

Temario de la asignatura	
<p>Denominación del tema 1: CALIDAD DE SERVICIO (7 horas)</p> <p>Contenidos del tema 1:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción. 2. Compatibilidad electromagnética. Entornos electromagnéticos. 3. Perturbación electromagnética. 4. Marco regulatorio de la calidad de servicio. 5. Continuidad del suministro. <ol style="list-style-type: none"> a. Normativa b. Parámetros e índices de continuidad 6. Calidad del producto. <ol style="list-style-type: none"> a. Normativa b. Perturbaciones en la red eléctrica. Clasificación. 7. Calidad de atención al consumidor. 	
<p>Denominación del tema 2: DISTORSIÓN DE LA FORMA DE ONDA (15 horas)</p> <p>Contenidos del tema 2:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Desajuste de continua <ol style="list-style-type: none"> a. Método de caracterización b. Estándares y normas c. Causas, efectos y soluciones 2. Armónicos de tensión <ol style="list-style-type: none"> a. Método de caracterización b. Estándares y normas c. Causas, efectos y soluciones 3. Interarmónicos <ol style="list-style-type: none"> a. Método de caracterización b. Estándares y normas c. Causas, efectos y soluciones 4. Ruido de conmutación <ol style="list-style-type: none"> a. Método de caracterización b. Estándares y normas c. Causas, efectos y soluciones 5. Ruido genérico <ol style="list-style-type: none"> a. Método de caracterización b. Estándares y normas c. Causas, efectos y soluciones <p>Descripción de las actividades prácticas del tema 2: (6 horas informática y 2 horas seminario)</p> <p>Práctica de informática INF1: Simulación de perturbaciones en un sistema eléctrico: Análisis de armónicos de tensión y desajuste de continua. (2 horas).</p> <p>Práctica de informática INF2: Simulación de distorsión en la tensión en el punto de conexión común debido a la presencia de cargas no lineales. (2 horas).</p> <p>Práctica de informática INF3: Solución para la eliminación de armónicos de tensión en un sistema eléctrico: Uso de transformadores con acoplamientos especiales. (2 horas).</p> <p>Seminario SEM1: Resolución de problemas del tema 2. (2 horas).</p>	
<p>Denominación del tema 3: IMPULSOS Y OSCILACIONES (4 horas)</p> <p>Contenidos del tema 3:</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Método de caracterización b. Estándares y normas c. Causas, efectos y soluciones <p>Descripción de las actividades prácticas del tema 3: (2 horas informática)</p> <p>Práctica de informática INF4: Análisis de oscilaciones de tensión. (2 horas).</p>	

Denominación del tema 4: **HUECOS E INTERRUPCIONES DE TENSIÓN (2 horas)**

Contenidos del tema 4:

- a. Método de caracterización
- b. Estándares y normas

Causas, efectos y soluciones

Denominación del tema 5: **SOBRETENSIONES TEMPORALES (4 horas)**

Contenidos del tema 5:

- a. Método de caracterización
- b. Estándares y normas
- c. Causas, efectos y soluciones

Descripción de las actividades prácticas del tema 5: (2 horas laboratorio)

Práctica de laboratorio LAB1: Manejo de equipos analizadores de calidad: Caracterización de cargas no lineales. (2 horas).

Denominación del tema 6: **OTRAS PERTURBACIONES (8 horas)**

Contenidos del tema 6:

1. Desequilibrio
 - a. Método de caracterización
 - b. Estándares y normas
 - c. Causas, efectos y soluciones
2. Parpadeo o flicker
 - a. Método de caracterización
 - b. Estándares y normas
 - c. Causas, efectos y soluciones
3. Variaciones de frecuencia
 - a. Método de caracterización
 - b. Estándares y normas
 - c. Causas, efectos y soluciones

Descripción de las actividades prácticas del tema 6: (2 horas laboratorio y 2 horas seminario)

Práctica de laboratorio LAB2: Medidas de campo con un analizador de calidad. (2 horas).

Seminario SEM2: Resolución de problemas del tema 6. (2 horas).

Denominación del tema 7: **MÉTODOS DE PREVENCIÓN Y CORRECCIÓN DE PERTURBACIONES: FILTROS PASIVOS (7,5 horas)**

Contenidos del tema 7:

1. Topologías y parámetros de un filtro pasivo RLC
2. Criterios generales de diseño de filtros pasivos
3. Corrección de filtros pasivos. Ventajas e inconvenientes
4. Dimensionamiento de filtros pasivos
5. Caso práctico

Descripción de las actividades prácticas del tema 7: (1,5 horas seminario)

Seminario SEM3: Resolución de problemas del tema 7. (1,5 horas).

