



FACULTAD DE INGENIERÍA



SEÑALES Y SISTEMAS

Clase 1

Carlos H. Muravchik

05 de Marzo de 2020

BIENVENIDOS !!

Integrantes

Profesor Titular:

Dr. Carlos H. Muravchik (LEICI)

Jefe de Trabajos Prácticos:

Dr. Sebastián Pazos (LEICI)

Ayudantes Diplomados:

Ing. Ernesto Mauro López (SENYT)

Ing. Germán Scillone (SENYT)

Ing. Simón Lombardozzo (SENYT)

Ing. Elián Hanisch (SENYT)

Curso 2020

▶ Contenido

- Clases teórico-prácticas.
- Ejercitación práctica y consulta.
- Práctica con utilitarios (MATLAB).
- Experiencias y demostraciones de laboratorio.

▶ Pág. Web: <http://www.ing.unlp.edu.ar/senysis>

▶ E-mail: senysis@ing.unlp.edu.ar

▶ E-mail (profesor): carlosm@ing.unlp.edu.ar

Reglamento

- ▶ Inscripción:
 - Siu-Guaraní
- ▶ Cursada
- ★ Aprobación

Bibliografía

- ▶ Lista de **Bibliografía** en la página web de la cátedra
- ▶ Se estudia con Libros, al menos:
 - A.V. Oppenheim, A.S. Willsky,..., *Señales y Sistemas*, 2da ed. Capítulos 1 al 10, exceptuando el 8.
 - R.E. Ziemer and W.H. Tranter, *Principles of communications: systems, modulation, and noise*, J. Wiley, 2002. Para SyS, capítulos 4 y 5.1-5.4.
- ▶ Notas y filminas se usan como guía o para repaso
- ▶ Aprender haciendo: práctica, programas, laboratorios

Contenido de la asignatura

- Señales:** 1D-MD. VIC y VID. Determinísticas y aleatorias. Promedios, Energía, Potencia.
- Sistemas:** Sistemas en general. Sistemas Lineales. Propiedades. Continuos y Discretos.
- Análisis en frecuencia:** Transformada y Serie de Fourier de SVIC. Transformada y Serie de Fourier de SVID.
- Muestreo y reconstrucción:** Teorema del muestreo. Muestreo de señales aleatorias. Reconstrucción. Diezmado e interpolación.
- Transformadas operacionales:** transformada de Laplace (SVIC bilaterales) y transformada \mathcal{Z} (SVID bilaterales).
- Aplicaciones:** SLIT y SLID. Causalidad, estabilidad, región de convergencia. Relación SLIT/SLID. Noción de Filtros digitales.

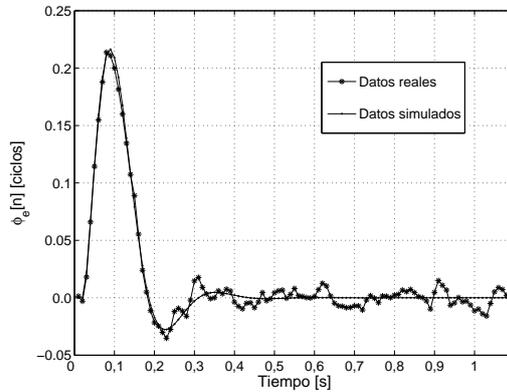
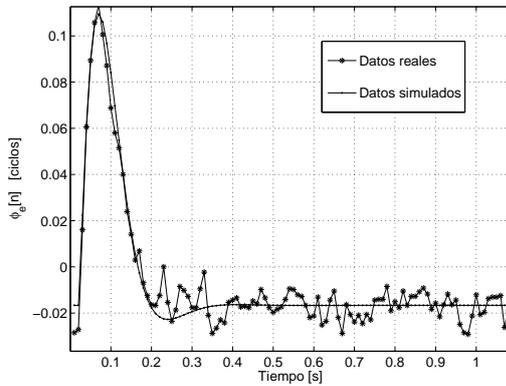
Plan para hoy

- ▶ Presentación de la materia.
- ▶ Contexto de SyS: mundo físico - transductor / sensor - conversión A/D (discretización en VI y amplitud) - computadora / procesamiento - conversión D/A - transductor / accionamiento - mundo físico.
- ▶ Explicación general determinístico vs aleatorio. Ejemplos.
- ▶ Señales: 1D, 2D. Determinísticas, aleatorias. Ejemplos.

