Ministerio de Cultura y Educación
Universidad Nacional de San Luis
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales
Departamento: Electrónica
Area: Electrónica

(Programa del año 2020)
(Programa en trámite de aprobación)
(Presentado el 17/09/2020 13:12:20)

I - Oferta Académica

Materia	Carrera	Plan	Año	Período
COMUNICACIONES I	ING.ELECT.O.S.D	010/05	2020	2° cuatrimestre
COMUNICACIONES I	ING.ELECT.O.S.D	13/08	2020	2° cuatrimestre

II - Equipo Docente

Docente	Función	Cargo	Dedicación
CALDERON RIVERO, SERGIO DANIEL	Prof. Responsable	P.Adj Simp	10 Hs
HERNANDEZ VELAZQUEZ, SERGIO FE	Prof. Co-Responsable	A.1ra Exc	40 Hs
GERAIGES MAGRINI, ALEJANDRO MA	Auxiliar de Práctico	A.1ra Semi	20 Hs

III - Características del Curso

Credito Horario Semanal				
Teórico/Práctico	**Teóricas**	**Prácticas de Aula**	**Práct. de lab/ camp/ Resid/ PIP, etc.**	**Total**
Hs	4 Hs	2 Hs	1 Hs	7 Hs

Tipificación	Periodo
B - Teoria con prácticas de aula y laboratorio	2º Cuatrimestre

Duración			
Desde	**Hasta**	**Cantidad de Semanas**	**Cantidad de Horas**
22/09/2020	18/12/2020	13	90

IV - Fundamentación

Los futuros ingenieros, en la especialidad Electrónica con orientación en Sistemas Digitales, deben contar con herramientas y conocimientos modernos sobre los sistemas de comunicaciones, dado el impacto que estos últimos tienen en el desarrollo de la industria, los servicios y el quehacer cotidiano de las personas. Además, la innovación tecnológica y la acelerada convergencia entre las comunicaciones y las tecnologías de la información, hacen de este curso un elemento clave para la formación integral de los futuros ingenieros y su preparación para enfrentar el mercado laboral. Esta es la primera parte de dos cursos cuatrimestrales, cuya finalidad es que el alumno adquiera conocimientos integrales sobre el vasto sector de las comunicaciones.

V - Objetivos / Resultados de Aprendizaje

El principal objetivo del curso es que el alumno aprenda los conceptos básicos de la teoría de las comunicaciones, desarrolle experiencias prácticas y de simulación, resuelva problemas habituales en la especialidad y se interiorice de los principios que rigen a los actuales sistemas de comunicaciones.
Al finalizar el curso el alumno debe ser capaz de entender:
· Los principios básicos del tratamiento de señales y sistemas, en sus formas continuas y discretas, a través del análisis de Fourier y de Hilbert, en el dominio del tiempo y de la frecuencia.
· La teoría de la probabilidad y las variables y procesos aleatorios, con énfasis en su aplicación a la teoría de ruido y sus implicancias prácticas.

· Los conceptos básicos de un sistema de comunicación, sus componentes, su modelización y las variables que lo apartan del sistema ideal.
· Los métodos de modulación y demodulación, tanto de onda continua (comunicaciones analógicas) como de pulsos, esta última en su versión analógica y digital.
· La transmisión de las señales en banda-base y en pasa-banda, conjuntamente con las técnicas de multiplexación, el análisis de ruido, la probabilidad de errores y los usos prácticos.
· Las técnicas de modulación-demodulación y transmisión empleadas en sistemas inalámbricos, como es el caso de las técnicas de espectro expandido.
· Los límites fundamentales en la teoría de la información, a través de sus principios básicos y modelizaciones.

VI - Contenidos

BOLILLA I: Introducción a la Teoría de las Comunicaciones
Breve historia de las comunicaciones. Proceso de comunicación. Elementos de un sistema de comunicación, contaminaciones. Modos de comunicaciones. Diferentes tipos de fuentes de información. Diferentes tipos de canales de comunicaciones. Señales de banda-base y pasa-banda. Representación de señales y sistemas; conceptos de análisis de Fourier. Consideraciones probabilísticas iniciales. El proceso de modulación; porque se modula; tipos de modulación. Recursos primarios en comunicaciones; potencia y ancho de banda. Teoría de la información y codificación; síntesis de los teoremas fundamentales. Comunicaciones analógicas vs. Digitales. Radio definida por software, GnuRadio.

