



UNIVERSIDAD DISTRITAL
“Francisco José de Caldas”
Facultad Tecnológica

**Tecnología en Sistemas Eléctricos de Media y Baja tensión
 articulado por ciclos propedéuticos con Ingeniería Eléctrica por
 ciclos**

1. Información General

| | | | | |
|----------------------------|---|------------|------------|---------------------|
| Espacio Académico | Campos Electromagnéticos. Semestre: 2018-2 | | | |
| Código | 17802 | | | |
| Tipo | | | | |
| Área | Obligatorios de ingeniería | | | |
| Créditos académicos | HTD | HTC | HTA | Horas/semana |
| | 4 | 2 | 3 | 9 |
| | 3 Créditos | | | |
| Docentes | Mario Rodríguez. | | | |
| Sesiones | | | | |

2. Justificación

Las leyes de Maxwell son un conjunto de ecuaciones que gobiernan el comportamiento de los campos electromagnéticos estáticos y variables con el tiempo, en el vacío y en presencia de materiales. El conocimiento y manejo de estas ecuaciones en el dominio del tiempo, en su forma vectorial y armónica, permiten predecir el comportamiento de materiales y evaluar su desempeño en situaciones específicas. Por otro lado, la aplicación de estas leyes en determinados contextos posibilita adelantar procesos de modelamiento de situaciones físicas, asociadas con campos electromagnéticos estáticos y variables con el tiempo. Estas herramientas son de suma importancia para el Ingeniero, ya que, a partir del modelamiento de los sistemas eléctricos, es posible adelantar procesos de diseño, predicción y control.

3. Objetivos

- Manejar las ecuaciones de Maxwell para campo eléctrico estático y variable con el tiempo, en el vacío y en presencia de materiales.
- Manejar las ecuaciones de Maxwell para campo magnético estático y variable con el tiempo, en el vacío y en presencia de materiales.
- Adquirir destrezas en el manejo vectorial de las ecuaciones de Maxwell.
- Modelar situaciones físicas asociadas con campos electromagnéticos estáticos y variables con el tiempo, a través de las ecuaciones de Maxwell.

4. Requerimientos

Esta asignatura está ubicada en el ciclo de formación en Ingeniería, por lo tanto requiere de los conocimientos adquiridos en el ciclo Tecnológico y en particular:

- Cálculo Diferencial
- Cálculo Integral
- Ecuaciones Diferenciales
- Física Electromagnética
- Análisis de Circuitos DC
- Análisis de Circuitos AC
- Materiales para Ingeniería
- Cálculo Vectorial

5. Aspectos pedagógicos

La propuesta desarrollada por el grupo de docentes del proyecto curricular de Tecnología en Sistemas Eléctricos de Media y Baja Tensión e Ingeniería Eléctrica, partió del análisis de los conocimientos y destrezas específicas que deberán tenerlos Tecnólogos y los Ingenieros, para desempeñarse adecuadamente como profesionales dentro del sector eléctrico. Estos aspectos se encuentran detallados en los respectivos perfiles profesionales, que hacen parte de la propuesta para el tránsito a créditos académicos. A continuación se mencionan las características generales, que se establecieron para los dos tipos de profesionales y se contemplaron en el interior de los espacios académicos del plan de estudios:

- Alto nivel de desarrollo de las capacidades comunicativas del profesional.
- Habilidad para definir problemas. Recopilar, analizar y evaluar información. Proponer y desarrollar soluciones reales y eficientes.
- Capacidad y habilidad para trabajar en equipo.
- Habilidad para utilizar las características anteriores, con el fin de encarar problemas reales, en el mundo real.

Todos los espacios académicos del plan de estudios, incluyendo éste, se consideran teórico-prácticos.