Señal

Definición: Función de una o más *variables independientes* que lleva **información** o que representan a una **magnitud física**.

Ejemplo: error de un lazo de enganche de fase en un receptor de GPS



¿Cómo comparamos estas señales? ¿Qué podemos decir de ellas?

Sistema

Definición: Es una colección de uno o más *objetos* cuyas magnitudes físicas representativas interactúan entre sí.

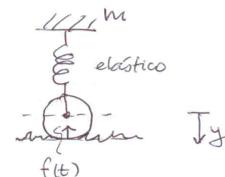
Ejemplo 1: Circuito LC simple

$$\frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1/sC}{sL+(1/sC)} = \frac{1/LC}{s^2+(1/LC)}$$



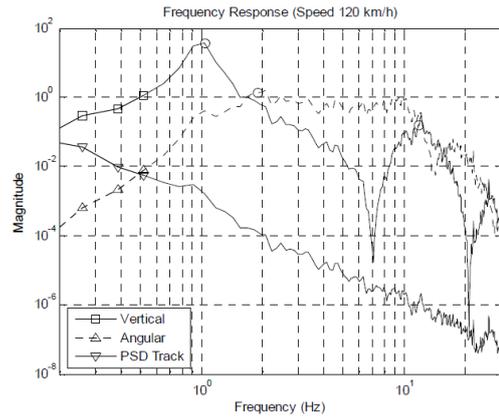
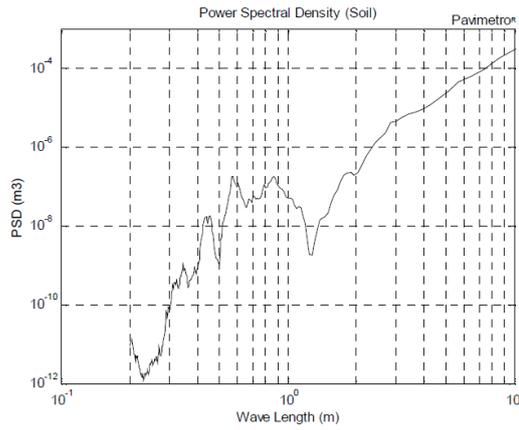
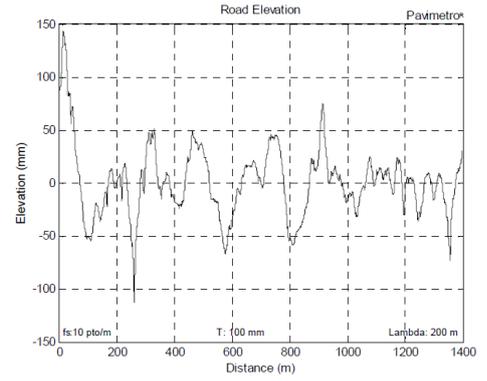
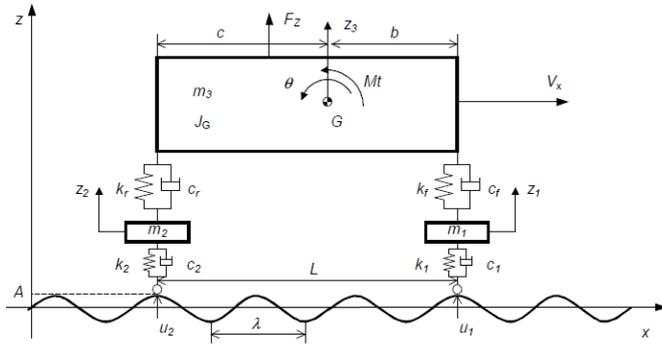
Ejemplo 2: Rueda de un auto, sin amortiguador

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = f(t) - ky \quad \Rightarrow \quad \text{Laplace} \quad \frac{Y(s)}{F(s)} = \frac{1/m}{s^2+(k/m)}$$



Dos sistemas bien *distintos*, pero con *comportamiento cualitativo similar*: son básicamente las mismas ecuaciones diferenciales!.

