



SILABO

I. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Asignatura:	Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia
1.2 Código:	ES027
1.3 Condición:	Obligatorio
1.4 Pre-Requisitos:	ES917 Estabilidad de Sistemas Eléctricos de Potencia
1.5 N° de Horas de clase:	05 (03Teoría, 02 Práctica)
1.6 Créditos:	04
1.7 Ciclo:	X
1.8 Semestre Académico:	2022-A
1.9 Duración:	04.04.22 al 30.07.22
1.10 Docente:	Dr. Ing. Oyanguren Ramírez, Fernando José

II. SUMILLA

El curso pertenece al área de estudios de especialidad, es de naturaleza teórico práctico y carácter obligatorio, tiene el propósito de formar al discente en los: Conceptos generales, clasificación de los niveles de protección electromagnéticos. Transductores de tensión, corriente y otros. Relés electromagnéticos. Relés estáticos y numéricos multifunción. Sistemas de comunicación para protección. Protección de sobre corriente y de falla a tierra. Protección unitaria de alimentadores, barras, transformadores y generadores. Protección de distancia. Asimismo, se conceptualiza los procedimientos técnicos que conlleva a la realización de los estudios de coordinación de la protección utilizando tecnología punta.

III. COMPETENCIAS Y CAPACIDADES

3.1 COMPETENCIAS GENERALES

- Describe los conceptos, aspectos básicos y los componentes de un sistema de protección.
- Aplica la teoría del cálculo de las corrientes de cortocircuito y coordinación de los relés de sobrecorriente.
- Realiza el análisis de la protección de generadores, transformadores, barras y líneas de transmisión.
- Efectúa el análisis de fallas y el análisis de las oscilografías de los relés.

3.2 COMPETENCIAS DE LA ASIGNATURA

Aplica métodos de cálculo para evaluar las corrientes de falla, además de diseñar sistemas de protecciones adecuados, en los diferentes equipamientos del sistema eléctrico, como los generadores, transformadores, subestaciones, líneas de transmisión etc.

COMPETENCIAS ESPECÍFICAS, CAPACIDADES Y ACTITUDES

COMPETENCIA	CAPACIDADES	ACTITUDES
Identifica la estructura de un sistema de protección, y aplica el método de redes de secuencia.	Maneja los conceptos, aspectos básicos y los componentes de un sistema de protección.	Valora la importancia del estudio de los sistemas de protección, para la continuidad del suministro eléctrico.
Analiza y calcula las corrientes de cortocircuito, y ejecuta la coordinación de la protección.	Reconoce la teoría de cálculo de las corrientes de cortocircuito y coordinación de los relés de sobrecorriente.	Muestra especial interés en la obtención de las corrientes de cortocircuito, con la finalidad de coordinar los relés de



		sobrecorriente.
Formula y analiza la protección de generadores, transformadores, barras y líneas de transmisión..	Describe el análisis de la protección de generadores, transformadores, barras y líneas de transmisión.	Participa en la resolución de problemas protecciones del sistema eléctrico.
Evalúa la estabilidad de tensión y la estabilidad de frecuencia.	Efectúa el análisis de fallas y el análisis de las oscilografías de los relés.	Participa en el análisis de fallas y oscilografías del sistema eléctricos.

