



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	Subestaciones de potencia			
Pensum al que pertenece	222			
Código	1663			
Tipo	Espacio teórico-práctico			
Area	Ingeniería Aplicada			
Créditos académicos	HTD	HTC	HTA	Horas/semana
	2	2	5	9
	3 créditos			

2. Justificación

El objetivo fundamental de un sistema de potencia es la interconexión de recursos eléctricos y centros de consumo. Este proceso se lleva a cabo adecuadamente, debido a las etapas de elevación de tensión y reducción de tensión, que permiten el transporte y distribución de energía a través de grandes distancias, con pérdidas de potencia y energía razonables (sin detrimento que los avances tecnológicos tengan por objetivo su reducción).

El conjunto de equipos, elementos y accesorios necesarios para producir un cambio de las características eléctricas asociadas a una etapa de generación, transporte o distribución (los cambios pueden ser de tensión, corriente, frecuencia, reordenamiento de flujos de carga, etc.) constituyen las subestaciones de potencia, subestaciones de distribución y centros locales de distribución, que en esencia desarrollan la misma función a diferentes niveles de tensión.

Por lo tanto es de fundamental importancia en la formación del Ingeniero Eléctrico, conocer los criterios de diseño que una subestación de acuerdo a la carga a alimentar, con el fin de armonizar, la flexibilidad de operación, la selectividad en el sistema de protecciones, la continuidad en el servicio y la facilidad de mantenimiento, teniendo como objetivo principal del diseño, la seguridad de las personas que entran en contacto con las subestaciones y la integridad de los equipos. El desarrollo de la asignatura incluye la familiarización con nuevas tecnologías para la gestión, operación y control, como también con los costos asociados a las subestaciones.

3. Objetivos

Potenciar las capacidades de diseño de instalaciones eléctricas basado en la comprensión del comportamiento eléctrico del sistema.

El estudiante debe estar en capacidad de:

- Identificar y seleccionar apropiadamente los equipos y materiales constitutivos de una subestación. Diseño general de una subestación.
- Comprender los principios y mecanismos de funcionamiento de los equipos de una subestación.
- Identificar los requerimientos de protección de los equipos de subestación.
- Comprender y producir diagramas unifilares, de medida, protección y control.
- Comprender los procesos y equipos involucrados en el control y automatización de subestaciones.
- Solicitar, desarrollar y supervisar pruebas de recepción de equipo de subestaciones.
- Determinar los costos asociados con la inversión inicial y mantenimiento de una subestación.

4. Requerimientos

Requerimientos al Estudiante

La posibilidad de entender el discurso objeto de trabajo en el espacio académico de redes eléctricas constitutivo del sexto semestre, radica en la articulación que el estudiante realice con los contenidos contemplados en los espacios académicos que

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica

fundamentan la operación y el modelamiento de los circuitos y equipos eléctricos, por lo tanto se consideran como requerimientos los espacios:

- Análisis de Circuitos en Corriente Directa (Tercer semestre)
- Análisis de Circuitos de Corriente Alterna (Cuarto Semestre)
- Medidas e Instrumentación (Cuarto Semestre)
- Instalaciones e Iluminación (Quinto Semestre)

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica

- Conversión Electromagnética. (Quinto Semestre)
- Máquinas Eléctricas. (Sexto Semestre)
- Sistemas de Potencia (Séptimo Semestre)
- Generación (Séptimo Semestre)

Requerimientos a la Institución

- Realizar convenio con el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, con el fin de realizar prácticas en subestaciones de uso académico, para desarrollar temas como:
Coordinación de Protecciones, Mantenimiento de elementos y equipos de subestaciones y redes.
- Implementar el aula de software de sistemas de distribución, con el fin de realizar ejercicios de análisis de sistemas de distribución, usando por ejemplo NEPLAN.
- Establecer en forma permanente las salidas técnicas a subestaciones de potencia.

5. Aspectos pedagógicos

La propuesta desarrollada por el grupo de docentes del proyecto curricular de Tecnología en Electricidad e Ingeniería en Distribución y Redes Eléctricas, partió del análisis de las características generales que debe poseer todo tecnólogo, como profesional en el sector eléctrico, además de los conocimientos específicos propios de la aplicación de su carrera que debe poseer todo ingeniero, y se encuentran detallados en el perfil profesional que hace parte de la propuesta para el tránsito a créditos académicos.

Tales características, fusionadas al interior de los espacios académicos del plan de estudios son:

- Alto nivel de desarrollo de sus capacidades comunicativas.
- Habilidades para definir problemas, recoger y evaluar información, y desarrollar soluciones reales y eficientes.
- Capacidades para trabajar en equipo, habilidad para trabajar con otros.
- Habilidad para utilizar todo lo anterior a fin de encarar problemas en el complejo mundo real.

