



## PROGRAMA ANALÍTICO

**FACULTAD: INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO: TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA: INGENIERÍA EN TELECOMUNICACIONES**

**PLAN DE ESTUDIO: 2010**

**MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL**

**ORIENTACIÓN: Radio Comunicaciones y Telecomunicaciones (E1)**

**ASIGNATURA: COMUNICACIONES MÓVILES**

**CÓDIGO: 0050**

**DOCENTE RESPONSABLE:**

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Julián Alberto Durigutti	Ingeniero en Telecomunicaciones	Profesor Adjunto	Simple

**EQUIPO DOCENTE:**

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Julián Alberto Durigutti	Ingeniero en Telecomunicaciones	Profesor Adjunto	Simple
Sebastian Joel Tosco	Magister en Ciencias de la Ingeniería	Jefe de Trabajos Prácticos	Exclusiva
Jorge Federico Aguirre	Magister en Ciencias de la Ingeniería	Ayudante de Primera	Exclusiva

**AÑO ACADÉMICO: 2022**

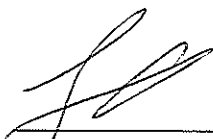
**CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Optativa**

**RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA: Cuatrimestral**

**UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 2DO. CUATRIMESTRE DE 5TO. AÑO**

**RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES:**

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



Programa Analítico



**ASIGNACIÓN DE HORAS:**

Horas Totales		(90 h.)
Semanales		(6 h.)
Teóricas		(50h.)
Prácticas	Resolución de problemas	(7 h.)
	Laboratorio	(... h.)
	Proyecto	(33 h.)
	Trabajo de campo	(... h.)
Teórico-Prácticas		(... h.)

**FUNDAMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS, CONTENIDOS, PROPUESTA METODOLÓGICA Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA:**

La asignatura forma parte del bloque de las tecnologías aplicadas dentro del plan de estudio de la carrera de ingeniería en telecomunicaciones, y como tal busca aplicar las herramientas adquiridas en las asignaturas del bloque de las tecnologías básicas. Entre ellas se pueden destacar las siguientes asignaturas: Comunicación Digital Avanzada, Sistemas de Transmisión, Tráfico, Radiocomunicaciones, Propagación y Antenas, Métodos de Acceso. Todas estas herramientas se ponen en acción para diseñar, proyectar y evaluar las distintas tecnologías de comunicaciones móviles enfocadas en su interfaz inalámbrica.

La mediación pedagógica que empleamos es la Clase Expositiva ya que nos permite abordar mayor cantidad de contenidos, comunicarlos a una mayor cantidad de estudiantes, hacer accesible la comprensión de algunos contenidos que podrían resultar complicados de abordar si el estudiante trabajara por sí mismo y nos permite balancear el grado de aprendizaje de toda la clase.

La metodología para el dictado de las clases prácticas involucra, casi siempre, una contextualización dentro de la teoría y tecnológica en donde se buscan resolver ciertos problemas plantados; esto mediante la aplicación de los modelos matemáticos y su posterior análisis integral sobre un sistema. Esto nos permite mantener un permanente vínculo entre los conceptos teóricos que el estudiante abordó en las clases teóricas y los ejercicios que seleccionamos y diseñamos con el objetivo que los conocimientos sean apropiados por el estudiante. Estos mismos conceptos a su vez son reforzados mediante la simulación con la herramienta de diseño de redes de comunicaciones móviles, lo cual se va realizando de manera progresiva y coordinada en relación al avance teórico y de ejercitación práctica. Esto nos permite poder ir construyendo de manera gradual el proyecto final de un sistema de comunicaciones móviles.

De manera coordinada llevamos adelante Demostraciones y Ejercitaciones con guías prácticas y de



simulación, con el objetivo de enseñar habilidades poniendo a prueba la comprensión de lo que se muestra y de lo que se hace.

