

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROGRAMA DE ESTUDIO

ANÁLISIS ESPECTRAL DE SEÑALES

1639

6°

09

Asignatura

Clave

Semestre

Créditos

Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Geofísica

Ingeniería Geofísica

División

Departamento

Carrera(s) en que se imparte

**Asignatura:**

Obligatoria

Optativa

**Horas:**

Teóricas

Prácticas

**Total (horas):**

Semana

16 Semanas

**Modalidad:** Curso

Aprobado:  
Consejo Técnico de la Facultad  
Consejo Académico del Área de las Ciencias  
Físico Matemáticas y de las Ingenierías

Fecha:  
25 de febrero, 17 de marzo y 16 de junio de 2005  
12 de agosto de 2005

**Seriación obligatoria antecedente:** Ninguna

**Seriación obligatoria consecuente:** Introducción al Diseño de Filtros Digitales

**Objetivo(s) del curso:**

El alumno comprenderá y analizará los fundamentos matemáticos del análisis de frecuencias en señales continuas y discretas.

**Temario**

NÚM.	NOMBRE	HORAS
1.	Introducción	1.5
2.	Teoría de la aproximación de señales	7.5
3.	Análisis en frecuencias de señales continuas periódicas	12.0
4.	Análisis en frecuencias de señales continuas no periódicas	12.0
5.	Integral de convolución	8.0
6.	Integral de correlación	8.0
7.	Análisis en frecuencias de señales discretas	23.0
		72.0
	Prácticas de laboratorio	0.0
	Total	72.0



## 1 Introducción

**Objetivo:** El alumno conocerá los lineamientos del curso: objetivo, desarrollo, metodología, evaluación, antecedentes académicos y el programa de la asignatura

### Contenido:

- 1.1 Objetivo del curso
- 1.2 Antecedentes académicos necesarios
- 1.3 Desarrollo del curso
- 1.4 Programa de la asignatura
- 1.5 Evaluación.

## 2 Teoría de la aproximación de señales

**Objetivo:** El alumno visualizará la serie de Fourier como una aproximación de funciones ortogonales complejas.

### Contenido:

- 2.1 Conceptos básicos.
  - 2.1.1 Aplicación de la teoría de la aproximación
  - 2.1.2 Función de aproximación
  - 2.1.3 Importancia de la función aproximante
  - 2.1.4 Método de aproximación
  - 2.1.5 Criterio de medición de la calidad de una aproximación
- 2.2 Aproximación de funciones mediante funciones ortogonales reales
  - 2.2.1 Definición de error cuadrático medio
  - 2.2.2 Método del error cuadrático medio mínimo para aproximación por funciones ortogonales reales
  - 2.2.3 Evaluación del error cuadrático medio de una aproximación por funciones ortogonales reales
  - 2.2.4 Aproximación de funciones por polinomios de Legendre
- 2.3 Aproximación de funciones mediante funciones ortogonales complejas
  - 2.3.1 Definición de función de aproximación
  - 2.3.2 Funciones ortogonales complejas
    - 2.3.2.1 Condiciones de ortogonalidad
    - 2.3.2.2 Funciones exponenciales complejas
  - 2.3.3 Método del error cuadrático medio mínimo para aproximación por funciones exponenciales complejas
  - 2.3.4 Evaluación del error cuadrático medio de una aproximación por funciones exponenciales complejas
  - 2.3.5 Serie de Fourier finita
  - 2.3.6 Aproximación mediante serie compleja de Fourier finita
    - 2.3.6.1 Aproximación mediante series trigonométricas de Fourier finitas
    - 2.3.6.2 Fenómeno de Gibbs
- 2.4 Serie de Taylor



### 3 Análisis en frecuencias de señales continuas periódicas

**Objetivo:** El alumno comprenderá y evaluará la representación de señales periódicas continuas y discontinuas en el dominio de las frecuencias; comprenderá la importancia de los espectros de amplitud y fase en la representación de una señal.