Ejemplo 2, más realista



Modelización

- ▶ Descripción
- ▶ Señal
- ▶ Sistema
- ▶ Finalidad

Para qué?

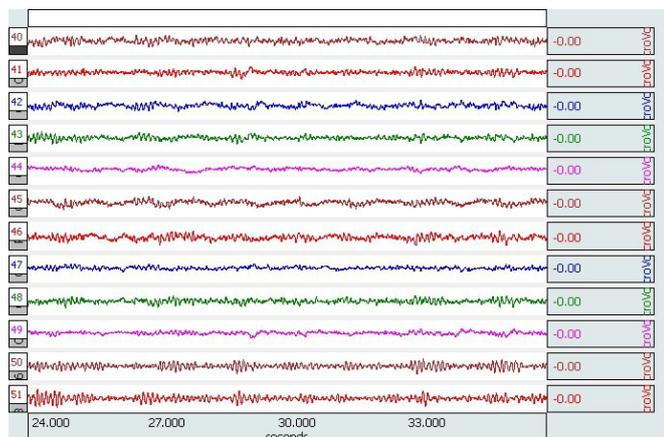
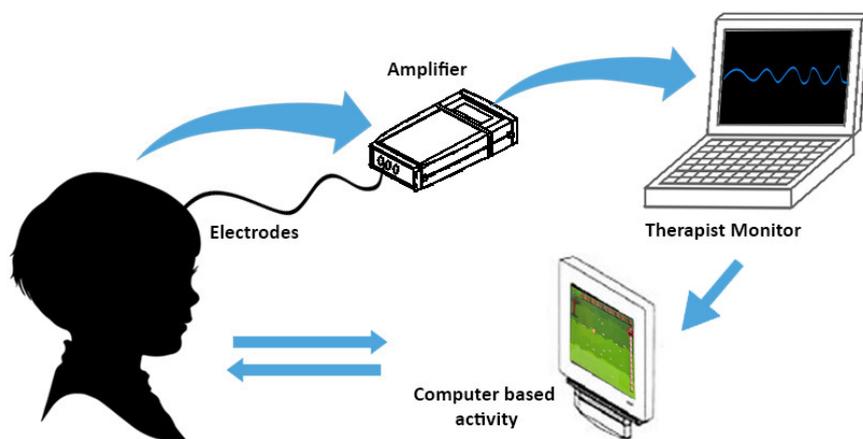
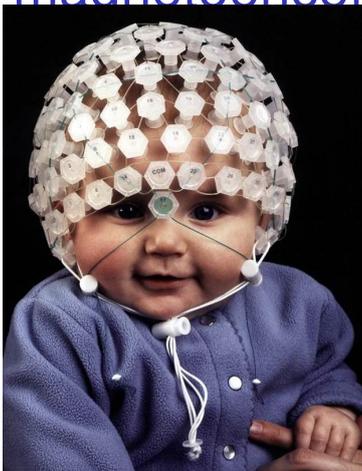
1. Analizar y comprender el comportamiento
2. Extraer información o PROCESAMIENTO
3. Interactuar y sintetizar

¿Sirve? ¿Dónde? Control automático; Comunicaciones; Electrónica de potencia; Bioingeniería; Geofísica; Sensado remoto; Radar; etc.