Actividades formativas								
Horas de trabajo del estudiante por tema		Horas Gran grupo	Actividades prácticas				Actividad de seguimiento	No presencial
Tema	Total		GG	CH	L	O		
1	17	7						10
2	32,5	7			6	2	1,5	16
3	14,5	2			2			10,5
4	11	2						9
5	14	2		2				10
6	26,5	4		2		2	1,5	17
7	22,5	6				1,5		15
Evaluación	12				2			10
Prueba Final	12				2			10
TOTAL	150	30		4	10	5,5	3	97,5

GG: Grupo Grande (85 estudiantes).

CH: Actividades de prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)

L: Actividades de laboratorio o prácticas de campo (15 estudiantes)

O: Actividades en sala de ordenadores o laboratorio de idiomas (20 estudiantes)

S: Actividades de seminario o de problemas en clase (40 estudiantes).

TP: Tutorías Programadas (seguimiento docente, tipo tutorías ECTS).

EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo, y lectura de bibliografía.

Metodologías docentes

De entre las metodologías docentes incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

Metodologías docentes	Se indican con una "X" las utilizadas
1. Explicación y discusión de los contenidos teóricos.	X
2. Resolución, análisis y discusión de ejemplos de apoyo o de problemas previamente propuestos.	X
3. Exposición de trabajos previamente encargados a los estudiantes.	
4. Desarrollo en laboratorio, aula de informática, campo, etc., de casos prácticos.	X
5. Resolución de dudas puntuales en grupos reducidos, para detectar posibles problemas del proceso enseñanza-aprendizaje y guía en los trabajos, prácticas y estudio del estudiante.	X
6. Búsqueda de información previa al desarrollo del tema o complementaria una vez que se han realizado actividades sobre el mismo.	X
7. Elaboración de trabajos, individualmente o en grupos.	X
8. Estudio de cada tema, que puede consistir en: estudios de contenidos, preparación de problemas o casos, preparación del examen, etc.	X
9. Visitas técnicas a instalaciones	X

Resultados de aprendizaje

Adquirir una visión generalizada de los problemas y soluciones relacionados con la calidad del servicio eléctrico. Manejar adecuadamente instrumentación para la medida de la calidad eléctrica. Conocer programas de simulación que permitan analizar las perturbaciones de un sistema eléctrico de potencia y sus métodos de prevención y corrección.

Sistemas de evaluación

Criterios de evaluación:

1. Demostrar la comprensión de los principales conceptos de la asignatura, exponiendo con claridad y rigor los conocimientos adquiridos
Relacionado con las competencias CETE3-CETE5, CB1, CB2, CB4, CB5, CG1, CG2, CG5-CG7, CG11, CT3-CT5, CT6.
2. Demostrar la capacidad técnica para analizar y caracterizar las perturbaciones de un sistema eléctrico y aplicar el marco regulatorio vigente
Relacionado con las competencias CETE3-CETE5, CB1-CB3, CB5, CG1,CG2, CG4-CG8, CG10-CG11, CT1-CT6, CT8.
3. Ser capaz de realizar modelos de simulación para analizar las causas y los efectos de las perturbaciones de un sistema eléctrico y las posibles soluciones para su corrección
Relacionado con las competencias CETE3-CETE5, CB2, CB3, CG3-CG6, CG10, CT1-CT3, CT6.
4. Analizar críticamente y con rigor los resultados de las actividades prácticas
Relacionado con las competencias CETE3-CETE5, CB2-CB3, CG4-CG7, CT2, CT3, CT5, CT6.
5. Demostrar un adecuado manejo de la instrumentación para el análisis de la calidad eléctrica, así como de los programas de simulación empleados en la asignatura
Relacionado con las competencias CETE3-CETE5, CB2, CB5, CG3, CG6, CG9-CG11, CT1, CT4, CT5, CT7, CT9.

Actividades de evaluación:

De entre las actividades de evaluación incluidas en el plan de estudios del título, en la presente asignatura se utilizan las siguientes:

	Rango establecido	Convocatoria ordinaria	Convocatoria extraordinaria	Evaluación global
1. Examen final teórico/práctico y/o exámenes parciales acumulativos y/o eliminatorios.	0%-80%			70%
2. Aprovechamiento de actividades prácticas realizadas en: aula, laboratorio, sala de ordenadores, campo, visitas, etc.	0%-50%	50%	50%	30%
3. Resolución y entrega de actividades (casos, problemas, informes, trabajos, proyectos, etc.), individualmente y/o en grupo (GG, SL, ECTS).	0%-50%	50% (NR)	50% (NR)	
4. Participación activa en clase.	0%-10%			
5. Asistencia a las actividades presenciales.	0%-10%			

Descripción de las actividades de evaluación:

EVALUACIÓN CONTINUA

AE2: Aprovechamiento de actividades prácticas (50% nota final).