Todos los espacios académicos del plan de estudios, al igual que éste, se consideran teórico-prácticos, sustentando esta dinámica en un problema o pregunta que el estudiante debe solucionar a lo largo de las 16 semanas de duración del semestre, a modo de un proyecto o trabajo final.

El espacio académico Subestaciones de potencia, correspondiente a Electiva de profundización, establece el desarrollo de un proyecto final o trabajo final, tendiente a implementar ejercicios de diseño de subestaciones de potencia. Es de anotar que como parte de la formación por ciclos propedéuticos, los estudiantes han recibido una formación inicial en cuanto al tema en el espacio académico Redes Eléctricas, correspondiente al sexto semestre en la formación de Tecnólogos en Electricidad, en donde se hace énfasis en la función y en el principio o mecanismo de funcionamiento de los equipos de las subestaciones, como también en la interpretación de diagramas unifilares, de protección y control. Por lo tanto este curso correspondiente al segundo ciclo de formación debe enfocarse en el ejercicio de diseño y selección de equipos en escenarios de trabajo lo más cercanos a la realidad posible.

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 concepto • Ejemplificación del contenido • Preguntas en clase • Realización de ejercicios y problemas por parte del profesor • Talleres de Lectura bibliografía tradicional y de espacios virtuales. • Manejo avanzado de software para el análisis de sistemas de potencia • Evaluación oral, escrita, virtual • Salidas técnicas, Subestaciones de Potencia. • Planteamiento Proyecto integrador 1: Diseño de Subestaciones de Potencia. 	4	64	3
Acompañamiento (trabajo cooperativo)	<ul style="list-style-type: none"> Talleres de retroalimentación y discusión de lecturas. • Retroalimentación Proyecto integrador 1: Diseño de Subestaciones de potencia y distribución 	2	32	

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica

Actividades extractase (trabajo autónomo)	<ul style="list-style-type: none">• Taller de lectura de espacios virtuales de instituciones del sector eléctrico.• Taller de lectura de bibliografía tradicional• Proyecto integrador 1: Diseño de Subestaciones de Potencia.• Desarrollo de ejercicios de análisis de sistemas	3	48	
---	---	---	----	--

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica

	de potencia.		
TOTAL		9	144

7. Competencias e indicadores. 8. Contenido programático.

Nombre de la unidad temática	Lineamientos	Competencias	Indicadores de idoneidad	HSP	HSA	THS
1. La subestación como el elemento del sistema de potencia. (1 Semana)	1.1 Definición y objetivo de la subestación 1.2 Ubicación de la subestación dentro del sistema de potencia 1.3 Zonas y Equipos identificables en subestaciones 1.4 Vocabulario básico 1.5 Elementos básicos 1.6 Configuraciones y disposiciones físicas. 1.7 Criterios de selección de configuraciones	Interpretativa Argumentativa Propositiva	Establece la importancia de la subestación como elemento del sistema de potencia	6	3	9
2. Diagrama Unifilar General (1 Semana)	2.1 Diagrama Unifilar 2.1.1 Número de circuitos 2.1.2 Protecciones 2.1.3 Transferencia de protecciones 2.1.4 Equipo de sincronización 2.1.5 Localizadores y Registradores de Falla.	Interpretativa Argumentativa Propositiva	Conocer cómo se representan los elementos constitutivos de una subestación en un diagrama unifilar.	6	3	9
Servicios Auxiliares (1 Semana)	3.1 Tensiones usuales en servicios auxiliares 3.2 Tipos de Carga 3.3 Fuentes de alimentación de Corriente Alterna. 3.4 Fuentes de alimentación de Corriente Directa. 3.5 Baterías 3.6 Criterios de selección de fuentes de alimentación. 3.7 Dimensionamiento de servicios auxiliares	Interpretativa Argumentativa Propositiva	Conoce y dimensiona los equipos que garantizan la alimentación de todas las cargas de baja tensión en c.a y c.d.	6	3	9

**UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica**

<p>4. Transformadores de Instrumentos (1.5 Semana)</p>	<p>4.1 Transformador de Corriente 4.1.1 Circuito Equivalente 4.1.2 Error y Curva de saturación 4.1.3 Esquema de Conexión 4.1.4 Efecto de Burden en la saturación de T.C. 4.1.5 Selección de transformador de corriente 4.1.6 Tipos de transformadores de corriente 4.2 Transformador de Potencial. 4.2.1 Generalidades 4.2.2 Teoría clásica de transformadores 4.2.3 Diagramas fasoriales 4.2.4 Selección de Transformadores de Potencial 4.2.5 Conexión y Clase de precisión 4.2.6 Verificación de los transformadores de potencial</p>	<p>Interpretativa Argumentativa Propositiva</p>	<p>Conocer los equipos que permiten reducir a niveles normalizados, las características de tensión e intensidad en red eléctrica.</p>	<p align="center">9</p>	<p align="center">4.5</p>	<p align="center">13.5</p>
--	--	--	---	--------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------

**UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica**

	4.3 Pruebas a transformadores de Instrumentos.					
5. Interruptores y Seccionadores. (1.5 Semanas)	5.1 Generalidades 5.2 Interruptores 5.2.1 Características Generales 5.2.2 Tipo de interruptores 5.2.2.1 Interruptores de Aceite 5.2.2.2 Interruptores de Gas (SF6) 5.2.2.3 Interruptores Neumáticos 5.2.3 Mecanismos de Operación 5.2.3.1 Mecanismo Hidráulico 5.2.3.2 Mecanismo Neumático 5.2.3.3 Mecanismo de Resorte 5.2.4 Pasatapas del Interruptor 5.2.5 Especificaciones Técnicas y Pruebas 5.3 Seccionadores 5.3.1 Características Generales 5.3.2 Condiciones de servicio 5.3.3 Clasificación de los Seccionadores 5.3.4 Mecanismos de Operación 5.3.5 Especificaciones Técnicas y Pruebas	Interpretativa Argumentativa Propositiva	Conoce y diferencia la función de los interruptores y seccionadores y sus mecanismos de funcionamiento Dimensiona los interruptores y seccionadores requeridos para una subestación específica. Identifica la totalidad de características eléctricas y mecánicas de los interruptores y seccionadores	9	4.5	13.5
6. Descargadores de Sobretensión (1.5 Semanas)	6.1 Descargadores de Sobretensión 6.1.1 Generalidades 6.1.2 Evolución 6.1.3 Clasificación 6.1.4 Principio de funcionamiento 6.1.5 Característica V vrs I 6.1.6 Capacidad de absorción de energía. 6.1.7 Protección a tipos de sobretensiones 6.1.8 Especificaciones técnicas y pruebas 6.1.9 Selección de descargadores de sobretensión 6.1.10 Ubicación de descargadores de sobretensión 6.2 Métodos de Coordinación de Aislamiento. 6.2.1 Método Convencional 6.2.2 Método Estadístico 6.2.3 Método Semi-estadístico 6.3 Coordinación de Aislamiento	Interpretativa Argumentativa Propositiva	Conoce y aplica los criterios de selección del descargador y su relación con el nivel de aislamiento de los equipos a proteger en la subestación. Identifica la totalidad de características eléctricas y mecánicas de los descargadores de sobretensión. Realiza apropiadamente Ejercicios de coordinación de aislamiento.	9	4.5	13.5

**UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica**

<p>7. Distancias mínimas y de seguridad en subestaciones. (1 Semana)</p>	<p>7.1 Generalidades 7.1.1 Espacio de Separación 7.1.2 Fundamento de Diseño 7.2 Distancia de separación entre elementos de la instalación 7.2.1 Normas VDE (Alemana), IEC e IEEE 7.2.2 Distancia de seguridad 7.2.3 Mallas de contención 7.2.4 Espacio de trabajo alrededor de Equipos Eléctricos. 7.2.5 Distancias mínimas entre</p>	<p>Interpretativa Argumentativa Propositiva</p>	<p>Conoce los requerimientos de seguridad para las personas en la subestación.</p>	<p align="center">6</p>	<p align="center">3</p>	<p align="center">9</p>
--	---	--	--	--------------------------------	--------------------------------	--------------------------------

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica

	dos sistemas de barras rígidas 7.2.6 Distancias entre conductores flexibles 7.2.7 Distancia para construcciones					
8. Mallas de conexión a tierra.	8.1 Seguridad en puestas a tierra 8.1.1 Problema básico 8.1.2 Condiciones de peligro 8.2 Rango de corriente tolerable 8.2.1 Efecto de la Frecuencia 8.2.2 Efecto de la magnitud y duración 8.3 Circuito Accidental a tierra 8.3.1 Resistencia del cuerpo humano 8.3.2 Trayectorias de corriente a través del cuerpo 8.3.3 Importancia de la velocidad en el despeje de fallas 8.3.4 Circuitos equivalentes accidentales 8.3.5 Efecto de una capa delgada superficial de gravilla 8.4 Criterios de diferencia de potencial permisible 8.4.1 Situaciones típicas de choque 8.4.2 Criterio de tensiones de paso y de contacto 8.5 Principales consideraciones de diseño. 8.5.1 Conceptos Generales 8.5.2 Electrodo de tierra primarios y auxiliares 8.5.3 Aspectos básicos del diseño de una malla 8.5.4 Conexiones a la malla	Interpretativa Argumentativa Propositiva	Conocer los requerimientos de malla de puesta a tierra para la operación de interruptores y la seguridad de las personas	12	6	18