Una vez que el estudiante ha comprendido el funcionamiento de las etapas más importantes que intervienen en la interfaz inalámbrica de un sistema de comunicaciones móviles está en condiciones de resolver problemas complejos a través de la mediación pedagógica "Aprendizaje Basado en Proyecto". El mismo se explicita en un tecnología particular, lo cual implica por parte del estudiante en una primera instancia el de indagar, estudiar y aprender por su propia cuenta (tutorado en el proceso por el equipo docente) la tecnología celular propuesta.

La evaluación de los resultados de esta última etapa se realizará a través de una exposición permitiendo que los estudiantes pongan en acción diferentes competencias como el de Aprender en forma continua y autónoma, el pensamiento lógico, crítico y creativo como así también la comunicación oral y el trabajo en equipo.

### **OBJETIVOS PROPUESTOS:**

Los nuevos objetivos generales de la asignatura se plantean desde un punto de vista no solamente de lo que se enseña sino desde lo que se espera que aprenda y sobre todo de lo que es capaz de hacer (desempeño) el estudiante, con lo que aprendió. A partir de esto se plantea que el estudiante sea capaz de lo siguiente:

- Analizar y diseñar la interfaz radioeléctrica y de tráfico propia a las Comunicaciones Móviles Celulares.
- Diseñar y evaluar sistemas Comunicaciones móviles privadas y públicas.
- Analizar la Performance de Sistemas de Comunicaciones Móviles Celulares.
- Interpretar Standares Internacionales de Sistemas Celulares.

### **COMPETENCIAS:**

- **Competencias genéricas:**
- **Competencias tecnológicas**
  - Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería.
  - Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de ingeniería.
  - Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería.
- **Competencias sociales, políticas y actitudinales**
  - Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo
  - Comunicarse con efectividad
  - Actuar con ética, responsabilidad profesional y compromiso social, considerando el impacto económico, social y ambiental de su actividad.



- Aprender en forma continua y autónoma

- **Competencias específicas:**

- 1.1. Identificar, formular y resolver problemas y proyectos de ingeniería.
- 1.2. Conocer, interpretar y emplear técnicas y herramientas para el diseño, modelización, análisis e implementación tecnológica de una alternativa de solución.
- 3.1. Conocer el funcionamiento, desempeño, estándares y aplicación de los sistemas y equipos de telecomunicaciones, de radiocomunicaciones, de comunicación de datos, sistemas irradiantes y de control.

## **EJES TEMÁTICOS ESTRUCTURANTES DE LA ASIGNATURA Y ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS:**

### **Unidad 1: Introducción a Sistemas de Comunicaciones Móviles**

- Radiocomunicaciones Móviles: Consideraciones Generales, Composición y Clasificación de Sistemas.
- Canales en Comunicaciones Móviles
- Cobertura Radioeléctrica en los Sistemas Móviles
- Calidad de los Sistemas de Comunicaciones Móviles
- Evolución y Panorámica de los Sistemas de Comunicaciones Móviles

### **Unidad 2: Capa Física en los Sistemas de Comunicaciones Móviles**

- Interfaz Radio
- Herramientas de dimensionamiento de la Interfaz de Radio
  - Ruido en Sistemas Móviles: Análisis de la calidad en la comunicación
  - Modelado de canal de Sistemas Móviles:
    - Determinísticos de la Propagación Radioeléctrica
    - Estocásticos de la Propagación Radioeléctrica
- Modelos de tráfico

### **Unidad 3: Sistemas de Radio Telefonía Móvil Privada**

- Introducción y Características
- Estructura y Conceptos básicos de una red PMR
- Señalización CTCSS
- Sistemas de llamada selectiva
- Sistema básico de despacho
- Redes de Repetidoras
- Redes de receptores satelitales
- Red heterofrecuencial



