



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



Nombre de la materia:	Procesamiento Digital de Señales
Clave:	IA3300-T
No. de horas/semana:	4
Total de horas:	64
No. de créditos:	8
Prerrequisitos:	Comunicaciones I (IA3100-T), Cálculo IV (CB0003-T), Control Analógico II (CI0401-T)

**Objetivo general:** El alumno comprenderá los fundamentos del Procesamiento Digital de Señales, desde su adquisición y representación en el dominio del tiempo y en el dominio de la frecuencia mediante herramientas tales como las ecuaciones de diferencias, las series y la Transformada de Fourier así como el modelado e implementación de los sistemas para procesar dichas señales, especialmente el caso de los filtros digitales.

#### Contribución a los atributos de egreso y su nivel de aportación

- **AE1.** Aplicar los conocimientos de ingeniería adquiridos durante sus estudios para elaborar proyectos de ingeniería que resuelvan problemas específicos. **(Medio)**
- **AE2.** Identificar, formular y resolver problemas de ingeniería mediante un pensamiento crítico y asertivo, basados en los principios de ciencias básicas e ingeniería. **(Medio)**

#### Programa sintético

1. Introducción .....	8 hrs.
2. Señales y Sistemas en Tiempo Discreto .....	10 hrs.
3. Primer examen parcial, .....	2 hrs.
4. Análisis en el Dominio de la Frecuencia .....	10 hrs.
5. La Transformada Discreta de Fourier .....	10 hrs.
6. Segundo examen parcial .....	2 hrs.
7. Transformada Rápida de Fourier .....	8 hrs.
8. Introducción al Diseño de Filtros digitales .....	12 hrs.
9. Tercer examen parcial .....	2 hrs.
Total: 64 hrs.	

#### Programa desarrollado

1. Introducción .....	8 hrs.
1.1 Definiciones de señales, sistemas y procesamiento de señales	
1.2 Clasificación de las señales	
1.2.1 Señales continuas y señales discretas	
1.2.2 Señales periódicas y no-periódicas	
1.3 Concepto de frecuencia en señales continuas y discretas en el tiempo	



- 1.3.1 Frecuencias negativas y fasores
- 1.3.2 Señales sinusoidales en tiempo discreto
- 1.3.3 Propiedades de las señales sinusoidales en tiempo discreto
- 1.4 Conversión analógico-digital y digital-analógico
  - 1.4.1 Muestreo de señales analógicas
  - 1.4.2 Relación entre frecuencia de tiempo continuo y de tiempo discreto
  - 1.4.3 Confusión de frecuencia o Aliasing
- 1.5 El teorema fundamental del muestreo
- 2. Señales y Sistemas en Tiempo Discreto ..... 10 hrs.
  - 2.1 Señales en tiempo discreto
    - 2.1.1 Representación de señales en tiempo discreto
    - 2.1.2 Señales de tiempo discreto típicas
    - 2.1.3 Operaciones simples con señales de tiempo discreto
  - 2.2 Sistemas en tiempo discreto
    - 2.2.1 Descripción entrada-salida
    - 2.2.2 Diagramas de bloques y simulación de sistemas en tiempo discreto
    - 2.2.3 Propiedades de los sistemas
    - 2.2.4 Sistemas con y sin memoria
    - 2.2.5 Causalidad
    - 2.2.6 Estabilidad
    - 2.2.7 Invariancia en el tiempo
    - 2.2.8 Linealidad
  - 2.3 Análisis de sistemas discretos lineales invariantes en el tiempo (DSLIT's)
    - 2.3.1 Descomposición de una señal discreta en términos de impulsos
    - 2.3.2 Respuesta de un DSLIT a entradas arbitrarias: La convolución
      - 2.3.2.1 Respuesta al impulso de sistemas causales
      - 2.3.2.2 Respuesta al impulso y estabilidad
      - 2.3.2.3 Sistemas FIR y sistemas IIR
  - 2.4 Ecuaciones de diferencias para un DSLIT y su solución
    - 2.4.1 Solución homogénea de la ecuación de diferencias de un DSLIT
    - 2.4.2 Solución particular de la ecuación de diferencias de un DSLIT
    - 2.4.3 Solución total de la ecuación de diferencias de un DSLIT
  - 2.5 Transformada Z
    - 2.5.1 Definición. Transformada Z unilateral y bilateral
    - 2.5.2 Región de convergencia
    - 2.5.3 Propiedades de la transformada Z: Linealidad, corrimiento en el tiempo, convolución
    - 2.5.4 Función de transferencia en Z de un DSLIT
    - 2.5.5 Polos y ceros: estabilidad
- 3. Primer examen parcial, ..... 2 hrs.