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica

<p>9. Transformadores de Potencia (2.5 Semanas)</p>	<p>9.1 Importancia 9.2 Características Técnicas de Operación 9.2.1 Niveles de aislamiento 9.2.1.1 Devanados con Aislamiento decreciente 9.2.1.2 Sobrecargas permisibles 9.2.1.3 Disposición de símbolos 9.2.1.4 Aptitud para soportar cortocircuito 9.2.1.5 Requisitos Mecánicos 9.2.1.6 Requisitos Térmicos 9.2.2 Especificaciones de devanados y regulación 9.2.2.1 Tipos de regulación 9.2.2.2 Amplitud de las derivaciones 9.2.2.3 Requisitos de Potencia 9.2.3 Autotransformadores 9.2.3.1 Autotransformadores Monofásicos y Trifásicos 9.2.4 Placa característica 9.2.5 Conexiones Trifásicas 9.2.6 Transformadores en paralelo 9.2.7 Posibles fallas y</p>	<p>Interpretativa Argumentativa Propositiva</p>	<p>Identifica al transformador como el eje de funcionamiento de la subestación.</p>	<p>15</p>	<p>7.5</p>	<p>22.5</p>
---	---	---	---	------------------	-------------------	--------------------

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica

	Consecuencias 9.2.8 Protecciones					
10. Subestaciones en SF6 (1.5 Semanas)	10.1 Características del Gas SF6 10.1.1 Composición 10.1.2 Propiedades Químicas 10.1.3 Propiedades Físicas 10.1.4 Propiedades Térmicas 10.1.5 Propiedades Eléctricas 10.1.5.1 Constante Dieléctrica 10.1.5.2 Rigidez Dieléctrica 10.1.5.3 El Sf6 como gas de corte. 10.2 El SF6 como Aislante 10.3 Subestaciones de SF6 10.3.1 Construcción y Configuración de las S/E 10.3.2 Descripción de los Componentes 10.3.3 Mantenimiento de Subestaciones de SF6 10.3.4 Comparación Técnico-Económica 10.4 Análisis Económico – Comparativo	Interpretativa Argumentativa Propositiva	Reconocer el SF6 como medio aislante que permite la reducción de las distancias de aislamiento.	9	4.5	13.5
11. Sistemas de Adquisición de datos, control y supervisión aplicado a subestaciones (1.5 Semanas)		Interpretativa Argumentativa Propositiva	Conoce sistemas Scada. Identifica las ventajas y desventajas de los sistemas Scada.	9	4.5	13.5

9. Estrategias de evaluación

Parciales	X	Dinámica y discusiones	X
Proyectos	X	Herramientas de análisis de sistemas de potencia.	X

10. Valoración de las estrategias de evaluación

	Estrategia	Porcentaje	Temas a evaluar	Fecha
1^{ra} Nota	Parcial 1	20%	Capítulo 1 y 2.	8 de Marzo de 2013
1^{ra} Nota	Parcial 2	15%	Capítulo 3 y 4.	8 de Marzo de 2013
2^{da} Nota	Parcial 3	15%	Capítulo 5, 6 y 7.	31 de Mayo de 2013
2^{da} Nota	Trabajo 1	20%	Diagramas y cortes.	12 de Mayo de 2013
3^{ra} Nota	Trabajo 2	15%	Equipos específicos.	4 de Junio de 2013
3^{ra} Nota	Parcial 4	15%	Capítulo 8, 9, 10 y11	4 de Junio de 2013

11. Bibliografía y demás fuentes de documentación

- José Carlos Romero. Subestaciones: Fundamentos Teóricos y Consideraciones. Universidad Nacional de Colombia. 2001.
- Carlos Felipe Ramírez. Subestaciones de alta y extra alta tensión. Editorial Mejía Villegas S.A. 1991.
- José Carlos Romero, Francisco Vega. Protecciones Eléctricas. Universidad Nacional de Colombia. 2001.
- Antonio Mejía Umaña. Transporte de Energía Eléctrica. Conferencias Universidad Nacional de Colombia 2006.
- Codensa S.A. E.S.P. Normas de construcción 2006.
- www.ieee.org

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica

- ABB/Westinghouse Electric Corporation Transmission and Distribution Reference Book. 1985.
- José María Checa Líneas de Transmisión. 2000.

UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS”
Facultad Tecnológica

- EPRI. Transmisión Line Reference Book 115 – 138 KV. 1978.
- Gilberto Enríquez Harper. Líneas de transmisión y redes de distribución de potencia. 1978.