- Redes Isofrecuenciales

#### **Unidad4: Fundamentos de los Sistemas de Comunicaciones Móviles Celulares**

- Introducción a los Sistemas Móviles - Características de los primeros sistemas convencionales.
- Utilización Eficiente del Espectro - Eficiencia de Trunking
- Composición Básica de un Sistema Celular
- Operaciones básicas de un Sistema Celular
  - Inicialización de Unidades Móviles
  - Originando llamadas desde el móvil
  - Originando llamadas desde la red
  - Terminación de las llamadas
  - Procedimiento de Handoff
- Modelo Hexagonal de Celdas
- Calidad de servicio

#### **Unidad 5: Elementos de Diseños de Sistemas Celulares**

- Descripción General del Problema en redes limitadas por dimensiones
- Principio de diseño de los Sistemas Celulares
  - División de la zona de cobertura
  - Concepto de reuso de canales
    - Esquema de reuso de canal
    - Distancia de reuso de canal
- Máximo número de llamadas por hora por celda
- Máximo número de canales por celda
- Número de usuarios del sistema

#### **Unidad 6: Interferencia en Sistemas Celulares**

- Interferencia para sistemas limitados por dimensiones
  - Interferencia Co-canal
    - Métodos Determinísticos
      - Diseño de sistemas con antenas omnidireccionales
      - Diseño de sistemas con antenas direccionales
    - Métodos Estocásticos
      - Una única fuente interferente
      - Múltiples fuentes interferentes
  - Reducción de Interferencia Co-canal
  - Tipos de Interferencia No Co-canal
    - Interferencia de Canal Adyacente
    - Interferencia Next Canal



- Interferencia de canales vecinos
- Interferencia Near-End / Far-End
- Efectos en móviles cercanos al final (Near End)
- Cross Talk – características de los canales de Voz
- Descripción General del Problema en redes limitados por interferencia
  - Interferencia para sistemas limitados por interferencia
    - Sistemas Ortogonales CDMA – Códigos Ortogonales - Códigos cuasi ortogonales.
    - Capacidad de los sistemas CDMA
      - Análisis de una única celda. Canal ascendente y descendente
      - Análisis de un sistema de múltiples celdas idealizado – canal ascendente y descendente.
      - Efectos de capacidad-cobertura en sistemas CDMA
      - Efecto de compartición de carga en CDMA.
      - Efecto de la actividad de la fuente de tráfico.
      - Análisis de un sistema de múltiples celdas con tráfico distribuido uniformemente y con distintos tipo de tráficos simultáneos.

#### **Unidad 7: Mecanismos de Control de Potencia y de Handoff**

- Necesidad de un mecanismo de control de potencia para:
  - Sistemas limitados por dimensiones – Efectos en móviles Near End
  - Sistemas limitados por interferencia - problema cercano-lejano
- Medidas de referencia para los mecanismos de control de potencia
- Mecanismos de control de potencia
  - Control de potencia en bucle abierto - lento
  - Control de potencia en bucle cerrado interno - rápido
  - Control de potencia en bucle cerrado externo
- Clasificación de las Técnicas de Handoff
- Hard Handoff
  - Algoritmo de un nivel
  - Algoritmo de dos niveles
  - Handoff por Diferencia de Potencia
  - Modelo de Trafico contemplando Handoff
- Soft Handoff
  - Algoritmo con la presencia de tres canales pilotos.
  - Modelo de Trafico contemplando Handoff

#### **Unidad 8: Management de Frecuencia y Técnicas de Scheduling**

- Management de frecuencias
  - Algoritmo de asignación – Rígida y Dinámica
- Técnicas de Scheduling



## Unidad 9: Tecnologías y Diseño de Sistemas Celulares

### -Diseño de un sistema celular

#### -Sistemas GSM y GPRS

- Introducción y Arquitectura del sistema GSM
- Señalización en GSM
- Capa Física de la Interfaz GSM
- Dimensionamiento de la red GSM
- Sistema GPRS

#### -Sistema UMTS

- Introducción y Arquitectura del sistema UMTS
- Arquitectura de protocolos de la interfaz radio
- Recursos para el acceso radio en UMTS
- Descripción de los canales físicos
- Capacidad y cobertura UMTS

#### -Sistema de 4G

- Arquitectura la interfaz radio: LTE vs WiMAX
- Asignación físicos, Esquemas TDD/FDD. Tramas.
- Capacidad cobertura espectral.
- Simulación de un sistema LTE/WiMAX.