Al finalizar cada sesión práctica de laboratorio/ordenador, se evaluará su aprovechamiento mediante la realización de una prueba práctica y/o la resolución de una memoria técnica. Además, se propondrán algunos casos prácticos de simulación a lo largo del curso que el alumno tendrá que entregar individualmente. Cada prueba, memoria o caso se calificará entre 0 y 10

puntos. Si la media de las notas obtenidas es igual o superior a **5 puntos**, ésa será la calificación final del alumno en la actividad AE2.

En caso contrario, el alumno realizará una prueba práctica el día asignado al examen final de la asignatura, consistente en un montaje/simulación junto con la resolución de una memoria técnica que demuestre que ha adquirido los conocimientos prácticos impartidos a lo largo del curso. Esta prueba se calificará entre 0 y 10 puntos, siendo necesario obtener una calificación igual o superior a **5 puntos** para superar la actividad AE2. Esta actividad es **RECUPERABLE** en la convocatoria extraordinaria.

Con esta actividad de evaluación los alumnos trabajan la competencia transversal de ENAEE CTE3 - Demostrar conciencia sobre la responsabilidad de la aplicación práctica de la ingeniería, el impacto social y ambiental, y compromiso con la ética profesional, responsabilidad y normas de la aplicación práctica de la ingeniería.

AE3: Resolución y entrega de actividades (50% nota final).

A lo largo del curso se propondrán varios casos prácticos/actividades que el alumno tendrá que entregar individualmente y/o en grupo. Cada caso/actividad se calificará entre 0 y 10 puntos. La calificación final de la actividad AE3 será la media de las notas obtenidas en cada caso/actividad, siendo necesario obtener una calificación final igual o superior a **5 puntos**. Esta actividad es **NO RECUPERABLE** en la convocatoria extraordinaria.

Con esta actividad de evaluación los alumnos trabajan las competencias transversales de ENAEE CTE1 - Funcionar de forma efectiva tanto de forma individual como en equipo y CTE3 - Demostrar conciencia sobre la responsabilidad de la aplicación práctica de la ingeniería, el impacto social y ambiental, y compromiso con la ética profesional, responsabilidad y normas de la aplicación práctica de la ingeniería.

Los alumnos que no obtengan la calificación mínima en las actividades 2 o 3, tendrán como **nota final** de la asignatura el mínimo entre 4,5 y la calificación obtenida a partir de las actividades 2 y 3 valoradas con su correspondiente ponderación.

EVALUACIÓN GLOBAL

La evaluación global tendrá lugar el mismo día asignado al examen final de cada convocatoria por la Subdirección de Ordenación Académica de la E.II.II. Constará de las siguientes pruebas:

AE1: Examen final (70% nota final).

Se realizará un examen final escrito, que constará de cuestiones teóricas y/o problemas, que se calificarán entre 0 y 10 puntos. Será necesaria una nota media de **5 puntos para superar el examen**. Esta actividad es **RECUPERABLE** en la convocatoria extraordinaria.

AE2: Prueba de laboratorio/informática (30% nota final).

Se realizará una prueba práctica de la asignatura, consistente en un montaje/simulación junto con la resolución de una memoria técnica que demuestre que el alumno ha adquirido los conocimientos prácticos impartidos a lo largo del curso. Esta prueba se calificará entre 0 y 10 puntos y es **RECUPERABLE** en la convocatoria extraordinaria.

Los alumnos que no superen la actividad 1, tendrán como **nota final** de la asignatura el mínimo entre 4 y la calificación obtenida a partir de las actividades 1 y 2 valoradas con su correspondiente ponderación.