**Contenido:**

- 3.1 Representación de señales periódicas en serie de Fourier
- 3.2 Espectro discreto de frecuencias
  - 3.2.1 Determinación gráfica de los coeficientes de Fourier (significado de la serie)
  - 3.2.2 Espectros discretos de amplitud y fase
  - 3.2.3 Importancia de los espectros discretos de amplitud y fase
- 3.3 Caracterización espectral de señales periódicas
  - 3.3.1 Desplazamiento
  - 3.3.2 Simetría
  - 3.3.3 Superposición
  - 3.3.4 Derivación
    - 3.3.4.1 Concepto y propiedades de la función impulso
    - 3.3.4.2 Obtención de la representación de señales periódicas continuas y discontinuas por derivación
- 3.4 Contenido de potencia de una señal periódica
  - 3.4.1 Definición de contenido de potencia
  - 3.4.2 Teorema de Parseval
  - 3.4.3 Espectro discreto de potencia

### 4 Análisis en frecuencias de señales continuas no periódicas

**Objetivo:** El alumno comprenderá y evaluará la representación de señales continuas no periódicas en el dominio de las frecuencias; así como de funciones especiales y una introducción a la doble transformada de Fourier.

**Contenido:**

- 4.1 Integral de Fourier
- 4.2 Espectro continuo de frecuencias
  - 4.2.1 Espectros continuos de amplitud y fase
  - 4.2.2 Propiedades
- 4.3 Caracterización espectral de señales no periódicas
  - 4.3.1 Linealidad
  - 4.3.2 Desplazamiento
  - 4.3.3 Escalamiento
  - 4.3.4 Simetría
  - 4.3.5 Derivación
- 4.4 Casos especiales de la transformada de Fourier
  - 4.4.1 Transformada de Fourier de la función impulso
  - 4.4.2 Transformada de Fourier de la función constante
  - 4.4.3 De una función seno y coseno
  - 4.4.4 Transformada de Fourier de la función escalón unitario
  - 4.4.5 Transformada de Fourier de funciones simétricas



- 4.4.6 Transformada de Fourier de una función periódica
- 4.4.7 Transformada de Fourier de una serie periódica de impulsos
- 4.5 Transformada de Fourier bidimensional
  - 4.5.1 Transformada directa de Fourier bidimensional
  - 4.5.2 Transformada inversa de Fourier bidimensional
  - 4.5.3 Aplicaciones
- 4.6 Transformada de Laplace como un caso particular de la transformada de Fourier

## 5 Integral de convolución

**Objetivo:** El alumno comprenderá y evaluará la integral de convolución de señales continuas y conocerá su importancia en la geofísica aplicada.

**Contenido:**

- 5.1 Integral de convolución
  - 5.1.1 Evaluación gráfica
  - 5.1.2 Evaluación analítica
- 5.2 Propiedades de la integral de convolución
- 5.3 Convolución en los dominios del tiempo y la frecuencia (teorema de convolución)
- 5.4 Aplicaciones

## 6 Integral de correlación

**Objetivo:** El alumno comprenderá y evaluará esta integral para señales continuas y comprenderá su importancia en el análisis frecuencial.

**Contenido:**

- 6.1. Integral de correlación
  - 6.1.1. Evaluación gráfica
  - 6.1.2. Evaluación analítica
- 6.2. Teorema de correlación
- 6.3. Funciones de correlación
  - 6.3.1. Correlación cruzada
  - 6.3.2. Propiedades de la función de correlación cruzada
  - 6.3.3. Autocorrelación
  - 6.3.4. Propiedades de la función de autocorrelación
- 6.4. Espectro continuo de energía y su relación con el teorema de Parseval

## 7 Análisis de frecuencias de señales discretas

**Objetivo:** El alumno comprenderá analizará y evaluará el análisis de frecuencias cuando las funciones son discretas.

**Contenido:**

- 7.1. Muestreo de señales
  - 7.1.1. Señales discretas
  - 7.1.2. Teorema del muestreo
  - 7.1.3. Muestreo de funciones de banda infinita