### FORMAS METODOLÓGICAS:

La actividad en la cátedra está organizada en módulos tipo teóricos prácticos. La primera mitad del cuatrimestre se enfoca los esfuerzos en analizar los conceptos básicos de las comunicaciones móviles. En el resto del cuatrimestre se exploran las nuevas tecnologías con el diseño de una red celular acotada a la interface inalámbrica mediante el uso de un software específico para tal fin.

La metodología para el dictado, involucra clases expositivas en donde se rescatan herramientas dadas en ciertas asignaturas del bloque de las tecnologías básicas para modelar los fenómenos físicos propios de un sistema de comunicaciones celular, como así también introducir nuevas teorías, principios y conceptos propios de la temática de la asignatura. En la parte práctica se busca afianzar los temas vistos en la teoría mediante la resolución de ejercicios prácticos cerrados, abiertos y con inconsistencias con el objetivo de profundizar el pensamiento lógico, crítico y creativo.

En las Guía de TP N1, N°2, N°3, N°4, se abordan temáticas que tienen por objetivo que el estudiante entienda problemáticas individuales de un sistema completo de comunicación celular. Las mismas tendrán la característica de ser ejercicios contextualizados a sistemas tecnológicos de telecomunicaciones como el agregado de encontrarse con mayores datos a los necesarios para poder



responder la consigna como así también la posibilidad de poder corroborar con los datos adicionales posibles inconsistencias sobre los datos útiles.

En la Guía de TP N°5 se enuncia una situación de una red celular con un conjunto amplio de datos. Será tarea de los estudiantes identificar el problema, extraer los datos útiles del enunciado, identificar información faltante y planificar de donde obtenerla e identificar aquellos datos que podrían servir al problema para generar distintas propuestas o conclusiones creativas, al problema. Esta actividad se desarrollara con el soporte de un software de diseño de redes celulares y se culminara con la presentación de un informe al finalizar la asignatura.

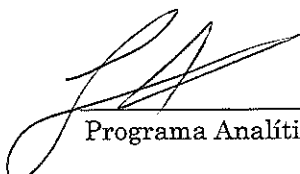
Las actividades de campo se centran en escanear y analizar el estado de la red celular existente. Esto se lo hace con el objetivo de poder indagar sobre parámetros característicos del sistema celular que nos permite indagar la calidad con la que se están realizando las comunicaciones en la interfaz inalámbrico como así también poner en valor el *saber ser* en cuanto al cumplimiento de las normativas tecnológicas de las ocupaciones espectrales y por ende los valores de la ética del ejercicio profesional.

### PROGRAMAS Y/O PROYECTOS PEDAGÓGICOS E INCLUSIVOS:

No se contemplan este tipo de actividades.

### CRONOGRAMA TENTATIVO DE CLASES Y PARCIALES y NÓMINA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:

Semana	Actividad	Evaluación
1	Capítulo N° 1 - Capítulo N° 2	
2	Capítulo N° 2 – Guía 1	
3	Capítulo N° 3 - Capítulo N° 4 – Guía 2	Evaluación N 1 parcial con google Form (cap1-cap2)
4	Capítulo N° 5– Guía 3	
5	Capítulo N° 6 – Guía 4	
6	Capítulo N° 7	Evaluación Parcial N°2 con google Form (cap3-cap4-cap5)
7	Capitulo N° 8	
8	Desarrollo del Proyecto - Capitulo N° 9	Evaluación Parcial N°3 con google Form (cap6-cap7-cap8)
9	Desarrollo del Proyecto - Capitulo N° 9	
10	Desarrollo del Proyecto - Capitulo N° 9	Presentación N°1 de Avance Parcial
11	Desarrollo del Proyecto - Capitulo N° 9	
12	Desarrollo del Proyecto - Capitulo N° 9	Presentación N°2 de Avance Parcial
13	Desarrollo del Proyecto - Capitulo N° 9	
14	Seminario	Presentación Final (10 y 13 de