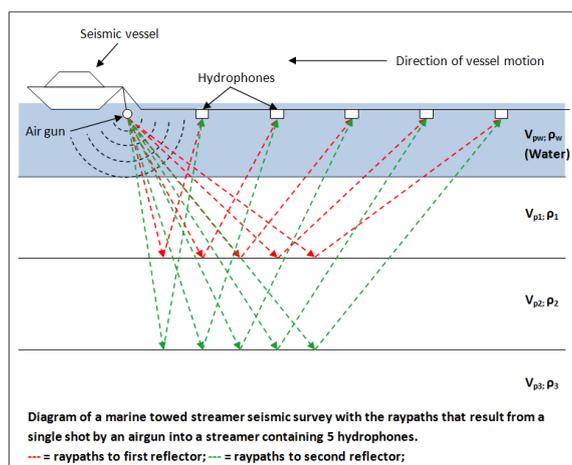
SyS: elementos para 1) y 2); y fundamentos para 3).

¿Cómo? Análisis temporal, análisis frecuencial, análisis estadístico.

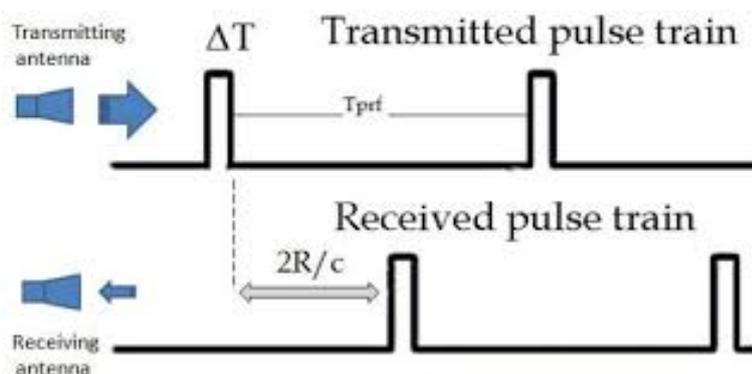
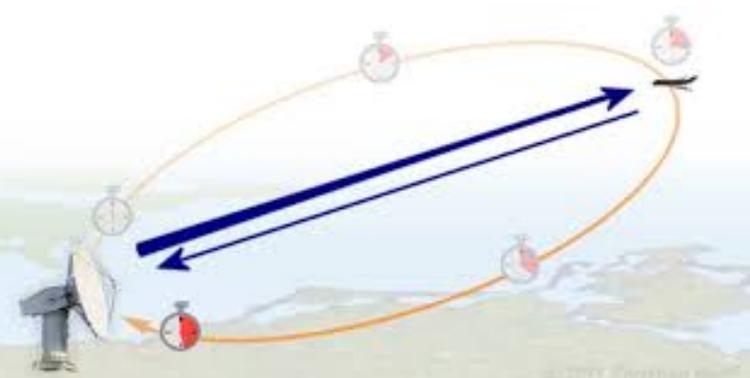
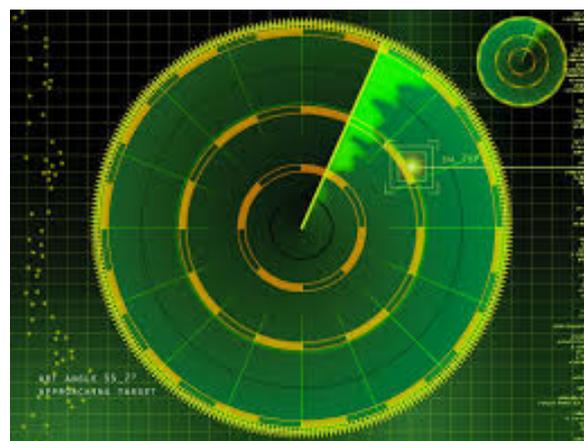
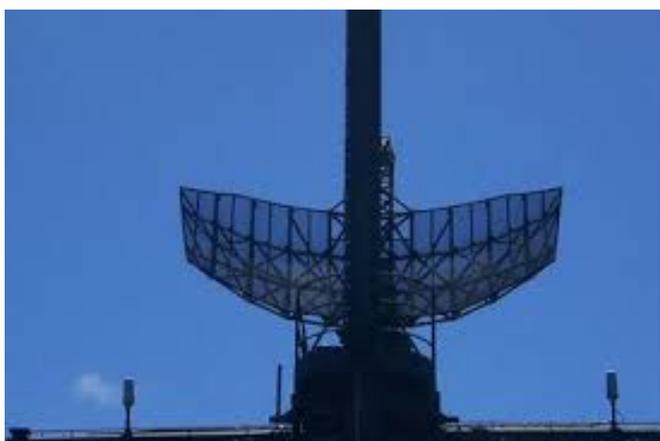
Bioingeniería: electroencefalografía EEG y magnetoencefalografía MEG