BOLILLA II: Análisis Espectral. Representación de Señales y Sistemas
Funciones de transferencia y respuesta en frecuencia. Transformada de Fourier; espectro continuo; pulso rectangular; pulso exponencial. Propiedades de la transformada de Fourier; linealidad; cambio de escala; dualidad; retardo en el tiempo; traslación en frecuencia; área bajo g(t); área bajo G(f); multiplicación en el dominio del tiempo; convolución en el dominio del tiempo. Teorema de la energía de Rayleigh. Relación inversa entre tiempo y frecuencia; ancho de banda. Función delta de Dirac y sus aplicaciones. Transformada de Fourier de señales periódicas. Transmisión de señales a través de sistemas lineales; respuesta en el tiempo; causalidad y estabilidad; respuesta en frecuencia; criterio de Paley-Wiener. Filtros; tipos de filtros; criterios básicos de diseños de filtros. Transformada de Hilbert; propiedades de la transformada de Hilbert. Pre-envolvente. Compleja Envolvente. Representación Canónica de Señales Pasa-banda. Retardo de fase y retardo de grupo.

BOLILLA III: Procesos y Señales Aleatorias. Ruido (Principios básicos)
Teoría de la probabilidad; aproximación por la frecuencia relativa; axiomas de probabilidad; propiedades; probabilidad condicional. Variables aleatorias; función de distribución acumulativa; propiedades; función de densidad de probabilidad; distribución uniforme. Varias variables aleatorias; función de distribución conjunta; función de densidad de probabilidad conjunta; densidad marginal. Promedios estadísticos; valor medio o esperado. Función de una variable aleatoria. Momentos; momento central; varianza; desviación estándar; inequidad de Chebyshev; función característica; variable aleatoria Gaussiana; momento conjunto. Procesos aleatorios. Proceso aleatorio estacionario. Función media, correlación y covarianza; propiedades de la función de autocorrelación. Funciónes de correlación cruzada. Procesos ergódicos; función de autocorrelación. Transmisión de un proceso aleatorio a través de un filtro lineal, invariante en el tiempo. Densidad espectral de potencia; propiedades; relación de Einstein–Wiener–Khintchine; relación entre las densidades espectrales de potencia de los procesos aleatorios de entrada y de salida. Procesos Gaussianos; teorema del límite central; propiedades de un proceso Gaussiano. Ruido; ruido de fluctuación; ruido térmico. Ruido blanco; ancho de banda equivalente de ruido; ruido de banda angosta; representación del ruido de banda angosta en términos de las componentes en fase y cuadratura; representación del ruido de banda angosta en términos de las componentes envolvente y fase; canal con desvanecimiento plano. Figura de ruido. Temperatura equivalente de ruido; conexión en cascada de redes de dos puertos; fórmula de Friis.

BOLILLA IV: Modulación y Demodulación Analógica.
Modulación de amplitud (AM); modulador conmutado; detector de envolvente. Virtudes, limitaciones y modificaciones de la modulación de amplitud. Esquemas de modulación lineal. Modulación de doble banda lateral con portadora suprimida (DSB-SC); modulador de anillo; detección coherente; receptor Costas; multiplexación de portadora en cuadratura. Filtrado de bandas laterales. Modulación de banda vestigial (VSB); señales de televisión; distorsión de forma de onda. Modulación y demodulación de banda lateral única (SSB). Traslación en frecuencia. Multiplexación por división de frecuencia (FDM). Modulación angular; definiciones básicas. Modulación de fase (PM). Modulación de frecuencia (FM); modulación de frecuencia de banda angosta; modulación de frecuencia de banda ancha; ancho de banda de transmisión de señales FM. Generación de señales FM; FM indirecta; FM directa. Demodulación de señales FM. Multiplexación de FM estéreo. Lazo de

enganche de fase (PLL); detección de señales FM. Efectos no lineales en sistemas FM. Receptor superheterodino. Ruido en sistemas de modulación de onda continua; relación señal-ruido, definiciones básicas; efecto umbral, su reducción; pre-énfasis y de-énfasis en FM.

BOLILLA V: Modulación y Demodulación Digital.
Proceso de muestreo; teorema del muestreo; filtro pasa-bajo anti-aliasing. Modulación de amplitud de pulso (PAM). Modulación por duración de pulso (PDM); modulación por posición de pulso (PPM); característica de ruido; figura de mérito; modelo de receptor ruidoso. Balance entre ancho de banda y ruido. Proceso de cuantización; cuantizador uniforme y no uniforme; características; ruido de cuantización. Modulación por codificación de pulsos (PCM); muestreo; cuantización no uniforme; Ley A y Ley μ codificación; códigos de línea; codificación diferencial; regeneración; decodificación; filtrado. Consideraciones de ruido en sistemas PCM; ruido de canal; ruido de cuantización; umbral de error. Multiplexación por división de tiempo (TDM); sincronización; sistemas T1 y E1 – Recomendación UIT-T G.711. Multiplexación digital; jerarquía digital. Virtudes, limitaciones y modificaciones de PCM. PCM de modulación delta; transmisor y receptor con modulación delta; sobrecarga de pendiente; ruido granular. PCM de modulación delta adaptativa. Modulación por codificación de pulsos diferencial (DPCM).