  
Programa Analítico





Semana	Actividad	Evaluación
		Noviembre)
15	Recuperatorio	(17 y 20 de Noviembre)

**BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA Y DE CONSULTA ESPECIFICANDO EL EJE TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA:**

Título	Autor/es	Editorial	Año de Edición	Ejemplares Disponibles
Fundamentals of Network Planning and Optimisation 2G/3G/4G (second Edition) – ISBN: 9781119331711	Ajay R. Mishra	Wiley	2018	1
Comunicaciones Móviles (Segunda Edición) – ISBN: 84-8004-635-X.	José María Hernando Rábanos	Centro de Estudios Ramón Areces SA	2004	1
Comunicaciones Móviles (Tercera Edición) – ISBN: 84-8004-635-X.	José María Hernando Rábanos	Centro de Estudios Ramón Areces SA	2015	0
Mobile Cellular Telecommunications ISBN: 0071134794	William C. Y. Lee	Mc Graw Hill	1995	0
Wireless and Communications Systems ISBN:0132346265	Vijay K. Garg and Joseph E. Wilkes	Prentice Hall	1995	0
<u>Telecomunicaciones móviles - 2a ed.</u>	<u>Rey Veiga, Eugenia</u>	<u>Marcombo</u>	1998	1
Sistemas electrónicos de telecomunicación - 1a ed.	<u>Dungan, Frank R.</u>	Paraninfo - Madrid	1996	1
Comunicaciones Móviles de Tercera Generación (Volumen 1) – 2a edición – ISBN:84-931836-0-1	José María Hernando Rábanos – Cayetano Lluch Mesquida	F. Javier Pascual	2001	0



Comunicaciones Móviles. Sistemas GSM, UMTS y LTE. -ISBN-13: 978- 8499641294	José Manuel Huidobro Moya	RA-MA Editorial	2012	0
---	---------------------------------	--------------------	------	---

**HORARIO DE CLASES:**

DIA	HORARIO
Martes	14 a 17 h.
Viernes	14 a 17 h.

**HORARIO Y LUGAR DE CONSULTAS:**

DIA	HORARIO	LUGAR
Lunes	10 a 12 h.	Oficina G del Pab. I
Martes	10 a 12 h.	Oficina G del Pab. I
Jueves	16 a 18 h.	Oficina G del Pab. I

**REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y LA PROMOCIÓN:**

**Regularidad (presencial)**

En la asignatura se puede obtener únicamente la regularidad de la misma. Para obtener la regularidad en la asignatura el estudiante deberá tener aprobado todas estas actividades.

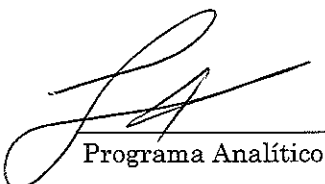
Se realizará la evaluación de las siguientes actividades:

- Una evaluación parcial de los contenidos conceptuales de la asignatura.
- Desarrollo del proyecto: haber hecho las dos presentaciones de los avances
- Desarrollo del Proyecto: haber presentado el Informe de diseño de la red de Comunicaciones Móviles celular con su correspondiente presentación.

Dichas etapas de evaluación estarán enmarcadas dentro de lo definido por el régimen Res. C.S. N°: 120/17 y sus correspondientes reglamentaciones vigentes por parte de la facultad de Ingeniería.

*Evaluaciones Parciales:*

Se realizarán evaluaciones parciales sobre los temas teóricos y prácticos que se abordan durante el cursado. Estas evaluaciones serán conceptuales y a los fines de acreditar el seguimiento de los temas que se van abordando en la asignatura.