Geofísica: Prospección petrolera

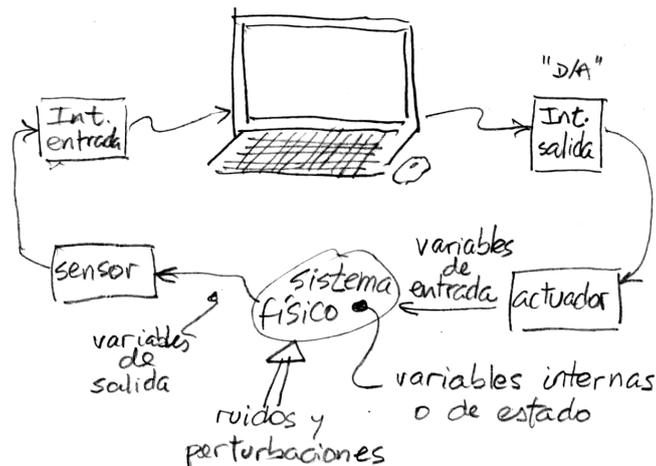


Comunicaciones: Radar



Contexto moderno

Esquema básico: Análisis, extracción y síntesis de la información



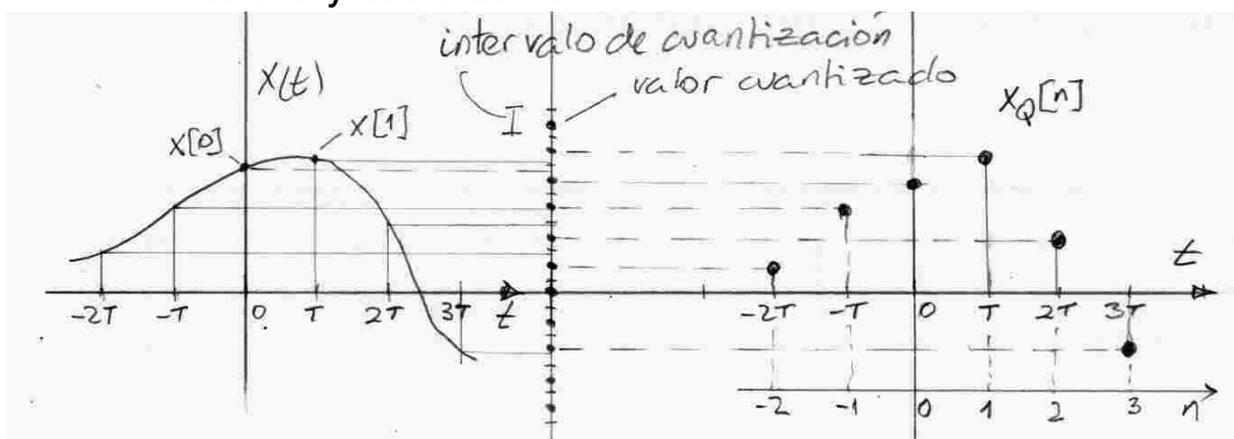
Los sistemas digitales de cómputo (computadoras) manejan señales

- ▶ en instantes discretos (*muestreo y reconstrucción*) y
- ▶ con amplitudes discretas (*cuantización*)

Ejemplos: tel. celular; motores; procesos químicos; etc.