BOLILLA VI: Transmisión Digital en Banda-Base.
Comunicaciones digitales. Transmisión digital en banda-base. Transmisión de pulsos; interferencia inter-símbolos; diafonía. Patrones de ojos; relación con la interferencia inter-símbolos. Filtros acoplados (matched filters); propiedades. Tasa de error debido al ruido. Criterio de Nyquist para transmisión binaria en banda-base sin distorsión; canal de Nyquist ideal; espectro de coseno elevado. Líneas digitales de abonados (DSL); modos de transmisión; multiplexación por compresión de tiempo; modo de cancelación de eco; tipos de interferencia. Diafonía de extremo cercano (NEXT) y extremo lejano (FEXT). Códigos de línea para DSL. Líneas digitales de abonados asimétricas (ADSL); modulación por multitono discreto (DMT). Síntesis de principales tipos de DSL; IDSL; HDSL; SHDSL; ADSL; ADSL2; ADSL2+; VDSL; VDSL2.

BOLILLA VII: Transmisión Digital en Pasa-Banda.
Comunicaciones digitales. Radio digital. Modulación digital de amplitud; modulación por manipulación encendido-apagado (OOK). Manipulación por desplazamiento de frecuencia (FSK); Tasa de bits FSK y baudios; transmisor FSK; ancho de banda en FSK; receptor FSK; manipulación por desplazamiento de frecuencia con fase continua (CP–FSK). Manipulación por desplazamiento mínimo FSK (MSK). Manipulación por desplazamiento de fase (PSK) genérica. Manipulación por desplazamiento binario de fase (BPSK); transmisor BPSK; consideraciones de ancho de banda en BPSK; receptor BPSK; codificación M-ária. Manipulación por desplazamiento cuaternario de fase (QPSK); transmisor QPSK; consideraciones de ancho de banda con QPSK; receptor QPSK; QPSK compensada (OQPSK); Pi/4 QPSK. PSK de 8 fases; transmisor 8-PSK; consideraciones de ancho de banda con 8-PSK; receptor 8-PSK. PSK de 16 fases. Modulación de amplitud en cuadratura (QAM); ocho QAM; transmisor 8-QAM; consideraciones de ancho de banda con 8-QAM; receptor 8-QAM. Dieciséis QAM; transmisor 16-QAM; consideraciones de ancho de banda con 16-QAM. Revisión de MSK; GMSK. Eficiencia de ancho de banda. Recuperación de portadora; lazo cuadrático, lazo de Costas; remodulador. Manipulación por desplazamiento diferencial de fase (DPSK); BPSK diferencial; transmisor DBPSK; receptor DBPSK. Recuperación de reloj. Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM). Probabilidad de error y tasa de errores de bits; errores en PSK, en QAM y en FSK. Codificación trellis.

BOLILLA VIII: Modulación Spread-Spectrum.
Secuencias de pseudo ruido (PN); propiedades; selección de una secuencia de longitud máxima; secuencia de longitud prima de Mersenne. Espectro expandido; modelo idealizado; transmisor, canal y receptor; interferencia aditiva; sincronización. Espectro expandido de secuencia directa (DSSS), con BPSK coherente (DS/BPSK); modelo para análisis; sincronización; ganancia de procesamiento. Espectro expandido de salto de frecuencia (FHSS) con manipulación por desplazamiento de frecuencia M-ario (FH/MFSK); salto de frecuencia lento (SFH); salto de frecuencia rápido (FFH); sistema de espectro expandido DS/FH híbrido. Formas e ondas interferentes. Multiplexación por división de código (CDM); código Gold; otros códigos relacionados. Acceso múltiple por división de código (CDMA); funciones de Walsh.

BOLILLA IX: Teoría de la Información y Codificación.
Incertidumbre, información y entropía; propiedades de la entropía; extensión de una fuente discreta sin memoria. Teorema de codificación de fuente. Compactación de datos; codificación e prefijo; codificación Huffman; árbol de Huffman; codificación de Lempel-Ziv. Canales discretos sin memoria; canal binario simétrico. Información mutua; propiedades. Capacidad de canal. Teorema de codificación de canal; aplicación a canales binarios simétricos. Entropía diferencial e información mutua para

ensambles continuos; distribución uniforme; distribución Gaussiana. Teorema de capacidad de información; implicancias y repercusiones. Capacidad de información de un canal con ruido coloreado. Teoría de la distorsión de tasa; función de distorsión de tasa. Compresión de datos. Codificación de control de errores. Códigos de bloque lineal. Códigos cíclicos. Códigos convolucionales. Códigos turbo. Códigos irregulares.