IV. PROGRAMACIÓN POR UNIDADES DE APRENDIZAJE

UNIDAD I: CONCEPTOS, PRINCIPIOS BÁSICOS Y COMPONENTES DE UN SISTEMA DE PROTECCIÓN					
DURACIÓN: 1era, 2da y 3ra semana. Del 04/04/2022 al 23/04/2022					
CAPACIDADES: C1 (E-A): Maneja los conceptos, aspectos básicos y los componentes de un sistema de protección. C2 (TIF):					
PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS					
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDOS ACTITUDINALES	INDICADORES	TOTAL HORAS
1	1. Principios Generales de un sistema de protección. 2. Desarrollo histórico de los sistemas de protección. 3. Exigencia y características de los equipos de protección. 4. Componentes de un sistema de protección. Zonas de protección. 5. Protección principal y de respaldo.	Expone los conceptos y principios fundamentales de los sistemas de protección. Analiza los Componentes y zonas de un sistema de protección. Utiliza los sistemas de protección principal y de respaldo.	Valora los principios fundamentales de los sistemas de protección. Interactúa con programas de simulación de fallas de sistemas eléctricos, para comprender los efectos de las perturbaciones. Participa en la formación de los grupos de trabajo para realizar exposiciones de casos de estudio .	Evalúa los principios fundamentales de la operación de un sistema de protección.	5 (3 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)
2	1. Simbología de los dispositivos utilizados en sistemas de protección. 2. Simbología de las funciones de protección. 3. Determinación de las zonas de protección.	Describe la simbología de las funciones de los diferentes tipos de relés. Determina las zonas de protección de un sistema eléctrico de potencia.	Muestra especial interés en la determinación de las zonas de protección de un sistema eléctrico de potencia. Acepta la simbología de las zonas de protección.	Reconoce la simbología de las funciones de protección. Presenta informe de avance de los casos de estudio.	5 (3 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)
3	1. Teorema de Fortescue. 2. Sistemas Trifásicos de secuencia positiva, negativa y homopolar. 3. Redes de secuencia del generador. 4. Redes de secuencia del transformador. 5. Redes de secuencia de las líneas de transmisión. 6. Redes de secuencia de las cargas. 7. Ejercicios de aplicación.	Reconoce el teorema de Fortescue y su aplicación en el cálculo de falla. Ejecuta y calcula las redes de secuencia de los generadores, transformadores, líneas de transmisión y cargas del sistema eléctrico de potencia.	Valora el contenido del teorema de Fortescue, en la resolución de todos los tipos de corrientes de falla, utilizados en la coordinación de las protecciones.	Reconoce los elementos primarios según sus características.	5 (3 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
 FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

UNIDAD II: CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO Y COORDINACIÓN DE RELÉS DE SOBRECORRIENTE					
DURACIÓN: 4ta, 5ta, 6ta y 7ma semana. Del 25/04/2022 al 21/05/2022					
CAPACIDADES: C1 (E-A): Reconoce la teoría de cálculo de las corrientes de cortocircuito y coordinación de los relés de sobrecorriente. C2 (TIF):					
PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS					
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDOS ACTITUDINALES	INDICADORES	TOTAL HORAS
4	1. Transformador de corriente. 2. Simbología, circuito equivalente y marca de polaridad. 3. Error de un transformador de corriente. 4. Límite térmico. 5. Selección de un transformador de corriente.	Utiliza la representación del transformador de corriente. Analiza los errores y límites térmicos de un transformador de corriente. Selecciona un transformador de corriente.	Valora la importancia de la representación de los transformadores de corriente, para seleccionarlos, aceptando las limitaciones técnicas de los mismos.	Representa los transformadores de corriente de acuerdo a los modelos usados en los estudios de protecciones.	5 (3 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)
5	1. Transformador de tensión. 2. Simbología, circuito equivalente y marca de polaridad. 3. Carga nominal de un transformador de tensión. 4. Cálculo de la carga nominal. 5. Selección de un transformador de tensión.	Utiliza la representación de un transformador de tensión. Calcula la carga nominal de un transformador de tensión. Selecciona un transformador de tensión.	Muestra especial interés en la representación de los transformadores de tensión, para seleccionarlos, aceptando las limitaciones técnicas de los mismos.	Representa los transformadores de tensión, de acuerdo a los modelos usados en los estudios de protecciones..	5 (3 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)
6	1. Cálculo de corrientes de cortocircuitos para fallas simétricas (trifásica y trifásica a tierra). 2. Cálculo de corrientes de cortocircuito para fallas asimétricas (monofásica, bifásica, bifásica a tierra)	Calcula las corrientes de cortocircuitos en caso de fallas simétricas. Calcula las corrientes de cortocircuitos en caso de fallas asimétricas.	Acepta los diferentes tipos de corrientes de falla, que ocurren en un sistema eléctrico de potencia.	Resuelve casos de fallas simétricas y asimétricas.	5 (3 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)
7	1. Relé de sobrecorriente. Principio básico de funcionamiento. 2. Clasificación de los relés de sobrecorriente. 3. Coordinación de la protección con relés de sobrecorriente. 4. Ejemplos de aplicación.	Reconoce los principios de funcionamiento de un relé de sobrecorriente. Resuelve la coordinación de la protección con relés de sobrecorriente.	Valora los diferentes tipos de relés de sobrecorriente. Muestra interés la coordinación de la protección usando relés de sobrecorriente.	Resuelve casos de coordinación de protección, mediante el uso de relés de sobrecorriente..	5 (3 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)
8	EXAMEN PARCIAL: Del 23/05/2022 al 28/05/2022				2