- 7.1.4. Concepto de fenómeno de rizamiento (rippling)
- 7.2. Reconstrucción de una señal con series de Fourier
- 7.3. Transformada discreta de Fourier
  - 7.3.1. Desarrollo gráfico
  - 7.3.2. Desarrollo teórico
- 7.4. Propiedades de la transformada discreta de Fourier
  - 7.4.1. Linealidad
  - 7.4.2. Desplazamiento
  - 7.4.3. Simetría
- 7.5. Evaluación numérica de la transformada discreta de Fourier
  - 7.5.1. La transformada discreta de Fourier directa
  - 7.5.2. La transformada discreta de Fourier inversa
  - 7.5.3. La transformada rápida de Fourier
- 7.6. Convolución discreta
  - 7.6.1. Convolución discreta no cíclica
  - 7.6.2. Teorema de convolución discreta
  - 7.6.3. Convolución discreta cíclica
    - 7.6.3.1. Efecto de frontera
- 7.7. Correlación discreta
  - 7.7.1. Correlación discreta no cíclica
  - 7.7.2. Teorema de correlación discreta
  - 7.7.3. Correlación discreta cíclica
    - 7.7.3.1. Efecto de frontera
- 7.8. Transformada discreta de Fourier bidimensional
  - 7.8.1. Evaluación numérica

---

**Bibliografía básica:**

BRACEWELL, R. N.  
*The Fourier Transform and its Applications*  
2nd edition  
New York  
Mc Graw-Hill, 1986

BRIGHAM, O.E.  
*The Fast Fourier Transform*  
New Jersey  
Prentice Hall, 1974

HSU, P.H.  
*Análisis de Fourier*  
México  
Fondo Educativo Interamericano, 1973

**Bibliografía complementaria:**

OPPENHEIM, A.V. Y SHAFER, R.W.  
*Digital Signal Processing*  
 U.S.A.  
 Prentice-Hall, 1975

OPPENHEIM, A.V. Y WILLSKY, A.S.  
*Signal and Systems*  
 New York  
 Prentice-Hall, 1962

PAPOULIS, A.  
*The Fourier Integral and its Applications*  
 New York  
 Mc Graw-Hill, 1962

PAPOULIS, A.  
*Signal Analysis*  
 New York  
 Mc Graw-Hill Book Co., 1977

**Sugerencias didácticas:**

Exposición oral	<input checked="" type="checkbox"/>	Lecturas obligatorias	<input checked="" type="checkbox"/>
Exposición audiovisual	<input checked="" type="checkbox"/>	Trabajos de investigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Ejercicios dentro de clase	<input checked="" type="checkbox"/>	Prácticas de taller o laboratorio	<input type="checkbox"/>
Ejercicios fuera del aula	<input checked="" type="checkbox"/>	Prácticas de campo	<input type="checkbox"/>
Seminarios	<input type="checkbox"/>	Otras: Programación	<input checked="" type="checkbox"/>

**Forma de evaluar:**

Exámenes parciales	<input checked="" type="checkbox"/>	Participación en clase	<input checked="" type="checkbox"/>
Exámenes finales	<input checked="" type="checkbox"/>	Asistencias a prácticas	<input type="checkbox"/>
Trabajos y tareas fuera del aula	<input checked="" type="checkbox"/>	Otras:	<input type="checkbox"/>

**Perfil profesiográfico de quienes pueden impartir la asignatura**

El profesor debe tener conocimientos aceptables de todos los temas del programa de la asignatura, así como experiencia de al menos 3 años en el Análisis Espectral de Señales.

**Formación académica:** Licenciatura en Ingeniero Geofísico, Ingeniero en Electrónica, Ingeniero en Telecomunicaciones, Físico, Matemático  
 Profesionales con estudios de posgrado.

**Experiencia profesional:** Docencia e investigación  
 Experiencia docente y/o laboral mínima de 3 años en el área.

**Especialidad:** Procesamiento digital de señales, imágenes o audio.

**Aptitudes y actitudes:** Enseñanza-aprendizaje, motivado hacia el aprendizaje, alta capacidad de abstracción.