VII - Plan de Trabajos Prácticos

Los trabajos prácticos propuestos son nueve (9) en total, según el siguiente detalle:
· Ocho (8) Trabajos prácticos con contenidos destinados a la resolución de problemas y simulación de los mismos en software matemáticos, conjuntamente con una auto-evaluación, a través de cuestionarios contextuales. Estos prácticos se corresponden con el contenido de las bolillas II, III, IV, V, VI, VII VIII y IX.
· Un (1) trabajo práctico con contenidos que involucran simulaciones y mediciones físicas, conjuntamente con una auto-evaluación a través de cuestionarios contextuales, de la bolilla IV.

VIII - Regimen de Aprobación

Para obtener la regularidad y poder rendir el examen final como alumno regular será necesario:
. Haber aprobado el 100% de los Trabajos Prácticos. Con más de 6 puntos cada uno.
. Haber aprobado la totalidad de los exámenes parciales. Con más de 7 puntos cada uno.

PARCIALES
Se tomarán Dos (2) exámenes parciales Teórico – Prácticos; cada uno con Dos (2) Recuperaciones. Se deberán haber aprobado cada uno, en la primera instancia o en alguna de las instancias de recuperación, con más de 7 puntos.

TRABAJOS PRÁCTICOS
Para la aprobación de cada uno de los Trabajos Prácticos será necesario:
a. Presentar el trabajo previo al práctico, en caso que éste lo requiera.
b. Haber aprobado un breve cuestionario, previo al desarrollo de cada Trabajo Práctico (responder correctamente un mínimo de 2 preguntas sobre un total de 3 preguntas). Esta es condición para poder desarrollar el Trabajo Práctico.
c. Haber realizado cada Trabajo Práctico satisfactoriamente.
d. Aprobar el informe, ya sea de resolución de problemas como de laboratorio.

Cada Trabajo Práctico podrá ser recuperado una sola vez pero el total de recuperaciones no podrá exceder de 3 (tres), caso contrario el alumno quedará libre.

IX - Bibliografía Básica

[1] Communication Systems – Simon Haykin – 4º Ed. – 2000 – Editorial John Wiley & Sons.
[2] Sistemas de Comunicación Digitales y Analógicos – León W. Couch, II – 7º Edición – Ed. Pearson Prentice Hall. Año 2008.
[3] Sistemas de Comunicaciones Electrónicas – Wayne Tomasi – 4º Edición – Editorial Prentice Hall. Año 2003.
[4] Apuntes de la Cátedra.

X - Bibliografia Complementaria

[1] Communication Systems – Simon Haykin – 3º Edition – Editorial John Wiley & Sons. Año 1994.
[2] Sistemas de Comunicación – Bruce Carlson – 2º Edición – Editorial McGraw-Hill.
[3] Fundamentos de Comunicaciones Digitales - Kontorovich Mazover, Ramos Alarcón, Parra Michel - 1º Edición - Editorial Limusa. Año 2009.
[4] Digital Communications – John G. Proakis – 4º Edition – Editorial McGraw Hill.
[5] Señales y sistemas – A.V. Oppenheim y A.S. Willsky – 2º Edición – Editorial Prentice Hall Hispanoa-mericana. Año 1994.
[6] Comunicaciones: Comunicación digital y Ruido – Enrique Herrera Pérez – Editorial LIMUSA. Año 2002.
[7] Sistemas de Comunicaciones – Marcos Faundez Zanuy – Editorial MARCOMBO. Año 2001.
[8] Recomendaciones de la Unión Internacional de telecomunicaciones (UIT)

XI - Resumen de Objetivos

El principal objetivo del curso es que el futuro ingeniero, en la especialidad Electrónica con orientación en Sistemas Digitales, aprenda los conceptos básicos de la teoría de las comunicaciones, desarrolle experiencias prácticas y de simulación, resuelva problemas habituales en la especialidad y se interiorice de los principios que rigen a los actuales sistemas de comunicaciones.

XII - Resumen del Programa

BOLILLA I: Introducción a la Teoría de las Comunicaciones
Sistema de comunicación; componentes. Fuentes de información. Canales de comunicaciones. Señales banda-base y pasa-banda. Modulación. Recursos primarios en comunicaciones. Comunicaciones analógicas vs. digitales. Redes.