UNIDAD III: PROTECCIÓN DE GENERADORES, TRANSFORMADORES, BARRAS Y LÍNEAS DE TRANSMISIÓN					
DURACIÓN: 9na, 10ma, 11ava y 12ava semana. Del 30/05/2022 al 25/06/2022					
CAPACIDADES: C1 (E-A): Describe el análisis de la protección de generadores, transformadores, barras y líneas de transmisión. C2 (TIF):					
PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS					
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDOS ACTITUDINALES	INDICADORES	TOTAL HORAS
9	1. Protección de generadores síncronos. 2. Tipos de protección del	Describe los tipos de protección de un generador síncrono. Selecciona la protección de un	Participa en la resolución de problemas de protección de generadores síncronos.	Resuelve problemas de protección de generadores	5



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

	<p>generador síncrono.</p> <p>3. Tipos de puesta a tierra de los generadores.</p> <p>4. Efecto de la frecuencia en las turbinas de los generadores térmicos.</p>	<p>generador síncrono.</p> <p>Explica los tipos de puesta a tierra de un generador síncrono.</p>		<p>síncronos.</p>	<p>(3 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)</p>
10	<p>1. Protección de transformadores.</p> <p>2. Tipos de protección de los transformadores.</p> <p>3. Conexión de transformadores de corriente en la protección de transformadores trifásicos.</p> <p>4. Transformador Delta Estrella.</p>	<p>Describe los tipos de protección de un transformador de potencia.</p> <p>Utiliza los tipos de protección de un transformador.</p> <p>Selecciona protección de un transformador.</p>	<p>Comprende cómo resolver los problemas de protección de transformadores de potencia.</p>	<p>Obtiene soluciones a los problemas de protección de transformadores de potencia.</p>	<p>5</p> <p>(3 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)</p>
11	<p>1. Protección de barras de una subestación.</p> <p>2. Tipos de protección de barras en subestaciones.</p> <p>3. Tipos de conexión de barras en subestaciones</p>	<p>Reconoce los tipos de protección de barras.</p> <p>Selecciona la protección de barras.</p>	<p>Valora la importancia de los tipos de protección de barras en una subestación de potencia.</p>	<p>Soluciona problemas de protección de barras en subestaciones de potencia.</p>	<p>5</p> <p>(3 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)</p>
12	<p>1. Protección de líneas de transmisión.</p> <p>2. Tipos de protección de líneas de transmisión.</p> <p>3. Relés Direccionales y de Distancia.</p> <p>4. Teleprotección y esquemas de protección.</p>	<p>Reconoce los tipos de protección de líneas de transmisión.</p> <p>Selecciona protección de líneas de transmisión.</p>	<p>Valora la importancia de los tipos de protección de las líneas de transmisión, en un sistema eléctrico de potencia.</p>	<p>Obtiene la solución de los requisitos de protección de una línea de transmisión.</p>	<p>5</p> <p>(3 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)</p>