6. Descripción de créditos

| Distribución de las actividades | | Horas semanales | Horas semestre | Número de créditos |
|---|---|-----------------|----------------|--------------------|
| Clase presencial (trabajo directo) | <ul style="list-style-type: none"> • Diagnóstico de conocimientos • Introducción de conceptos • Desarrollo del contenido • Preguntas en clase • Realización de ejercicios y problemas por parte del profesor • Talleres de refuerzo • Evaluación | 4 | 64 | 3 |
| Acompañamiento (trabajo cooperativo) | <ul style="list-style-type: none"> • Talleres | 2 | 32 | |
| Actividades extractase (trabajo autónomo) | <ul style="list-style-type: none"> • Lecturas propuestas • Talleres extraclase | 3 | 48 | |
| TOTAL | | 9 | 144 | |

7. Competencias e indicadores

| Nombre de la unidad temática | Competencias | Indicadores de Idoneidad |
|---|---|---|
| Capítulo 1: Análisis Vectorial | Interpretativa, Argumentativa, propositiva. | <ul style="list-style-type: none"> • Define y comprende los conceptos de vector, campo vectorial, campo escalar, producto escalar y vectorial. • Define y comprende los conceptos: vector de posición, elementos diferenciales de área y volumen y vector unitario, en los sistemas coordenados cartesiano, cilíndrico y esférico. • Define y comprende los conceptos de rotacional, divergencia y gradiente. |
| Capítulo 2: Campo Eléctrico Estático | Interpretativa, Argumentativa y Propositiva | <ul style="list-style-type: none"> • Comprende el concepto de campo eléctrico. • Define y comprende la ley de Gauss. • Define y comprende el potencial eléctrico escalar. • Define y comprende el concepto de capacitancia y energía asociada al campo electrostático. • Define y comprende el efecto de los materiales en la distribución del campo eléctrico mediante los conceptos: el vector de polarización y vector densidad de flujo. • Resuelve problemas asociados con cálculo de campos eléctricos de distribuciones continuas de carga. • Define y comprende las condiciones de frontera para E y D y el concepto de rigidez dieléctrica. • Define y comprende el fenómeno de conducción en metales. |
| Capítulo 3 Campo Magnético Estático | Interpretativa, Argumentativa y Propositiva | <ul style="list-style-type: none"> • Define y comprende la Ley de Biot-Savart y la Ley de Ampere para el espacio vacío y sus contextos de aplicación. • Define y comprende la ley de Ampere. • Define y comprende el efecto de los materiales en la distribución del campo magnético a través de la densidad de flujo magnético B, intensidad de campo magnético H y la magnetización M. |

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”

| Nombre de la unidad temática | Competencias | Indicadores de Idoneidad |
|--|---|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> Define y comprende las curvas de magnetización de materiales ferromagnéticos así como el fenómeno de histéresis. Resuelve problemas asociados con distribuciones de campo magnético con y sin la presencia de materiales. Define y comprende las condiciones de frontera para B y H. Define y comprende el concepto de energía asociada al campo magnetostático. |
| Capítulo 4: Campo Eléctrico y Magnético variable con el tiempo. | Interpretativa, Argumentativa y Propositiva | <ul style="list-style-type: none"> Define y comprende la Ley de Inducción de Faraday en su formulación general. Define y comprende el concepto de autoinductancia e inductancia mutua. Define y comprende el concepto de fuerza asociado al campo magnético. Define y comprende el concepto de Circuitos magnético. Define y comprende el concepto de Corriente de desplazamiento, profundidad de penetración y permitividad compleja. Resuelve problemas eletromagnéticos usando métodos numéricos. Resuelve problemas eletromagnéticos usando software de simulación. |

8. Contenido programático

| Nombre de la unidad temática | Semana Sesión | Lineamientos | HSP | HSA | THS |
|--|---------------|--|-----|-----|-----|
| Capítulo 1 Análisis Vectorial | $\frac{1}{1}$ | 1. Vectores y Operaciones básicas entre vectores. 1.1. Suma y resta de vectores. 1.2. Vector unitario, Vector de posición y desplazamiento. 1.3. Producto de un vector por un escalar 1.4. Producto escalar (Producto punto). Proyección escalar y vectorial. 1.5. Producto vectorial (Producto cruz) | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{1}{2}$ | 2. Sistemas de Coordenadas. Introducción. 2.1. Coordenadas rectangulares. Representación de un punto y de un vector. 2.2. Coordenadas cilíndricas. Representación de un punto y de un vector. Relación entre variables cartesianas y cilíndricas. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{1}{3}$ | 2.3. Coordenadas esféricas. Representación de un punto y de un vector. Relación entre variables cartesianas y esféricas. 2.4. Elementos de longitud, área y volumen en sistemas cartesiano, cilíndrico y esférico. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{2}{4}$ | 2.5. Gradiente y derivada direccional. Introducción. 2.6. Gradiente y derivada direccional en sistema cartesiano, cilíndrico y esférico. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{2}{5}$ | 2.7. Integrales de línea, superficie y volumen en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas. Laplaciano. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{2}{6}$ | 2.8. Divergencia de una función vectorial. Introducción. Cálculo en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas. | 2 | 1 | 3 |

