eléctrica, identificando las fuentes de energía, su aprovechamiento y eficiencia, contrastando con las necesidades de energía, su transformación y utilización de manera óptima, dentro del marco de desarrollo social sustentable y sostenible.</p> <p><b>Básicas</b></p> <p>Diseñar, analizar e implementar sistemas de transformación de energía eléctrica, por medios electromagnéticos. Así como proponer soluciones a problemas de generación, transmisión, distribución y utilización de energía.</p> <p><b>Laborales</b></p> <p>Desarrollo de capacidades de análisis y dimensionamiento de sistemas de transmisión de energía y capacidad de proponer soluciones.</p>
Programa Sintético
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Circuitos Trifásicos</li> <li>2. Análisis y diseño de transformadores y reguladores</li> <li>3. Centrales eléctricas, líneas de Transmisión y redes de distribución</li> <li>4. Alta Tensión. Subcentrales. Protecciones y sistemas de Puesta a Tierra</li> </ol>

### III. ESTRATEGIAS (El ¿cómo?)

#### Metodología Pedagógica y Didáctica

Dado que la secuencia del curso se desarrolla a través de las clases magistrales, los temas cubiertos en cada sesión se hacen de manera general. Es necesario que el estudiante, en forma individual o en grupo, lea y estudie los detalles de cada tema en los textos escogidos.

Los textos principales son suficientes para todo el curso.

Para los temas especiales, se escogen textos complementarios que permiten estudiar más detalladamente los temas que corresponden al modelado y análisis de transformadores.

Como una ayuda al estudio autónomo del estudiante, se asignarán actividades en cada sesión como Talleres aplicando herramientas computacionales y artículos técnicos de los temas afines, que permitirán profundizar en los conceptos planteados en las sesiones de clase y que servirán para afianzar los conceptos presentados y visitas técnicas a plantas (sujeto a disponibilidad de atención por parte de las empresas del sector).

Adicionalmente, para ayudar a resolver las tareas o las dudas surgidas, el estudiante cuenta con la asesoría del profesor en los horarios definidos para tal fin.

Por otro lado, tanto en las sesiones de clase como en las tareas, el estudiante tendrá la posibilidad de incorporar el uso del computador y de programas matemáticos especializados para el análisis y la resolución de problemas. En las clases magistrales se mostrará el uso del programa Matlab® como ayuda didáctica y como herramienta de cálculo.

	Horas			Horas profesor/semana	Horas Estudiante/semana	Total Horas Estudiante/semestre	Créditos
Tipo de Curso	TD	TC	TA	(TD + TC)	(TD + TC +TA)	X 16 semanas	
Teórico	4	2	3	6	9	144	3

**Trabajo Presencial Directo (TD):** trabajo de aula con plenaria de todos los estudiantes.

**Trabajo Mediado\_Cooperativo (TC):** Trabajo de tutoría del docente a pequeños grupos o de forma individual a los estudiantes.

**Trabajo Autónomo (TA):** Trabajo del estudiante sin presencia del docente, que se puede realizar en distintas instancias: en grupos de trabajo o en forma individual, en casa o en biblioteca, laboratorio, etc.)


IV. RECURSOS (¿Con qué?)
Medios y Ayudas
<p>Para el desarrollo de algunos de los ejercicios a resolver en casa, se requiere el uso de computador y un programa de simulación especializado como Matlab®.</p> <p>El laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad cuenta con transformadores, fuentes trifásicas y monofásicas variables, fuentes DC variables, cargas monofásicas y trifásicas, equipos de medición como PQA, pinzas amperimétricas, voltímetros, vatímetros, breakers, cables de potencia, entre otros.</p> <p>En algunas de las sesiones en el aula se requiere del uso de un computador, el programa Matlab® y un proyector de video (<i>video beam</i>), con los cuales también se cuenta en la Universidad.</p>
BIBLIOGRAFÍA
Textos Principales
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Winders, John. Power transformers: principles and applications. CRC Press.</li> <li>2. Chapman Stephen, Electric Machinery Fundamentals. Mc Graw Hill</li> <li>3. Langsdorf Alexander, Theory of AC Machinery. Mc Graw Hill</li> <li>4. Nassar, Electric Machines &amp; Electromechanics. Schaum`s.</li> <li>5. Anderson Leonard, Electric Machines &amp; Transformers. Reston Publishing</li> <li>6. Gönen, Turan Electric Power Distribution Engineering. CRC Press</li> <li>7. Jinliang He. Methodology and Technology for Power System Grounding. Wiley</li> <li>8. Ashok Kumar. Power Electronic Converters for Solar Photovoltaic Systems. Elsevier</li> <li>9. Hasse, Peter. Overvoltage protection of Low Voltage Systems. Second Edition.</li> </ol>
Textos Complementarios
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Chee-mun Ong. Dynamic Simulation of Electric Machinery.</li> <li>2. John A. Gubner. Probability and Random Processes for Electrical and Computer Engineers.</li> <li>3. Slobodan N. Vukosavic. Handbook of Electrical Machines.</li> <li>4. Turan Gönen. Electrical Machines with Matlab.</li> <li>5. ABB. Transformer Handbook.</li> <li>6. Colonel McLyman. Transformer and Inductor Design Handbook.</li> </ol>
Revistas
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. IEEE PELS Newsletter</li> <li>2. IEEE Power Electronics Magazine.</li> <li>3. IEEE Transaction on Energy Conversion.</li> <li>4. IEEE Transaction on Power Electronics.</li> <li>5. European Power Electronics (EPE) Newsletter</li> </ol>
Direcciones de Internet
<p><a href="https://powersimtech.com/products/psim/capabilities-applications/">https://powersimtech.com/products/psim/capabilities-applications/</a></p> <p><a href="https://www.dixpro.com/">https://www.dixpro.com/</a></p>