BOLILLA II: Análisis Espectral. Representación de Señales y Sistemas
Análisis y transformada de Fourier. Teorema de la energía de Rayleigh. Relación inversa tiempo – frecuencia. Función delta de Dirac. Transformada de Hilbert.

BOLILLA III: Procesos y Señales Aleatorias. Ruido (Principios básicos)
Teoría de la probabilidad. Variables aleatorias; distribución acumulativa y densidad de probabilidad. Promedios estadísticos. Momentos. Procesos aleatorios, estacionarios y ergódicos. Función media, correlación y covariancia. Densidad espectral de potencia. Procesos Gaussianos. Ruido térmico y de fluctuación. Ruido blanco. Figura de ruido. Temperatura equivalente de ruido.

BOLILLA IV: Modulación y Demodulación Analógica
AM; DSB-SC; VSB; SSB. Multiplexación FDM. Modulación angular. PM. FM. PLL. Efectos no lineales en sistemas FM. Ruido en sistemas de modulación CW.

BOLILLA V: Modulación y Demodulación Digital
Teorema de muestreo. PAM. PDM. PPM. Balance ancho de banda – ruido. Cuantización; ruido de cuantización. PCM; Ley A y Ley u. Ruido en sistemas PCM. Multiplexación TDM; sistemas T1 y E1. Multiplexación digital. PCM de modulación delta y de modulación delta adaptativa. DPCM.

BOLILLA VI: Transmisión Digital en Banda-Base
Transmisión de pulsos; interferencia inter-símbolos; diafonía. Patrones de ojos. Filtros acoplados. Tasa de error debido al ruido. Criterio de Nyquist. DSL. Diafonía NEXT y FEXT. Códigos de línea para DSL. ADSL; modulación DTM. Síntesis de familia de xDSL.

BOLILLA VII: Transmisión Digital en Pasa-Banda
Radio digital. OOK. FSK; Tasa de bits FSK y baudios; CP–FSK; MSK. BPSK; codificación M-ária. QPSK; OQPSK; Pi/4 QPSK. 8-PSK. 16-PSK. QAM; 8-QAM; 16-QAM. GMSK. Eficiencia de ancho de banda. Recuperación de portadora. DPSK; DBPSK. Recuperación de reloj. OFDM. Probabilidad de error y BER; errores en PSK, QAM y FSK. Codificación trellis.

BOLILLA VIII: Modulación Spread-Spectrum
Secuencias de pseudo ruido (PN). Espectro expandido; modelo idealizado. DSSS, con BPSK coherente (DS/BPSK). FHSS con manipulación por desplazamiento de frecuencia M-ario (FH/MFSK). Formas de onda interferentes. Multiplexación CDM. CDMA.

BOLILLA IX: Teoría de la Información y Codificación Incertidumbre, información y entropía. Teorema de codificación de fuente. Compactación de datos. Canales discretos sin memoria. Información mutua. Capacidad de canal. Teorema de codificación de canal. Teorema de capacidad de información. Teoría de la distorsión de tasa. Compresión de datos. Codificación de control de errores. Códigos de bloque lineal, cíclicos, convolucionales, turbo e irregulares.

XIII - Imprevistos

El DECNU(520/2020 de distanciamiento social, obligatorio y preventivo, establecido por el Gobierno Nacional y la necesidad de reajustar el Calendario Académico de la Universidad Nacional de San Luis, en lo referente al Segundo Cuatrimestre 2020, el

Consejo Superior en su sesión del día 01/09/2020 estableció en el Artículo 1 de la Resolución Nº 68/2020, que el Segundo Cuatrimestre sea de 13 semanas. A los efectos de que se impartan todos los contenidos y se respete el crédito horario establecido en el Plan de estudios de la carrera para esta asignatura, se establece que se de cómo máximo 7hs por semana distribuídas en teorías, prácticos de aula, laboratorios, trabajos tutoriales, consultas, hasta completar las 90hs. La metodología de la asignatura tiene las siguientes características:

* El dictado de las clases teóricas es mediante videoconferencias en plataformas tipo zoom, googlemeet o skype.
* Los prácticos se realizan individualmente, con al menos 3 consultas por semana.
* Los laboratorios se realizan mediante simulaciones u observación de los mismos. Se deberá realizar un informe personal en cada Laboratorio.

XIV - Otros

ELEVACIÓN y APROBACIÓN DE ESTE PROGRAMA	
	Profesor Responsable
Firma:	
Aclaración:	
Fecha:	