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”

| Nombre de la unidad temática | <u>Semana</u> Sesión | Lineamientos | HSP | HSA | THS |
|------------------------------|-------------------------|--|-----|-----|-----|
| | $\frac{3}{7}$ | 2.9. Rotacional de una función vectorial. Introducción. Cálculo en coordenadas cartesianas, cilíndricas y esféricas. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{3}{8}$ | 2.10 Teorema de la Divergencia. 2.11 Teorema de Stokes. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{3}{9}$ | Ejercicios. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{4}{10}$ | PRIMER EXAMEN PARCIAL – CAPÍTULO 1 | 2 | 1 | 3 |

| Nombre de la unidad temática | <u>Semana</u> Sesión | Lineamientos | HSP | HSA | THS |
|--|-------------------------|---|-----|-----|-----|
| Capítulo 2 Campo Eléctrico Estático | $\frac{4}{11}$ | 1. Las Ecuaciones de Maxwell. Introducción. Magnitudes fundamentales en electromagnetismo: E, D, H, B, J . Relaciones constitutivas. 2. Ecuaciones de Maxwell. Forma Diferencial e Integral. 3. Aproximaciones de las ecuaciones de Maxwell: Estática, cuasiestática y ondas electromagnéticas. 4. Campo eléctrico estático. Ley de Coulomb. Forma Vectorial. 5. Intensidad de Campo Eléctrico. Introducción. Distribuciones continuas de carga: densidad de carga volumétrica, superficial y lineal. Intensidad de campo eléctrico: Cálculo de campos eléctricos para cargas puntuales. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{4}{12}$ | 6. Cálculo de campos eléctricos para distribuciones continuas de carga: volumétrica, superficial y lineal. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{5}{13}$ | 7. Líneas de fuerza y líneas de campo. 8. Flujo eléctrico. Introducción y definición. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{5}{14}$ | 9. Ley de Gauss en forma vectorial en el espacio vacío. Aplicaciones. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{5}{15}$ | 10. Potencial eléctrico escalar. Introducción. Cálculo para cargas puntuales y en distribuciones continuas de carga. Relación entre campo eléctrico y potencial eléctrico. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{6}{16}$ | 11. Campo eléctrico en dieléctricos. 11.1. Vector de Polarización P 11.2. Densidad de Flujo eléctrico D . 11.3. Ejemplos de aplicación. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{6}{17}$ | 12. Condiciones de Frontera para E y D . Rigidez dieléctrica. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{6}{18}$ | 13. Capacitancia. Introducción y cálculo para varias configuraciones. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{7}{19}$ | 14. Energía asociada al campo electrostático. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{7}{20}$ | 15. Ecuaciones de Poisson y Laplace. | 2 | 1 | 3 |

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”

| Nombre de la unidad temática | Semana Sesión | Lineamientos | HSP | HSA | THS |
|-------------------------------------|----------------------|--|------------|------------|------------|
| | $\frac{7}{21}$ | 16. Corriente eléctrica en metales. Conductividad, densidad de corriente J , ecuación de continuidad, Resistencia eléctrica, cálculo para varias configuraciones. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{8}{22}$ | Taller de ejercicios del capítulo 2 | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{8}{23}$ | SEGUNDO EXAMEN PARCIAL – CAPÍTULO 2 | 2 | 1 | 3 |

