



PROGRAMA ANALÍTICO

DEPARTAMENTO: TELECOMUNICACIONES

CARRERA: INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES

ASIGNATURA: SEÑALES ALEATORIAS

CÓDIGO: 0048

AÑO ACADÉMICO: 2019

PLAN DE ESTUDIO: 2010

UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 1er. CUATRIMESTRE DE 4to. AÑO

MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL

**DOCENTE A CARGO: Ing. Dídimo Zárate – Profesor Adjunto Exclusivo
E-mail: dzarate@ing.unrc.edu.ar - tel. int.: 500**

**EQUIPO DOCENTE: Ing. Dídimo Zárate – Profesor Adjunto Exclusivo
E-mail: dzarate@ing.unrc.edu.ar - tel. int.: 500
Ing. Diego Gagliesi – Profesor Adjunto Semi-Exclusivo
E-mail: dgagliesi@ing.unrc.edu.ar - tel. int.: 596
Ing. Mauricio Zaga – Ayudante de Primera Semi-Exclusivo
E-mail: mzaga@ing.unrc.edu.ar**

RÉGIMEN DE ASIGNATURAS:

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
	0018
	0019
1° y 2° año	0020
	0027

ASIGNACIÓN DE HORAS:

Semanales: 6

Totales → Teóricas: 50
 → Prácticas → Resolución de problemas: 28
 → Laboratorio: 12
 → Proyecto: -
 → Trabajo de campo: -

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria



OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA:

Se trata de cubrir necesidades pertinentes al ámbito de la formación profesional básica del Ciclo Profesional de la Ingeniería en Telecomunicaciones. En tal sentido, los objetivos primordiales de la asignatura se relacionan la enseñanza de los fundamentos de los procesos estocásticos y algunas de sus aplicaciones de utilidad en los sistemas de comunicaciones.

Así, los objetivos generales establecidos para la asignatura son:

- Adquirir los conocimientos básicos correspondientes a procesos aleatorios.
- Identificar los distintos modelos aleatorios discretos y continuos, utilizados en la teoría de telecomunicación.
- Adquirir los métodos de análisis de los modelos aleatorios mas comúnmente usados en la teoría de telecomunicación.

Además de los objetivos y principios generales enunciados, se aspira a que, en cada una de las partes en que se divide el programa se alcancen ciertos objetivos parciales, los que se enuncian junto con los contenidos analíticos.

CONTENIDOS:

Tema I: Introducción y Conceptos Básicos

Objetivos:

- establecer la necesidad del estudio de sistemas físicos desde el punto de vista estocástico;
- brindar una revisión de algunos temas ya vistos en asignaturas previas;

Contenidos:

- 1.- *Introducción.*
- 2.- *Señales estocásticas.*
Proceso aleatorio.
Notación.
Clasificación.
Definición Formal.
- 3.- *Procesos Aleatorios: Métodos de descripción.*
Descripción analítica utilizando variables aleatorias
Distribuciones conjuntas.
Valores medios
Media; Varianza; Desviación Estándar; Autocorrelación; Autocovarianza; Coeficiente de autocorrelación.
Caso de dos o más Procesos Aleatorios; Correlación Cruzada; Covarianza; Coeficiente de correlación. Igualdad; Incorrelación; Ortogonalidad; Independencia
- 4.- *Estacionariedad*
Estacionariedad en sentido estricto.
Estacionariedad en sentido débil.
Otras Formas de Estacionariedad.
Procesos No Estacionarios.
- 5.- *Autocorrelación de procesos WSS reales*
Propiedades de la función de autocorrelación de procesos WSS
Caso de dos procesos WSS
- 6.- *Densidad espectral de potencia*
Establecimiento de la Densidad Espectral de Potencia
Relación entre la Densidad Espectral de Potencia y la Autocorrelación
Propiedades de la Función de Densidad Espectral de Potencia



*Procesos Pasa-bajos y Pasa-banda
Cálculos de potencia y ancho de banda*

7.- Ergodicidad

*Definición de Ergodicidad
Ergodicidad de la Media.
Ergodicidad de la Función de Autocorrelación.
Ergodicidad de la Función de Densidad Espectral de Potencia.
Otras Formas de Ergodicidad.
Verificación de Ergodicidad*

Tema II: Respuesta de Sistemas Lineales ante Entradas Aleatorias

Objetivos:

- desarrollar técnicas que permitan obtener la respuesta de sistemas lineales cuando son excitados por señales aleatorias;
- establecer las características básicas de la respuesta de un sistema LTI ante señales aleatorias;

Contenidos:

- 1.- *Introducción.*
- 2.- *Clasificación de sistemas.
Sistemas lineales, causales, invariantes en el tiempo, de parámetros concentrados.*
- 3.- *Respuesta de sistemas lineales en tiempo discreto.
Revisión del análisis determinístico.
Media y Autocorrelación de la salida.
Funciones de distribución.
Estacionariedad de la salida.
Correlación y densidad espectral de potencia de la salida.*
- 4.- *Respuesta de sistemas lineales continuos.
Media y función de Autocorrelación.
Estacionariedad de la salida.
Densidad espectral de potencia de la salida.
Función de densidad espectral de potencia.
Valor cuadrático medio de la salida.*
- 5.- *Filtrado.*

Tema III: Clases Especiales de Procesos Aleatorios.

Objetivos:

- establecer el rol de las clases especiales de procesos aleatorios en el desarrollo de la teoría y aplicaciones de procesos aleatorios;
- discutir las características de los tipos de procesos aleatorios más utilizados.

Contenidos:

- 1.- *Introducción.*
- 2.- *Modelos lineales discretos.
Modelos Auto regresivos (AR)
Modelo Auto regresivo de Primer Orden
Proceso Auto regresivo Genérico.
Coeficientes de Autocorrelación Parcial.
Modelos de Promedio Móvil (MA).*



- Modelo de Promedio Móvil de Primer Orden*
Modelo de Promedio Móvil Generalizado.
Modelos Auto regresivos de Promedio Móvil (ARMA)
El Proceso ARMA (1,1).
- 3.- *Cadenas de Markov.*
Cadenas de Markov de tiempo discreto (Secuencias de Markov)
Análisis de Secuencias de Markov
Cadenas de Markov Homogéneas.
Comportamiento a Largo Plazo (Asintótico) de Cadenas Homogéneas
Ecuación de Chapman-Kolmogorov.
Cadenas de Markov de tiempo continuo
Ecuación de Chapman-Kolmogorov
Análisis de Cadenas de Markov en Tiempo Continuo
Cadena de Markov Continua homogénea de Dos Estados
Procesos Nacimiento-Muerte
- 4.- *Procesos "Punto" o "Puntuales".*
Caracterización
Proceso de Poisson
Propiedades de los Procesos de Poisson Homogeneos.
Aplicaciones de los Procesos de Poisson: Análisis de Colas (Sistemas de Servicio)
- 5.- *Procesos Gaussianos.*
Definición
Modelos de Ruido Blanco y Ruido Blanco de Banda Limitada
Respuesta de Sistemas Lineales Ante Entradas de Ruido Blanco Gaussiano
Representación en cuadratura de procesos Gaussianos pasabanda
Efectos del Ruido en Sistemas Analógicos de Comunicaciones.
Diseño del Receptor en Sistemas Analógicos de Comunicaciones.
El Ruido en Sistemas Digitales de Comunicaciones.

Tema IV: Detección de Señales

Objetivos:

- establecer el alcance del problema de detectar una señal en presencia de ruido;
- discutir los diferentes enfoques con que se puede abordar el problema;
- desarrollar algoritmos de detección que cumplan con determinados criterios de desempeño;

Contenidos:

- 1.- *Introducción.*
- 2.- *Detección binaria mediante una única observación.*
Teoría de decisión y prueba de hipótesis
Regla de decisión MAP y tipos de error
Regla de decisión de Bayes – Costos de los errores
Otras reglas de Decisión: Mínimas; Neyman - Pearson
- 3.- *Detección Binaria Mediante Observaciones Múltiples.*
Independencia entre Muestras y Ruido
Ruido Blanco y Observaciones Continuas
Detección de Señales Corruptas con Ruido Coloreado
- 4.- *Detección de Señales con Parámetros Desconocidos*
- 5.- *Detección M-aria.*



Tema V: Estimación (Filtrado) de Señales

Objetivos:

- establecer el alcance del problema de estimación de una señal en presencia de ruido;
- establecer el criterio de optimalidad asociado al mínimo error cuadrático medio;
- establecer el concepto de innovación;
- desarrollar filtros para sucesiones aleatorias;

Contenidos:

- 1.-Introducción.
- 2.-Estimadores lineales de mínimo error cuadrático medio (ECM).
 - Estimación de una variable aleatoria con un valor constante
 - Estimación de S a partir de una única observación X
 - Consideraciones vectoriales
 - Estimador vectorial lineal de mínimo error cuadrático medio
 - Ecuación de Yule – Walker
 - Cálculo del error residual
- 3.-Innovaciones.
 - Uso de innovaciones en estimadores multivariable
 - Definición matricial de las innovaciones
 - Revisión
- 4.-Filtros para sucesiones aleatorias.
- 5.-Filtros digitales de Wiener.
 - Filtros digitales de Wiener con datos almacenados
 - Filtros digitales de Wiener causales
- 6.-Filtros de Kalman.
 - Descripción conceptual
 - Descripción general del filtro
 - Estimadores recursivos
 - Filtro de Kalman escalar
 - Combinación lineal del estimador previo y la innovación
 - Expresión recursiva para el error.
 - Ponderación que minimiza el ECM

Tema VI: Estadística

Objetivos:

- establecer la necesidad de los métodos estadísticos para la toma de decisiones basadas en resultados de experimentos;
- desarrollar procedimientos para estimar valores desconocidos de parámetros tales como media y varianza;
- establecer las bases para la estimación de parámetros de procesos aleatorios;

Contenidos:

- 1.-Mediciones.
 - Definición de Estadísticos
 - Estimadores Paramétricos y No Paramétricos
- 2.-Estimadores muestrales de parámetros



- Estimadores de la media*
- Estimadores de la varianza*
- Estimadores de la covarianza*
- Un estimador de probabilidad*
- Notación de estimadores*
- Establecimiento de estimadores*
- Método de los Momentos.*
- Estimadores de máxima verosimilitud*
- 3.- *Medida de la calidad de estimadores.*
 - Sesgo (bias)*
 - Varianza mínima, Error Cuadrático Medio, error RMS y errores normalizados*
 - Otras definiciones*
 - Errores normalizados*
 - Estimadores consistentes*
 - Eficiencia de estimadores.*
- 4.- *Introducción a los intervalos de confianza.*
- 5.- *Distribución de estimadores.*
 - Distribución de la media con varianza conocida*
 - Distribuciones más utilizadas*
 - Distribuciones Continuas*
 - Distribución Uniforme*
 - Distribución Normal*
 - Distribución Normal Multivariada*
 - Distribución Gamma*
 - Distribución Gamma Inversa*
 - Distribución Chi-Cuadrado*
 - Distribución Chi-Cuadrado Inversa*
 - Distribución Exponencial*
 - Distribución t de Estudiantes*
 - Distribuciones Discretas*
 - Distribución de Poisson*
 - Distribución Binomial*
 - Distribución Multinomial*
 - Distribución Binomial Negativa*
- 6.- *Prueba de hipótesis.*
 - Detección binaria*
 - Hipótesis alternativas compuestas*
 - Prueba de la media de una variable aleatoria normal*
 - Varianza Conocida*
 - Varianza Desconocida*
 - Prueba de la igualdad de dos medias*
 - Prueba Chi-cuadrado*

Tema VII: Estimación de Parámetros de Procesos Aleatorios

Objetivos:

- establecer un conjunto de herramientas básicas necesarias para la aplicación práctica de la teoría desarrollada en los temas III a V;
- determinar la forma de establecer funciones de autocorrelación y de densidad espectral de potencia a partir de conjuntos de datos;

Contenidos:



- 1.- *Estimadores no paramétricos de la media, de la autocorrelacion y del espectro de densidad de potencia.*
- 2.- *Estimadores parametricos de modelos autoregresivos, de procesos de promedio móvil, de procesos ARMA, y de procesos ARIMA*

METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA:

La asignatura tiene una extensión temporal de un cuatrimestre, con una carga horaria semanal de 6 (seis) horas, dividida en dos clases de 3 (tres) horas de duración cada una. Las clases son del tipo teórico - práctico, en las que se desarrollan primeramente los conceptos teóricos de una unidad, para luego ejecutar actividades prácticas relacionadas.

Las actividades prácticas de papel y lápiz se complementan con las prácticas en PC en las que se utiliza software dedicado para el análisis de procesos aleatorios.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN:

Durante el cursado

La evaluación de los contenidos desarrollados se realiza, durante el dictado de la asignatura, mediante la ejecución de dos exámenes parciales de carácter teórico-práctico, de acuerdo a lo señalado en el cronograma.

Aquellos alumnos que alcancen en cada uno de éstos exámenes una nota de 5 (cinco) puntos o más, adquieren el derecho a rendir el examen final de la asignatura como alumnos regulares. Aquellos que obtengan un promedio de 7 (siete) puntos o más en las evaluaciones previstas, sin registrar instancias evaluativas con notas inferiores a 5 (cinco) puntos, tendrán derecho a rendir un coloquio integrador cuya aprobación permite la promoción total de la asignatura.

Se prevé, en el cronograma, una instancia de recuperación por cada uno de los exámenes parciales ordinarios.