  
Programa Analítico



En la evaluación parciales priorizamos identificar si el estudiante aplica correctamente los conceptos e interpreta los resultados, como así también si es capaz de identificar los datos relevantes de los problemas planteados y las posibles inconsistencias que pudieran estar ocurriendo.

Informe de Diseño de una Red de Comunicaciones Móviles Celular:

La evaluación del informe de diseño de una red celular se realizara en un seminario al finalizar el cuatrimestre. En dicho seminario expondrá cada grupo el proyecto de diseño remarcando las características principales de la tecnología abordada. La regularidad está relacionada con el cumplimiento de al menos el 50% de lo requerido. El estudiante solo podrá recuperar el mencionado informe mediante una única instancia de corrección.

**CARACTERÍSTICAS, MODALIDAD Y CRITERIOS DE LAS INSTANCIAS  
EVALUATIVAS, INCLUYENDO EXAMEN FINAL, ESTABLECIENDO TIEMPOS DE  
CORRECCIÓN DE LAS MISMAS Y LA DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES:**

**Regularidad (presencial)**

Para regularizar la asignatura se deben aprobar las evaluaciones parciales y el informe final del diseño de una red de comunicaciones móviles. En esta instancia el estudiante debe ser capaz de demostrar que comprende los conceptos básicos impartidos en clases y es capaz de aplicarlos en el diseño de una red de comunicaciones móviles independientemente de la tecnología abordada.

En la evaluación del informe final priorizamos identificar si el estudiante aplica correctamente los conceptos e interpreta los resultados, como así también si es capaz de identificar los datos relevantes los problemas planteados y las posibles inconsistencias que pudieran estar ocurriendo.

**Evaluación Final - Regular y Libre (presencial)**

El examen final será individual, y constara de una evaluación práctica y una teórica. Para poder realizar la evaluación teórica, el estudiante deberá previamente aprobar la evaluación práctica, la cual se logra con un mínimo del 50% del examen. Posterior a la aprobación del examen práctico se realiza la evaluación teórica en forma oral. La nota final se promedia entre la evaluación practica y teórica.

- Evaluación práctica: El estudiante debe demostrar su capacidad para aplicar conceptos fundamentales de la asignatura para resolver problemas de complejidad similar a la que resuelven a lo largo del cursado. Dicha propuesta respetara la **relevancia** ya que se apunta a evaluar la capacidad de acotar la resolución del problema como así también el planteo de comprensión de la influencia de cada una de las partes sobre el resto y sobre la prestación completa del sistema.

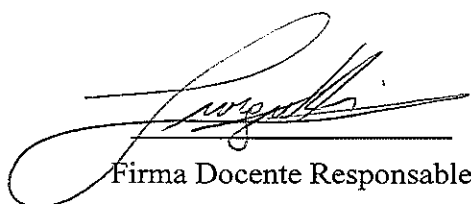


- Evaluación teórica: El estudiante debe demostrar sólidos conocimientos conceptuales mediante una exposición oral. El sistema de evaluación propuesto será **pertinente** de acuerdo a lo impartido en clases desde el punto de vista de contenidos como y de la propuesta de razonamiento sobre cada una de las unidades dadas.

La diferencia en la evaluación de un estudiante libre está en que deberá realizar una simulación con el software de diseño cumpliendo como mínimo con el 50% de lo requerido y a posterior se realizara la evaluación practica-teórica antes descripta.

EXÁMENES PARCIALES				
INSTANCIA EVALUATIVA	CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD	TIEMPO DE CORRECCIÓN	TIEMPO DE DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES
Seminario	Teórico/Práctico	Mixto	Según régimen y reglamentaciones vigentes	Según régimen y reglamentaciones vigentes
Seminario	Teórico/Práctico	Mixto	Según régimen y reglamentaciones vigentes	Según régimen y reglamentaciones vigentes

EXAMENES FINALES	
CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD
Teórico/Práctico	Mixto

  
Firma Docente Responsable

  
Firma Secretario Académico