| Nombre de la unidad temática | Semana Sesión | Lineamientos | HSP | HSA | THS |
|--|----------------------|--|------------|------------|------------|
| Capítulo 3 Campo Magnético Estático | $\frac{8}{24}$ | 1. Magnetostática. Ecuaciones de Mawwell para la magnetostática. Intensidad de campo Magnético H . Definición, densidad de flujo magnético B . Ley de Biot-Savart. Introducción. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{9}{25}$ | 2. Ley de Biot-Savart. Ejemplos de cálculo para corriente lineal, superficial y volumétrica. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{9}{26}$ | 3. Ley de Ampere. Forma vectorial en el espacio vacío. Ejemplos de cálculo. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{9}{27}$ | 4. Flujo Magnético. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{10}{28}$ | 5. Potencial magnético VectorialA. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{10}{29}$ | 6. Campo magnético en materiales 7. Densidad de Magnetización M 8. Densidad de flujo magnético B | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{10}{30}$ | 9. Energía asociada al campo magnetostático. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{11}{31}$ | 10. Campo magnético en materiales ferromagnéticos. 11. Curvas de magnetización e histéresis magnética. | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{11}{32}$ | 10. Condiciones de frontera para B y H . | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{11}{33}$ | Taller de ejercicios del capítulo 3 | 2 | 1 | 3 |
| | $\frac{12}{34}$ | TERCER EXAMEN PARCIAL – CAPÍTULO 3 | 2 | 1 | 3 |

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”

| Nombre de la unidad temática | <u>Semana</u> <u>Sesión</u> | Lineamientos | HSP | HSA | THS |
|--|--------------------------------|--|-----|-----|-----|
| Capítulo 4 Campo Eléctrico y Magnético variable con el tiempo | <u>12</u> <u>35</u> | 1. Autoinductancia, Inductancia mutua. Cálculo para varias configuraciones. | 2 | 1 | 3 |
| | <u>12</u> <u>36</u> | 2. Circuitos magnéticos. Cálculo para varias configuraciones. | 2 | 1 | 3 |
| | <u>13</u> <u>37</u> | 3. Fuerzas debidas a campos magnéticos. | 2 | 1 | 3 |
| | <u>13</u> <u>38</u> | 4. Ley de Inducción de Faraday. | 2 | 1 | 3 |
| | <u>13</u> <u>39</u> | 5. Ley de Inducción de Faraday. | 2 | 1 | 3 |
| | <u>14</u> <u>40</u> | 6. Corriente de desplazamiento. Forma general de la ley de Ampere. 7. Profundidad de penetración y permitividad compleja. | 2 | 1 | 3 |
| | <u>14</u> <u>41</u> | 8. Métodos numéricos para el cálculo de campos electromagnéticos. | 2 | 1 | 3 |
| | <u>14</u> <u>42</u> | 9. Métodos numéricos para el cálculo de campos electromagnéticos. | 2 | 1 | 3 |
| | <u>15</u> <u>43</u> | 10. Software de simulación electromagnética. | 2 | 1 | 3 |
| | <u>15</u> <u>44</u> | Taller de ejercicios del capítulo 4. | 2 | 1 | 3 |
| | <u>15</u> <u>45</u> | CUARTO EXAMEN PARCIAL – CAPÍTULO 4. | 2 | 1 | 3 |

8. Estrategias de evaluación

| | | | | | |
|------------|---|---------------|--|-------------------|---|
| Parciales: | X | Laboratorios: | | Trabajo autónomo: | X |
|------------|---|---------------|--|-------------------|---|

9. Valoración de las estrategias de evaluación

| | Estrategia | Porcentaje | Temas a evaluar | Fecha |
|----------------------------|-----------------------------|------------|-----------------|---------------------|
| 1^{ra} Nota | Parcial | 20% | Capítulo 1 | 3 sept. 2018 |
| 2^{da} Nota | Parcial | 20% | Capítulo 2 | 27 sept. 2018 |
| 3^{ra} Nota | Parcial | 20% | Capítulo 3 | 29 oct.2018 |
| 4^{ta} Nota | Parcial | 20% | Capítulo 4 | 3 dic. 2018 |
| 5^{ta} Nota | Pruebas cortas, ejercicios. | 20% | Todos | Durante el semestre |

10. Bibliografía y demás fuentes de documentación

- Electromagnetismo. John Kraus.
- Teoría Electromagnética. Carl Johnk.
- Teoría Electromagnética. William Hayt.
- Elements of Electromagnetics. M. Sadiku.
- Electromagnetismo. Conceptos y Aplicaciones. S. Marshall, R. DuBroff, G. Skitek.