UNIDAD IV: ANÁLISIS DE FALLAS Y OSCIOGRAFÍAS DE RELÉS					
DURACIÓN: 13ava, 14ava y 15tava semana. Del 27/06/2022 al 16/07/2022					
CAPACIDADES:					
C1 (E-A): Efectúa el análisis de fallas y el análisis de las oscilografías de los relés.					
C2 (TIF):					
PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS					
SEMANA	CONTENIDOS CONCEPTUALES	CONTENIDOS PROCEDIMENTALES	CONTENIDOS ACTITUDINALES	INDICADORES	TOTAL HORAS
13	<p>1. Programa SIGRA.</p> <p>2. Interpretación de las oscilografías.</p> <p>3. Análisis de falla mediante oscilografías.</p>	<p>Utiliza el programa SIGRA y analiza oscilografías.</p> <p>Interpreta el uso de las oscilografías de los relés.</p> <p>Analiza de fallas mediante las oscilografías de relés.</p>	<p>Valora la importancia del programa SIGRA, en el análisis de las fallas en los sistemas eléctricos.</p> <p>Muestra interés por el análisis de fallas mediante oscilografías.</p>	<p>Resuelve problemas de análisis de fallas, mediante el uso del programa SIGRA.</p>	<p>4</p> <p>(2 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)</p>
14	<p>1. Comité de Análisis de Fallas del COES.</p> <p>2. Metodología para presentar un informe de análisis de falla.</p> <p>3. Ejemplo de aplicación.</p>	<p>Describe las funciones del Comité de Análisis de Falla del COES.</p> <p>Ejecuta la metodología para presentar un informe de análisis de falla.</p>	<p>Acepta la importancia del Comité de Análisis de Falla del COES, en la definición de responsables en las fallas ocasionadas al sistema eléctrico.</p>	<p>Elabora un Informe de Análisis de Falla, para un caso de estudio.</p>	<p>4</p> <p>(2 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)</p>
15	<p>1. Rechazo automático de carga.</p> <p>2. Desconexión automática de generación ante un problema de frecuencia en el sistema eléctrico de potencia.</p>	<p>Aplica los principios del rechazo automático de carga.</p> <p>Analiza la desconexión automática de generación ante un problema de frecuencia en el sistema eléctrico de potencia.</p>	<p>Comprende la importancia que tienen los métodos de rechazo automático de carga y de generación, ante la ocurrencia de fallas.</p>	<p>Elabora informes sobre un caso de rechazo automático de carga y rechazo automático de generación.</p>	<p>4</p> <p>(2 Hs. Teoría 2 Hs Práctica)</p>
16	EXAMEN FINAL: Del 18/07/2022 al 23/07/2022				2



V. ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS

La Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la UNAC, en cumplimiento con lo dispuesto en la Resolución Viceministerial N°085-2020-MINEDU del 01 de abril de 2020, de manera excepcional y mientras duren las medidas adoptadas por el Gobierno está impartiendo educación remota no presencial haciendo uso de una plataforma virtual educativa utilizando tecnologías de la información y comunicación (TIC). La plataforma virtual de la UNAC es parte del Sistema de Gestión Académico (SGA-UNAC) basado en Moodle, en donde los estudiantes, tendrán a su disposición información detallada del curso: el sílabo, la programación de actividades, material de lectura, instrumentos de evaluación de entregables calificados, y los contenidos de la clase estructurados para cada sesión educativa. La plataforma virtual del SGA será complementada con las diferentes soluciones que brinda Google Suite for Education y otras herramientas tecnológicas multiplataforma como soporte de comunicación tales como Google Meet, Classroom, Google Drive, correo institucional y otros como el ZOOM y MS Team, de ser pertinentes. Las estrategias metodológicas para el desarrollo de las sesiones teóricas y prácticas permiten dos modalidades de aprendizaje en los estudiantes:

a. MODALIDAD SINCRÓNICA

Forma de aprendizaje basado en el uso de herramientas que permiten la comunicación no presencial y en tiempo real entre el docente y los estudiantes.

Dentro de la modalidad sincrónica, se hará uso de:

- **Clases dinámicas e interactivas (virtuales):** el docente genera permanentemente expectativa por el tema, a través de actividades que permiten vincular los saberes previos con el nuevo conocimiento, promoviendo la interacción mediante el diálogo y debate sobre los contenidos.
- **Talleres de aplicación (virtuales):** el docente genera situaciones de aprendizaje para la transferencia de los aprendizajes a contextos reales o cercanos a los participantes que serán retroalimentados en clase.
- **Tutorías (virtuales):** Para facilitar la demostración, presentación y corrección de los avances del informe final de investigación.

5.2 MODALIDAD ASINCRÓNICA

Forma de aprendizaje basado en el uso de herramientas que posibilitan el intercambio de mensajes e información entre los estudiantes y el docente, sin interacción instantánea.

