

Programa del curso EL-5513

## **Comunicaciones Eléctricas I**

Escuela de Ingeniería Electrónica  
Licenciatura en Ingeniería Electrónica

[Última revisión del programa: 8 de febrero de 2021]

## I parte: Aspectos relativos al plan de estudios

### 1 Datos generales

<b>Nombre del curso:</b>	Comunicaciones Eléctricas I
<b>Código:</b>	EL-5513
<b>Tipo de curso:</b>	Teórico
<b>Electivo:</b>	No
<b>N.º Créditos:</b>	4
<b>N.º horas clase/semana:</b>	4 h
<b>N.º horas extraclase/semana:</b>	8 h
<b>% de las áreas curriculares:</b>	Ciencias de la Ingeniería (ES) 75 % Diseño en Ingeniería (ED) 25 %
<b>Ubicación en plan de estudios:</b>	VIII Semestre
<b>Requisitos:</b>	EL 4514 Teoría Electromagnética II EL 4703 Señales y Sistemas
<b>Correquisitos:</b>	No tiene
<b>El curso es requisito de:</b>	EL-5521 Comunicaciones Eléctricas II
<b>Asistencia:</b>	Obligatoria
<b>Suficiencia:</b>	Sí
<b>Posibilidad de reconocimiento:</b>	Sí
<b>Vigencia del programa:</b>	I Semestre 2021

## 2. Descripción General

Este curso comprende el estudio de los fundamentos de sistemas eléctricos de comunicación y la teoría de la información, abordando los conceptos principales que permiten caracterizar los sistemas de comunicaciones analógicos y digitales. Además, se estudian los principales esquemas de modulación analógica y digital, considerando las características más relevantes de los canales físicos.

El curso busca desarrollar los siguientes atributos de egreso, de acuerdo con la definición del ente acreditador Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB).

Atributo	Nivel
Conocimiento Base de Ingeniería	Medio
Uso de Herramientas de Ingeniería	Medio
Análisis de Problemas	Medio
Economía y Administración de Proyectos	Inicial

En casos de estudiantes con necesidades educativas especiales se elaborará un plan específico de atención con ayuda del Departamento de Orientación y Psicología.

## 3. Objetivos

El estudiante muestra capacidad suficiente y conocimiento pleno para:

Analizar sistemas de comunicaciones analógicos y digitales con base en la estrategia de implementación y en términos de la aplicación, el canal físico y la modulación/codificación.

### Objetivos Específicos

El estudiante estará en capacidad de:

- 3.1 Analizar los componentes de sistemas y redes eléctricas de comunicación que están presentes en dispositivos electrónicos modernos.
- 3.2 Comparar los métodos de modulación analógica considerando efectos no ideales tales como ruido y distorsión.
- 3.3 Distinguir los principales acercamientos para modular y codificar señales digitales, considerando efectos no ideales.
- 3.4 Comprender los requerimientos de canales de comunicación prácticos y los fundamentos de la teoría de la información y codificación.
- 3.5 Aplicar los fundamentos teóricos en la resolución de problemas para sistemas de comunicación analógicos y digitales.
- 3.6 Diseñar soluciones para etapas en sistemas de comunicaciones mediante herramientas matemáticas y de simulación en radiofrecuencia.
- 3.7 Comprender el rol de las comunicaciones eléctricas en las actividades económicas y sociales de nuestro entorno.