Podrán optar a estas instancias de recuperación aquellos alumnos que no hayan alcanzado en los respectivos exámenes parciales una nota igual o superior a 5 (cinco) puntos y aquellos que, aspirando a promocionar la asignatura no hayan alcanzado en los respectivos exámenes parciales una nota que les permita aspirar a tal condición. También podrán hacerlo quienes no hayan asistido a los parciales.

Exámenes finales

La evaluación final de los contenidos difiere de acuerdo a la condición final de cursada; así, el examen de los alumnos *promocionales* consiste en un coloquio integrador oral individual en que el alumno debe demostrar conocimiento conceptual de los contenidos de la asignatura. Los alumnos *regulares* deben aprobar, para acceder a la instancia oral, un examen escrito de resolución de problemas de la parte práctica de la asignatura. Los alumnos *libres* deben aprobar, para acceder al examen de resolución de problemas, un práctico de simulaciones en PC con contenidos relacionados a lo visto en las clases denominadas "Prácticos de Simulación". El práctico descrito para los alumnos libres es la única actividad a desarrollar en la fecha del examen de la asignatura, mientras que los alumnos regulares desarrollan su examen el miércoles siguiente, junto a los libres que correspondiere.



CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

AÑO 2019

<u>SEMANA</u>	<u>ACTIVIDADES</u>
1	Tema I
2	Tema I y Tema II
3	Tema II y Tema III
4	Tema III
5	Tema III
6	Tema III y Primer Parcial (Temas I, II y III)
7	Tema IV
8	Tema IV
9	Tema IV y Tema V
10	Tema V
11	Tema V
12	Tema V
13	Tema VI
14	Tema VI y Tema VII
15	Tema VII y Tercer Parcial (Temas VI y VII)

Las fechas de los exámenes parciales son: 12/04 (1er. P.); 21/06 (2do. P.) La fecha de los recuperatorios se convendrá con los interesados en cada caso, a fin de contemplar situaciones particulares.

HORARIOS DE CLASES:

Martes de 8 a 11 h. / Aula 9 Pab. 4
Jueves de 8 a 11 h. / Aula 9 Pab. 4

HORARIOS DE CONSULTA:

Los días y horarios de las clases de consulta, por parte de cada uno de los docentes de la asignatura, se acuerdan en cada ocasión con el/los alumnos que lo soliciten.

BIBLIOGRAFÍA:

Básica:

- Apunte de la cátedra, elaborado en base a toda la bibliografía citada como complementaria.

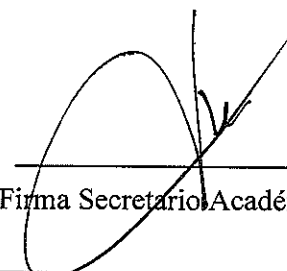


Complementaria:

Título	Autor/s	Editorial	Año Ed.	Ej. Disp.
RANDOM SIGNAL: DETECTION, ESTIMATION AND DATA ANALYSIS	Shanmugan, K. & Breipohl, A	J.Wiley – NY	1988	1
PRINCIPIOS DE LAS COMUNICACIONES	Briceño Márquez, J.	Publicaciones ULA	2005	
INTRODUCTION TO RANDOM SIGNALS AND NOISE	Van Etten, K	Wiley - NY	2005	-
ADVANCED DIGITAL PROCESSING AND NOISE REDUCTION	Vaseghi, Saced V.	John Willey & Sons Ltd.	2000	
RANDOM SIGNALS AND NOISE,	Stensby, J.L.	Course Notes en: http://www.eb.uah.edu/ee/courses/ee420-500	-	-
INTRODUCTION TO RANDOM SIGNALS AND APPLIED KALMAN FILTERING	Brown, R.G. & Hwang, P.Y.C.	John Willey & Sons Ltd.	1997	
INTRODUCTION TO QUEUEING THEORY AND STOCHASTIC TELETRAFFIC MODELS	Zukerman, M.	2013arXiv1307.2968Z	2013	-
THE SCIENTIST AND ENGINEER'S GUIDE TO DIGITAL SIGNAL PROCESSING	Smith, Steven W.	California Technical Publishing	1999	
PROBABILITY, RANDOM VARIABLES, AND STOCHASTIC PROCESS	Papoulis, A & Pillai, S.	McGraw-Hill - Mexico	2002	1
PROBABILITY AND STATISTICS IN ENGINEERING AND MANAGEMENT SCIENCE	Hines, W. & Montgomery, D.	Wiley –& Sons - NY	1990	1



Firma Docente Responsable



Firma Secretario Académico