Muestreo - reconstrucción - cuantización

Idea: muestreo y cuantización



SVIC \rightarrow SVID, T intervalo de muestreo.

$$x(nT) = x[n]$$

señal analógica $x(t) \rightarrow$ señal muestreada $x[n] \rightarrow$

señal cuantizada $x_Q(t) \rightarrow$ señal digital $x_Q[n]$.

Por su *variable independiente* - 1

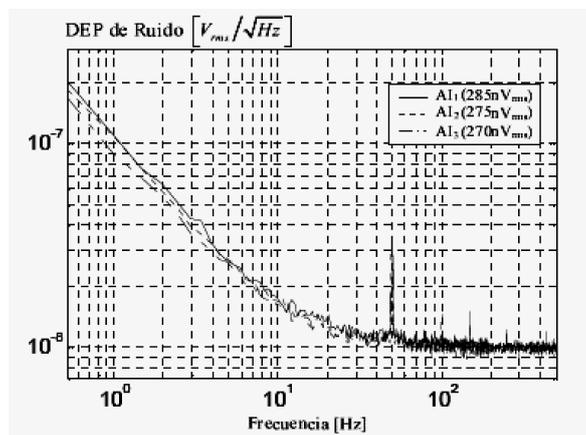
Número de variables independientes

- ▶ 1 (1D): tratadas en SyS
- ▶ 2 (2D), 3 (3D): imágenes rasterizadas (TV, monitor); cortes tomográficos (imágenes de resonancia magnética, de tomografía computada de rayos X, de emisión de positrones, etc), sensado remoto... (pixels, voxels)
- ▶ Múltiples (MD): multidimensionales

Variable independiente

La variable independiente no tiene por qué ser siempre “tiempo”.

Ejemplo: densidad de potencia de ruido en un amplificador



Por su *variable independiente* - 2

Tipo de Dominio

$$f : \mathcal{D} \rightarrow \mathcal{R}$$

- ▶ **SVIC:** Señal de Variable Independiente Continua (naturalmente SVIC o por reconstrucción de SVID).
Funciones $f(t)$ con $\mathcal{D} = \mathbb{R}, \mathbb{R}^+$ o un intervalo $\mathcal{I} \in \mathbb{R}$
- ▶ **SVID:** Señal de Variable Independiente Discreta (naturalmente SVID o por muestreo de SVIC).
Secuencias $f[n]$ con $\mathcal{D} = \mathbb{Z}, \mathbb{N}$ o un intervalo $\mathcal{I} \in \mathbb{Z}$.

Por su rango o *amplitudes* 1

Rango de la función o secuencia

$$f : \mathcal{D} \rightarrow \mathcal{R}$$

- ▶ **Continuo:** Las amplitudes toman valores que pertenecen a $\mathcal{R} \equiv$ intervalo de \mathbb{R} .
Ejemplos: tensión eficaz de línea, temperatura promedio del día en un invernáculo, presión intraventricular del corazón, tensión sobre el cuero cabelludo de un electrodo de EEG

Por su rango o *amplitudes* 2

$$f : \mathcal{D} \rightarrow \mathcal{R}$$

- ▶ **Discreto:** Las amplitudes pueden tomar sólo un número contable de valores; p.ej.: 2 niveles (o señal binaria); o $\mathcal{R} \equiv$ intervalo de \mathbb{Z} .

Ejemplos: señal de manipulador telegráfico (idealizada), número de requerimientos de llamado a una central telefónica, número de fotones que llegan a un fotodiodo, número de autos que pasan por “verde” de un semáforo, códigos para detección y corrección de errores, códigos para encriptación y seguridad.

Tipos de señales

- ▶ **Analógica:** SVIC y Amplitud continua
- ▶ **Muestreada:** SVID y Amplitud continua
- ▶ **Cuantizada:** SVIC y Amplitud discreta
- ▶ **Digital:** SVID y Amplitud discreta

Tipos de señales

Por su naturaleza 1

Realización: señal que se toma de una experiencia sobre una magnitud física.