Objetivos del curso	Atributo	Nivel*
3.1 Analizar los componentes de sistemas y redes de comunicación eléctricas que están presentes en dispositivos electrónicos modernos.	Conocimiento Base de Ingeniería	M
3.2 Comparar los métodos de modulación analógica considerando efectos no ideales tales como ruido y distorsión.	Conocimiento Base de Ingeniería	M
3.3 Distinguir los principales acercamientos para modular y codificar señales digitales, considerando efectos no ideales.	Conocimiento Base de Ingeniería	M
3.4 Comprender los requerimientos de canales de comunicación prácticos y los fundamentos de la teoría de la información y codificación.	Conocimiento Base de Ingeniería	M
3.5 Aplicar los fundamentos teóricos en la resolución de problemas para sistemas de comunicación analógicos y digitales.	Análisis de Problemas	M
3.6 Diseñar soluciones para etapas en sistemas de comunicaciones mediante herramientas matemáticas y de simulación en radiofrecuencia.	Uso de Herramientas de Ingeniería	M
3.7 Comprender el rol de las comunicaciones eléctricas en las actividades económicas y sociales de nuestro entorno.	Economía y Administración de Proyectos	I

\* Nivel de desarrollo de cada atributo: Inicial, Inter**M**edio o **A**vanzado.

**4. Contenido y cronograma** Las 16 semanas que abarca el curso se distribuyen en los siguientes temas:

**1. Generalidades de sistemas de comunicación 2,0 Semanas**

- 1.1. Estructura general y requisitos de un sistema de comunicaciones
- 1.2. Unidades logarítmicas
- 1.3. Representación de señales banda-base y pasa-banda
- 1.4. Redes de comunicación, topología y arquitecturas
- 1.5. Medios de comunicación
- 1.6. Tecnologías de transporte de señales
- 1.7. Aplicaciones de sistemas de comunicación
- 1.8. Espectro radioeléctrico y legislación

**2. Procesos aleatorios y estocásticos 1,5 Semanas**

- 2.1. Variables y procesos aleatorios
- 2.2. Funciones de promedio, varianza y covarianza
- 2.3. Densidad espectral de potencia
- 2.4. Distribución gaussiana

**3. Ruido y distorsión en sistemas electrónicos 2,5 Semanas**

- 3.1. Fuentes de ruido y sus tipos
- 3.2. Ruido a través de sistemas LTI
- 3.3. Ruido de banda angosta
- 3.4. Temperatura y figura de ruido
- 3.5. Modelos estocásticos
- 3.6. Distorsión en sistemas electrónicos
- 3.7. Distorsión lineal (amplitud y fase)
- 3.8. Distorsión no lineal (THD e IMP)
- 3.9. Distorsión por multi-trayectoria

**4. Modulación de onda continua 3,5 Semanas**

- 4.1. Modulación de amplitud (AM)
- 4.2. Generación y detección de AM
- 4.3. Recepción heterodina y superheterodina
- 4.4. Modulación de fase (PM)
- 4.5. Modulación en frecuencia (FM)
- 4.6. Generación y detección de FM
- 4.7. Lazo de seguimiento de fase (PLL)

**Parcial I**

**5. Ruido en modulaciones de onda continua 1,5 Semanas**

- 5.1. Modelo del receptor y figura de mérito
- 5.2. Ruido en receptores AM (DSB-SC y DSB-LC)
- 5.3. Efecto umbral en AM
- 5.4. Ruido en receptores FM
- 5.5. Efectos de captura y umbral en FM
- 5.6. Pre-énfasis y de-énfasis en FM

## 6. Modulación de pulsos

2,0 Semanas

- 6.1. Muestreo y cuantificación de señales
- 6.2. Modulación por amplitud de pulso (PAM)
- 6.3. Multicanalización por división en el tiempo (TDM)
- 6.4. Modulación por posición de pulso (PPM)
- 6.5. Modulación por codificación de pulso (PCM)
- 6.6. Modulación delta

## 7. Modulación digital en pasa banda

3,0 Semanas

- 7.1. Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK)
- 7.2. Modulación por desplazamiento de fase (PSK)
- 7.3. Modulación por desplazamiento de frecuencia(FSK)
- 7.4. Sistemas de transmisión de M-ario
- 7.5. Efectos de ruido
- 7.6. Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)

**Parcial II**

## II parte: Aspectos operativos

### 5. Metodología enseñanza aprendizaje

Exposición magistral de la teoría con interacción de parte del estudiante y resolución de problemas de cálculo en la clase por parte del profesor. El curso es de 4 créditos y por tanto exige 12 horas de trabajo semanal: 4 h en lecciones más 8 h de trabajo individual o grupal. Un factor clave para el éxito del estudiante es el estudio y resolución e ejercicios extra clase.