<b>V. ORGANIZACIÓN / TIEMPOS (¿De qué forma?)</b>		
<b>Espacios, Tiempos, Agrupamientos Aproximados</b>		
<b>1</b>	<b>Circuitos Trifásicos</b> Sistemas Equilibrados y tipos de conexiones. Sistemas desequilibrados Potencia en sistemas trifásicos	4 sesiones
<b>2</b>	<b>Análisis y Diseño de Transformadores y Reguladores</b> Ley de Ampere, circuitos magnéticos, variables físicas y unidades. Ciclo de Histéresis y curvas de Magnetización. Ley de Inducción de Faraday. Funcionamiento de Inductancias y transformadores. El transformador ideal. Funcionamiento en vacío y con carga. Pérdidas de Histéresis y de Foucault. Circuito equivalente real del transformador. Ensayos de circuito abierto y corto circuito. Medida de polaridad. Regulación, rendimiento y sistemas en paralelo. Solución de circuitos eléctricos de transformadores. Sistemas en por Unidad. Autotransformadores. Transformadores Trifásicos y características de las diferentes conexiones. Desfasamiento y grupos de conexiones Dd, Yy, Dy, Yd, Dz, Yz Descripción de tipos de núcleos y características de fabricación Diseño de Transformadores e inductancias. Análisis y diseño a diferentes formas de onda y frecuencias diferentes de 60 Hz	16 sesiones
<b>3</b>	<b>Centrales eléctricas, líneas de transmisión y redes de distribución</b>  Conversión de energía eléctrica a partir de fuentes Hídricas Descripción de una central hidráulica. Turbinas Pelton, Francis y Kaplan. Conversión de Energía Eléctrica a partir de vapor. Descripción de una central Térmica Energía Nuclear Conversión de Energía Eléctrica a partir de fuentes no convencionales. Sistemas de líneas de Transmisión Descripción del Sistema de Interconexión de Colombia. Redes de Distribución.	6 sesiones



<b>4</b>	<b>Alta tensión, subcentrales, protecciones y sistemas de puesta a tierra</b> Configuración de Campos eléctricos y aislantes de Alta Tensión. Efecto Corona, descargas eléctricas y ondas de choque. Superficies equipotenciales. Sistemas de Puesta a tierra. Esquema de una Subcentral ó Subestación. Sistemas de Medición, protección y control.	6 sesiones
----------	--	------------

<b>VI. EVALUACIÓN (¿Qué? ¿Cuándo? ¿Cómo?)</b>			
Las evaluaciones a los estudiantes son diseñadas de manera que permitan evidenciar el nivel de abstracción y conceptualización de cada uno de los temas del curso.			
	<b>Tipo de Evaluación</b>	<b>Fecha</b>	<b>Porcentaje</b>
Nota 1	Examen 1.	Octubre 11	15 %
Nota 2	Examen 2.	Noviembre 22	15 %
Nota 3	Talleres (varios)	En el desarrollo del semestre	10 %
Nota 4	Infografía	Diciembre 06	10%
Nota 5	Informes de laboratorio.	Diciembre 06	20 %
Nota 6	Examen Final	programado por la coordinación del proyecto curricular	30%
<b>Aspectos a Evaluar del Curso</b>			
1. Evaluación del desempeño docente 2. Evaluación de los aprendizajes de los estudiantes en sus dimensiones: individual/grupo, teórica/práctica, oral/escrita. 3. Autoevaluación: 4. Coevaluación del curso: de forma oral entre estudiantes y docente.			

Datos del Docente			
<p>Nombre : <b>Óscar David Flórez Cediél</b>            Pregrado : <b>Ingeniero Electricista. 2000</b>            Posgrado : <b>Especialista en Instrumentación Electrónica – Universidad Santo Tomás, 2002</b>  <b>Especialista en Telecomunicaciones Móviles – Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2002</b>  <b>Especialista en Transmisión y Distribución de Sistemas de Energía – Universidad de Los Andes, 2006.</b>  <b>Magister Ing. Eléctrica – Universidad de Los Andes, 2010.</b>  <b>Diplomado en Docencia Universitaria y Herramientas Pedagógicas de Aprendizaje – Escuela Naval de Cadetes “Almirante Padilla”, 2022</b></p>			
<p>Nombre: <b>Pablo Emilio Rozo García</b>            Pregrado: <b>Ingeniero Electrónico 1996</b>            Posgrado: <b>Especialista en Pedagogía y Docencia Universitaria. Universidad la Gran Colombia, 2005</b>  <b>Magister en Ciencias de la Información y las Comunicaciones. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2007.</b>  <b>Especialista en Administración de Empresas. Fundación Universitaria Los Libertadores, 2010.</b>  <b>Doctor en Ingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2021</b></p>			
Asesorías: Firma de Estudiantes			
Nombre	Firma	Código	Fecha
1.			
2.			
3.			
Firma del Docente			
<div style="text-align: center; height: 100px;">  </div>			
FECHA DE ENTREGA: octubre 21 de 2022			