- ▶ **Determinística:** describible para todo valor de la variable indep'te por una función matemática (sin variables aleatorias). Al repetir una experiencia en las mismas condiciones, cada realización da la misma señal.

Ejemplo: $x(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \phi)$, con A, f_0, ϕ constantes.

Señales **predecibles** en todo su dominio.

Tipos de señales

Notación: Variable aleatoria (VA).

Por su naturaleza 2

- ▶ **Aleatoria:** no se puede describir por una función matemática sin recurrir a un número (finito o infinito) de variables aleatorias. Al repetir una experiencia, las realizaciones difieren entre sí. La colección o *ensemble* de realizaciones se denomina **PROCESO ESTOCÁSTICO**

Ejemplos:

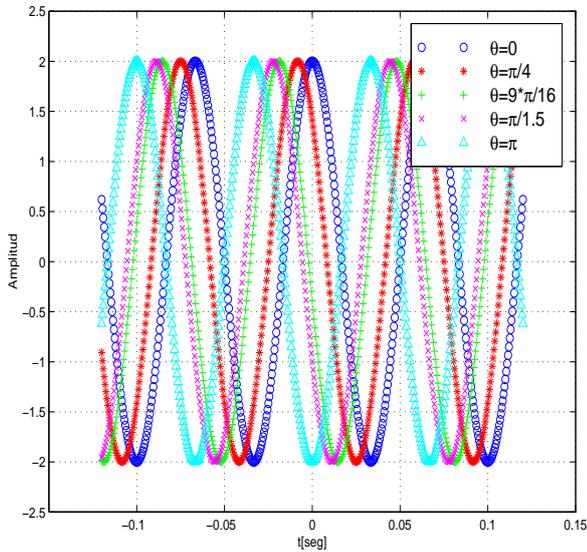
Con una VA: $x(t) = A \cos(2\pi f_0 t + \phi)$ con ϕ una VA distribuida uniformemente en $[-\pi, \pi)$.

Con infinitas VA: proceso independiente e idénticamente distribuido *iid* ("ruido").

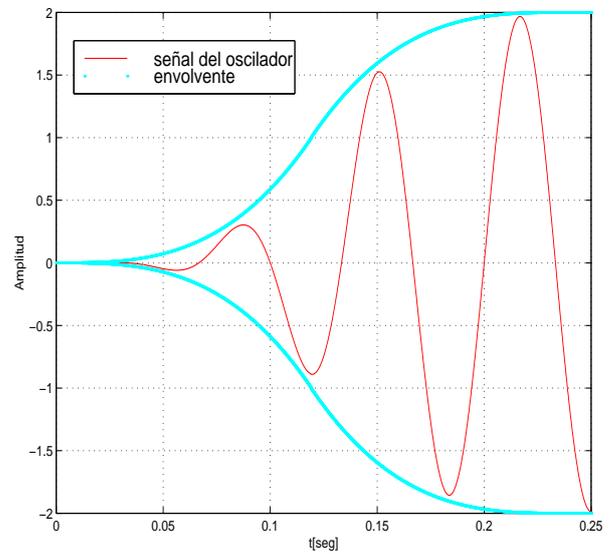
Señales **no predecibles** en todo su dominio, a menos que se **estimen** una o varias VA.