### 6. Evaluación

La evaluación consta de dos exámenes parciales y quices, tareas o prácticas.

Quices, tareas o prácticas		20 %
Examen parcial 1	S 01/05/2021 (10)	40 %
Examen parcial 2	K 22/06/2021 (18)	40 %
Examen de reposición	L 28/06/2021 (19)	

Por la naturaleza del contenido del curso, la evaluación es acumulativa en conocimientos. La reprogramación de un examen se hará según lo estipulado en el artículo 66 del REGLAMENTO DEL RÉGIMEN ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DEL TECNOLÓGICO DE COSTA RICA Y SUS REFORMAS.

## 7. Bibliografía Obligatoria:

- [1] S. Haykin. *Sistemas de comunicación*. Limusa Wiley, 4.<sup>a</sup> edición, 2001.

### Complementaria:

- [2] S. Haykin y M. Moher. *Communication Systems*. Limusa Wiley, 5.<sup>a</sup> edición, 2009.
- [3] F.G. Stremler. *Introducción a los sistemas de comunicación*. Addison-Wesley Iberoamericana, 1993.
- [4] J. Proakis y M. Salehi. *Digital Communications*. McGraw-Hill Education, 2008.
- [5] B. Sklar. *Digital Communications: Fundamentals and Applications*. Prentice Hall, 2.<sup>a</sup> edición, 2001.
- [6] R. Castro-Lechtaler y R. J. Fusario. *Comunicaciones*. Alfaomega, 2013.
- [7] E. A. Lee y Messerschmitt D. G. *Digital Communication*. Springer, 1988.
- [8] B.P. Lathi y Z. Ding. *Modern Digital and Analog Communications Systems*. Oxford, 4.<sup>a</sup> edición, 2009.
- [9] M. Fitz. *Fundamentals of Communications Systems*. McGraw-Hill Education, 2007.
- [10] R.E. Ziemer y W.H. Tranter. *Principles of Communications, 7th Edition*. John Wiley & Sons, 2014.
- [11] L.W. Couch. *Sistemas de comunicación digitales y analógicos 7th Edition*. Pearson Educación, 2008.
- [12] S. Haykin y M. Moher. *An Introduction to Analog and Digital Communications, 2nd Edition*. Wiley, 2006.
- [13] A.B. Carlson. *Sistemas de comunicación*. McGraw-Hill, 1980.
- [14] J.G. Proakis y M. Salehi. *Fundamentals of Communication Systems, Global Edition*. Pearson Education Limited, 2015.
- [15] W. Tomasi, G.M. Hernández y V.G. Pozo. *Sistemas de comunicaciones electrónicas*. Pearson Educación, 2003.

**8. Profesor**

Dra.-Ing. Laura Cabrera Quirós. Inteligencia artificial.

Correo-e [lcabrera@tec.ac.cr](mailto:lcabrera@tec.ac.cr)  
Consulta Martes y Jueves 13:00-15:00  
Oficina K1-424  
URL <https://tecdigital.tec.ac.cr>

Ing. Aníbal Coto Cortés, M.Sc. Teoría electromagnética y comunicaciones.

Correo-e [acotoc@tec.ac.cr](mailto:acotoc@tec.ac.cr)  
Consulta Miércoles, Jueves y Viernes 09:30-11:30  
Oficina 313  
URL <https://tecdigital.tec.ac.cr>

Dr.-Ing. Saúl Guadamuz Brenes. Teoría electromagnética y comunicaciones.

Correo-e [sguadamuz@tec.ac.cr](mailto:sguadamuz@tec.ac.cr)  
Consulta Lunes y Miércoles 08:50-11:30  
Oficina Coordinación de IE-SC  
URL <https://tecdigital.tec.ac.cr>