Dentro de la modalidad sincrónica, se hará uso de:

- **Aprendizaje basado en proyectos (virtual):** Permite que el estudiante adquiriera conocimientos y competencias mediante la ejecución de su proyecto de consulta, para dar respuesta a problemas del contexto.
- **Portafolio de evidencias (digital):** Permite dar seguimiento a la organización y presentación de evidencias de investigación y recopilación de información para poder observar, contrastar, sugerir, incentivar, preguntar
- **Foro de investigación (virtual):** se realizarán foros de debate, a partir de un reactivo sobre el tema de la sesión de aprendizaje.
- Trabajos colaborativos (remoto) en plataforma virtual de aprendizaje.
- Metodología de búsqueda y administración de información en la web y en ambientes virtuales de aprendizaje.



VI. MATERIALES EDUCATIVOS Y OTROS RECURSOS DIDÁCTICOS:

- Plataformas educativas y de gestión académica.
- Videollamadas utilizando Google Meet, Zoom o MS Team.
- Equipos: Computadora personal para el profesor y dispositivo personal (celular o PC) para los estudiantes.
- Uso de Power Point y archivos PDF.
- Materiales: Separatas digitales, Software Excel, Software de Simulación DigSilent.

VII. EVALUACIÓN DEL APRENDIZAJE

De acuerdo con los artículos 82°, 83°, 84° y 85° del Reglamento General de Estudios de la Universidad Nacional del Callao, aprobado con Res. N ° 185-2017-CU, de fecha 27 de junio del 2017, se tendrá a consideración lo siguiente:

- Participación activa en todas las tareas de aprendizaje.
- Asistencia al 70% de las clases como mínimo.
- El estudiante aprueba si su Promedio Final es mayor o igual a 10.50
- El examen sustitutorio se realizará para reemplazar la nota más baja, de acuerdo con la normativa vigente

El promedio final se obtendrá a través de la siguiente fórmula:

$$PF = 0.4 TIF + 0.3 EP + 0.3 EF$$

PF = Promedio Final

TIF = Trabajo de Investigación Formativa

EP = Examen Parcial

EF = Examen Final

Anotaciones:

- Las intervenciones orales referidas al desarrollo de la asignatura, por parte de los estudiantes durante las clases, pueden ser voluntarias o solicitadas al alumno por el profesor, con la finalidad de observar el proceso de enseñanza-aprendizaje y de motivar la atención del sujeto del aprendizaje.
- La asistencia es obligatoria para la evaluación del alumno, puesto que con el 30% de inasistencias el alumno tendrá como calificativo NSP.



VIII. BIBLIOGRAFÍA

Blackburn, Lewis, Domin, Thomas. (2006). Protective Relaying Principles and Applications. 3ª ed. Estados Unidos: CRC Press, Taylor & Francis Group.

Mason, Rusell. (1994). The Art & Science of Protective Relaying. 1ª ed. Estados Unidos: General Electric.

Montané, Paulino. (2000). Protecciones en las Instalaciones Eléctricas Evolución y Perspectivas. 1ª ed. España: Marcombo.

Hewitson, L., Brown, M., Balakrishnan, R. (2004). Power System Protection. 1ª ed. Inglaterra: Elsevier.

Mujal, Ramón. (2002). Protección de Sistemas Eléctricos de Potencia. 1ª ed. España: CPET-Edicions UPC.

Monticelli, A. (1999). State Estimation in Electric Power Systems, A Generalized Approach. 1ª ed. Estados Unidos: Kluwer Academic Publishers.

Kindermann, Geraldo. (2010). Cortocircuito. 1ª ed. Brasil: LabPlan.

Anderson, Paul. (1999). Power Systems Protection. 1ª ed. Estados Unidos: John Wiley & Sons Ltd.

Anderson, Paul. (1973). Analysis of Faulted Power System. 1ª ed. Estados Unidos: IEEE PRESS Power Systems Engineering Series.

Paithankar, Y., Bhide, S. (2003). Fundamentals of Power System Protection. 1ª ed. India: Prentice-Hall.