Señales aleatorias 1

Realizaciones de un generador senoidal *modelado* como proceso estocástico

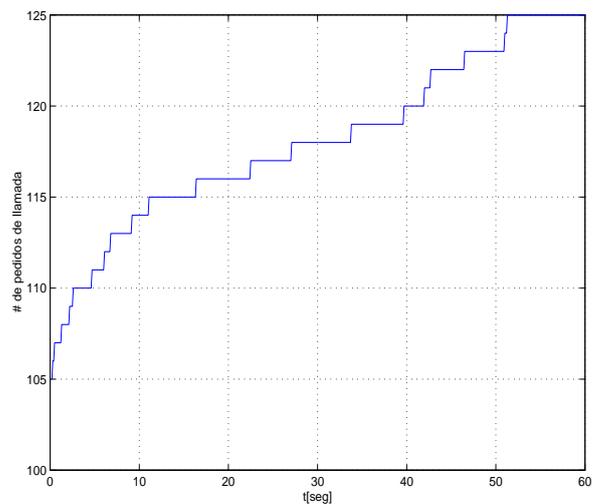
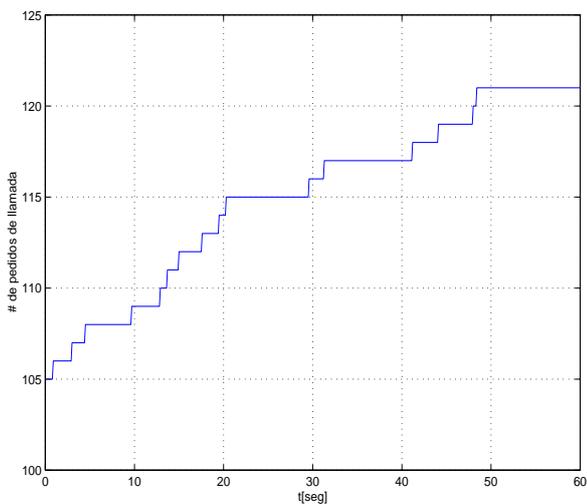


Una *aproximación* de la tensión de salida de un generador senoidal desde su inicio



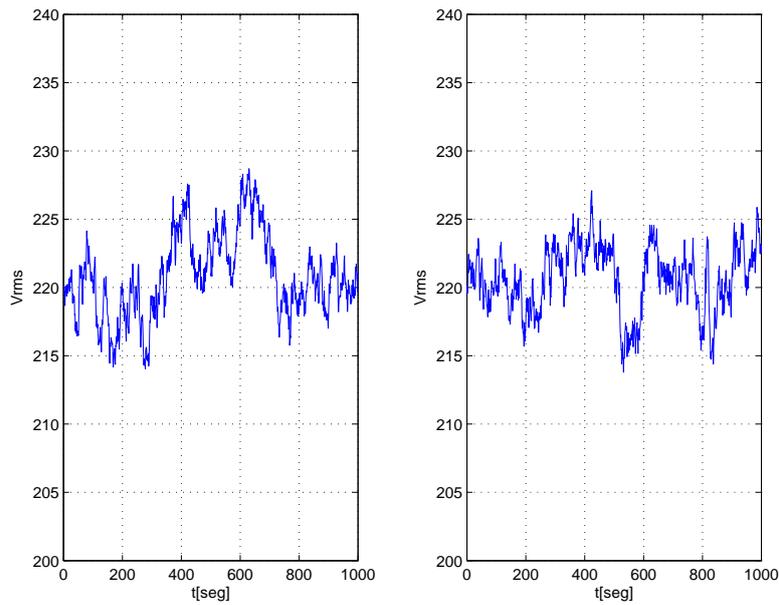
Señales aleatorias 2

Número de llamadas a una central telefónica en una hora pico



Señales aleatorias 3

Registros de tensión eficaz de línea



Señales aleatorias 4

Se puede ir leyendo la primera parte de “Tópicos de procesos estocásticos” o mejor, cualquier buen libro de los indicados en la bibliografía.

Lo anteriormente descrito no es la única forma posible de aleatoriedad; existen por ejemplo, las señales caóticas, fractales, etc. *No las usaremos en SyS.*

Próxima Clase

- ▶ Señales, secuencias. VI: tiempo, índice.
- ▶ Señales especiales: notación y diccionario pictórico. Escalón, cajón, triángulo, etc.
- ▶ Deltas: Dirac, Kronecker.
- ▶ Señales periódicas VID-VIC.
- ▶ Transformaciones de var. indep'te: reflexión, cambio de escala, traslación p/ VID-VIC.

Énfasis en las “diferencias” entre SVIC y SVID.