4. Análisis en el Dominio de la Frecuencia ..... 10 hrs.
- 4.1 Introducción
  - 4.2 Análisis frecuencial de señales de tiempo continuo (Repaso)
    - 4.2.1 Serie de Fourier
    - 4.2.2 Forma trigonométrica de la serie de Fourier
    - 4.2.3 Forma exponencial de la serie de Fourier
    - 4.2.4 El espectro de frecuencias
    - 4.2.5 Serie de Fourier para un tren de pulsos rectangular periódico
    - 4.2.6 La transformada de Fourier de una señal continua
  - 4.3 Análisis frecuencial de señales discretas en el tiempo
    - 4.3.1 Serie de Fourier para señales de tiempo discreto (DTFS)
      - 4.3.1.1 Serie de Fourier de un tren de pulsos rectangular periódico discreto
    - 4.3.2 Transformada de Fourier para señales de tiempo discreto (DTFT)
      - 4.3.2.1 Transformada de Fourier de un pulso rectangular discreto no-periódico
    - 4.3.3 Relación entre la DTFT y la Transformada Z
  - 4.4 Clasificación de señales en el dominio de la frecuencia
  - 4.5 Rangos de frecuencia de algunas señales en la naturaleza
  - 4.6 Respuesta a la frecuencia de sistemas DSLIT.
  - 4.7 Respuesta a exponenciales complejas y a señales senoidales: La función de respuesta de frecuencia
5. La Transformada Discreta de Fourier ..... 10 hrs.
- 5.1 Muestreo en el dominio de la frecuencia
  - 5.2 Definición de la Transformada Discreta de Fourier (DFT)
  - 5.3 Propiedades de la DFT
    - 5.3.1 Propiedades de Periodicidad, linealidad y simetría.
  - 5.4 La DFT como matriz de transformación
  - 5.5 Análisis en la frecuencia de señales usando la DFT
    - 5.5.1 El efecto de derrame y el efecto de la limitación del número de muestras
6. Segundo examen parcial ..... 2 hrs.
7. Transformada Rápida de Fourier ..... 8 hrs.
- 7.1 Algoritmos para el cálculo eficiente de la DFT
    - 7.1.1 Cálculo directo de la DFT. Número de operaciones requeridas
    - 7.1.2 Metodología “divide y vencerás” para el cálculo de la DFT
  - 7.2 Algoritmos FFT de base 2. número de operaciones requeridas
    - 7.2.1 Algoritmo de submuestreo en tiempo
    - 7.2.2 El ordenamiento de bit inverso
    - 7.2.3 La “mariposa” básica de dos puntos y su uso en el algoritmo de la FFT
  - 7.3 Uso de la FFT. Escalamiento en amplitud y en frecuencia
8. Introducción al Diseño de Filtros digitales ..... 12 hrs.
- 8.1 Los sistemas DSLIT como filtros digitales de frecuencia selectiva



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE  
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**



- 8.1.1 Filtros ideales
- 8.2 Diseño de filtros basado en colocación de polos y ceros
  - 8.2.1 Filtros pasa-bajas, pasa-altas y pasa-banda
  - 8.2.2 Resonadores digitales
  - 8.2.3 Filtros ranura
  - 8.2.4 Filtros pasa-todo
  - 8.2.5 Osiladores digitales digitales
- 8.3 Métodos de filtrado lineal basados en la DFT
- 8.4 Consideraciones generales para el diseño de filtros
  - 8.4.1 Causalidad y sus implicaciones
  - 8.4.2 Diseño de filtros IIR mediante transformación bilineal
  - 8.4.3 Características de filtros digitales prácticos
- 8.5 Diseño de filtros IIR a partir de filtros analógicos
  - 8.5.1 Diseño de filtros IIR mediante la aproximación de derivadas
  - 8.5.2 Diseño de filtros IIR mediante invarianza de la respuesta al impulso
  - 8.5.3 Diseño de filtros IIR mediante transformación bilineal
- 9. Tercer examen parcial ..... 2 hrs.

**Bibliografía básica:**

1.-Procesamiento Digital de Señales: Principios, Algoritmos y Aplicaciones. John G. Proakis y Dimitris G. Manolakis. Editorial Prentice Hall. Tercera Edición.

**Bibliografía complementaria:**

1.-Señales y Sistemas. Allan B. Oppenheim. Editorial Prentice Hall.  
• Advanced Digital Signal Processing. G. Ziniker, F.J. Taylor. Editorial Marcel Dekker.

2.-Revisó (julio de 2010):  
José Juan Rincón Pasaye

**Metodologías de enseñanza-aprendizaje:**

**Metodologías de evaluación:**