Bibliografía (básica y complementaria)

Bibliografía Básica:

1. M.I. Milanés Montero, E. Romero Cadaval, F. Barrero González, "Calidad de Servicio en un Sistema Eléctrico de Potencia". Ed. Universidad de Extremadura. Escuela de Ingenierías Industriales, 2011. ISBN: 978-84-933682-6-5
2. UNE-EN 50160:2023. Características de la tensión suministrada por las re-des generales de distribución. 2023. AENOR
3. UNE-EN 61000-2-2:2003. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2-2: Entorno. Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja

- frecuencia y la transmisión de señales en las redes de suministro público en baja tensión. 2003. AENOR
4. UNE-EN 61000-2-12:2004. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 2-12: Entorno. Niveles de compatibilidad para las perturbaciones conducidas de baja frecuencia y la transmisión de señales en las redes de distribución pública en media tensión. 2004. AENOR
 5. IEEE Std. 519-2022. IEEE Recommended Practice and Requirements for Harmonic Control in Electric Power Systems. 2022. IEEE Power and Energy Society
 6. UNESA. Guía sobre la calidad de la onda en redes eléctricas. Grupo de Trabajo Calidad de Onda, 1996
 7. Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico (BOE nº 310 de 27/12/2013).
 8. Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica (BOE nº 310 de 27/12/2000).
 9. Orden ECO/797/2002 de 22 de marzo, por la que se regula el procedimiento de medida y control de la continuidad del suministro (BOE nº 89 de 13/04/2002).
 10. UNE-EN IEC 61000-3-2:2019. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-2: Límites. Límites para las emisiones de corriente armónica (equipos con corriente de entrada ≤ 16 A por fase). 2019. AENOR.
 11. UNE-EN 61000-3-12:2012. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-12: Límites para las corrientes armónicas producidas por los equipos conectados a las redes públicas de baja tensión con corriente de entrada > 16 A y ≤ 75 A por fase. 2012. AENOR.

Bibliografía Complementaria:

1. J. Carpio, J.V. Míguez, R. Guirado, J.L. Valle-Inclán, "Alimentación de cargas críticas y calidad de la energía eléctrica". Ed. UNED, 2013. ISBN: 978-84-362-6595-8.
2. A. Moreno, "Calidad de la energía eléctrica. De la electrónica a las Smart Grids". Ed. Pearson España, 2014. ISBN: 978-84-9035-273-1.
3. M.H. Bollen, "Understanding Power Quality Problems: Voltage sags and interruptions". Wiley-IEEE Press. 2000. ISBN: 978-0-780-34713-7.
4. A. Emadi, A. Nasiri, S. B. Bekiarow, "Uninterruptible Power Supplies and Active Filters". CRC Press. 2017. ISBN: 978-14200378-6-9.
5. H. Akagi, "New Trends in Active Filters for Power Conditioning". IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 32, no. 6, pp. 1312 - 1322. 1996.
6. H. Akagi, "The state-of-the-art of active filters for power conditioning". 2005 European Conference on Power Electronics and Applications, pp. 1-15. 2005.
7. C. Roncero Clemente, M.I. Milanés Montero, E. Romero Cadaval, E. González Romera, F. Barrero González, "Medida de energía en condiciones de distorsión y desequilibrio". DYNA, vol. 86, no. 5, pp. 567-574. 2011. ISSN 0012-7361.
8. N.G. Hingarani, L. Gyugyi, "Understanding FACTS: Concepts and Technology of Flexible Alternating Current Transmission Systems". IEEE Press. 2000. ISBN: 978-04-705-4680-2.
9. Ley 2/2002, de 25 de abril, de protección de la calidad del suministro eléctrico en Extremadura (DOE nº 55 de 14/05/2002).
10. Decreto 58/2007, de 10 de abril, por el que se regula el procedimiento de control de la continuidad en el suministro eléctrico y las consecuencias derivadas de su incumplimiento (DOE nº 44 de 17/04/2007)

11. IEEE Std. 1459-2010. IEEE Standard Definitions for the Measurement of Electric Power Quantities under Sinusoidal, Nonsinusoidal, Balanced, or Unbalanced Conditions. 2010. IEEE. Actualmente en revision hasta 2025.
12. UNE-EN 61000-4-30:2015. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-30: Técnicas de ensayo y de medida. Métodos de medida de la calidad de suministro. 2015. AENOR.
13. UNE-EN 61000-4-11:2021 y UNE-EN IEC 61000-4-11:2021/AC:2022-10. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-11: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayos de inmunidad a los huecos de tensión, interrupciones breves y variaciones de tensión. 2021. AENOR.
14. UNE-EN 61000-3-3:2013. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3-3: Límites. Limitación de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de suministro de baja tensión para equipos con corriente asignada ≤ 16 A por fase y no sujetos a una conexión condicional. Versión corregida 12/02/2014. AENOR.
15. UNE-EN 61000-3-11:2020. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 3: Límites. Sección 11: Límites de las variaciones de tensión, fluctuaciones de tensión y flicker en las redes públicas de alimentación de baja tensión. Equipos con corriente de entrada ≤ 75 A y sujetos a una conexión condicional. 2020. AENOR.
16. UNE-EN 61000-4-14:2001, UNE-EN 61000-4-14:2001/A1:2005 y UNE-EN 61000-4-14:2001/A2:2010. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-14: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayo de inmunidad a las fluctuaciones de tensión para los equipos cuya corriente de entrada no supere los 16 A por fase. AENOR.
17. UNE-EN 61000-4-15:2012. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-15: Técnicas de ensayo y de medida. Medidor de flicker. Especificaciones funcionales y de diseño. 2012. AENOR.
18. UNE-EN 61000-4-27:2002 y UNE-EN 61000-4-27:2002/A1:2009. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-27: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayo de inmunidad a los desequilibrios para los equipos con corriente de entrada no superior a 16 A por fase. AENOR.
19. UNE-EN 61000-4-28:2000, UNE-EN 61000-4-28:2000/A1:2005 y UNE-EN 61000-4-28:2000/A2:2009. Compatibilidad electromagnética (CEM). Parte 4-28: Técnicas de ensayo y de medida. Ensayo de inmunidad a la variación de la frecuencia de alimentación para los equipos con corriente de entrada no superior a 16 A por fase. AENOR.

Otros recursos y materiales docentes complementarios

1. The MathWorks, Inc. "Simulink® User's Guide". 2017. Disponible online en https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/simulink/sl_using.pdf
2. The MathWorks, Inc. "Simscape™ User's Guide". 2017. Disponible online http://cn.mathworks.com/help/pdf_doc/physmod/simscape/simscape Ug.pdf.
3. <http://www.ree.es/es/actividades/gestor-de-la-red-y-transportista/calidad-de-servicio>. Red Eléctrica de España. Calidad de servicio.
4. Alex McEachern. Power Quality Teaching Toy (versión 3.0.4). Power Standards Lab. Aplicación disponible en <https://www.powerstandards.com/resources/teaching-toy/>.
5. <http://www.fluke.com>. Página web de Fluke. Fabricante de equipos de medida y ensayos eléctricos.
6. <http://circuitor.es/es>. Página web de Circuitor. Fabricante de equipos de medida y ensayos eléctricos.

Tema 1

7. <http://www.minetad.gob.es/energia/electricidad/CalidadServicio/Paginas/IndexCalidad.aspx>. Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital. Calidad de servicio.
8. <https://sedeaplicaciones.minetur.gob.es/eee/Conexion/SubMenu.aspx?loc=24>. Dirección de acceso a la aplicación CEL, desarrollada por el MINETAD, para consultar los índices de calidad de suministro zonal anuales.

Tema 2

9. Fluke Corporation. "How to use a Harmonics Test in a Fluke 435 Power Quality Analyzer". Vídeo disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=sC4vQrubAfk>.
10. Jim Johnson. "Harmonics - Power Quality Basics. Causes, effects and solutions". Voltimum - Schneider Electric. 2016. Webinar disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=2XvAuc1tJks>.
11. <https://www.youtube.com/watch?v=ZBRUG3wT3Yg>. Vídeo "Harmonics". Yaskawa America. 2013.

Temas 3 – 5

12. https://www.youtube.com/watch?v=6VgD_nsXvP0. Vídeo explicativo sobre los huecos de tensión. Power Systems Experience Center. Eaton. 2016.
13. <https://www.youtube.com/watch?v=JUdlpibumUo>. Vídeo con la presentación "Voltage dips and short interruptions". Leonardo Energy. 2015.

Tema 6

14. <https://www.youtube.com/watch?v=vGFgDSkdZjM>. Vídeo básico sobre variaciones de frecuencia. 2012. Enerdynamics.

Tema 7

15. https://library.e.abb.com/public/897462d590876b5fc125791a003bd1e0/1TXA007107G0701_CT8.pdf. Corrección del factor de potencia y filtrado de armónicos en las instalaciones eléctricas. ABB, fabricante de material eléctrico y soluciones energéticas.
16. <https://www.schneider-electric.es/es/product-subcategory/4340-filtros-activos/>. Página de Schneider Electric, fabricante de material eléctrico y soluciones energéticas.
17. <http://circuitor.es/es/productos/compensacion-de-energia-reactiva-y-filtrado-de-armonicos/filtros-de-armonicos>. Circuitor, fabricante de equipos de medida y ensayos eléctricos.