

Análisis de Comportamiento del FIR

Clase de Práctico N°2
Procesamiento Digital de Señales



INGENIERÍA
BIOLÓGICA

Contenidos

01

**Validación de la
corrección del
sistema**

¿Hace lo que debe?

02

**Estudio cualitativo
del comportamiento**

¿Reduce el ruido?

03

**Estudio cuantitativo
del comportamiento**

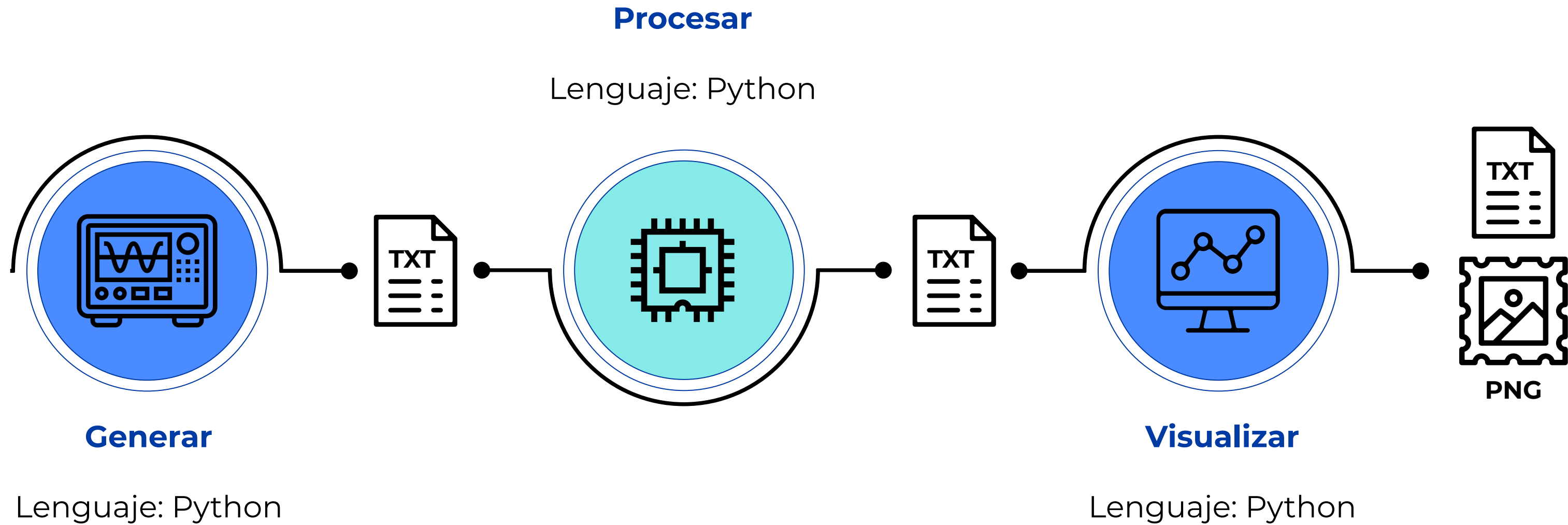
Relevamiento
frecuencial y SNR

04

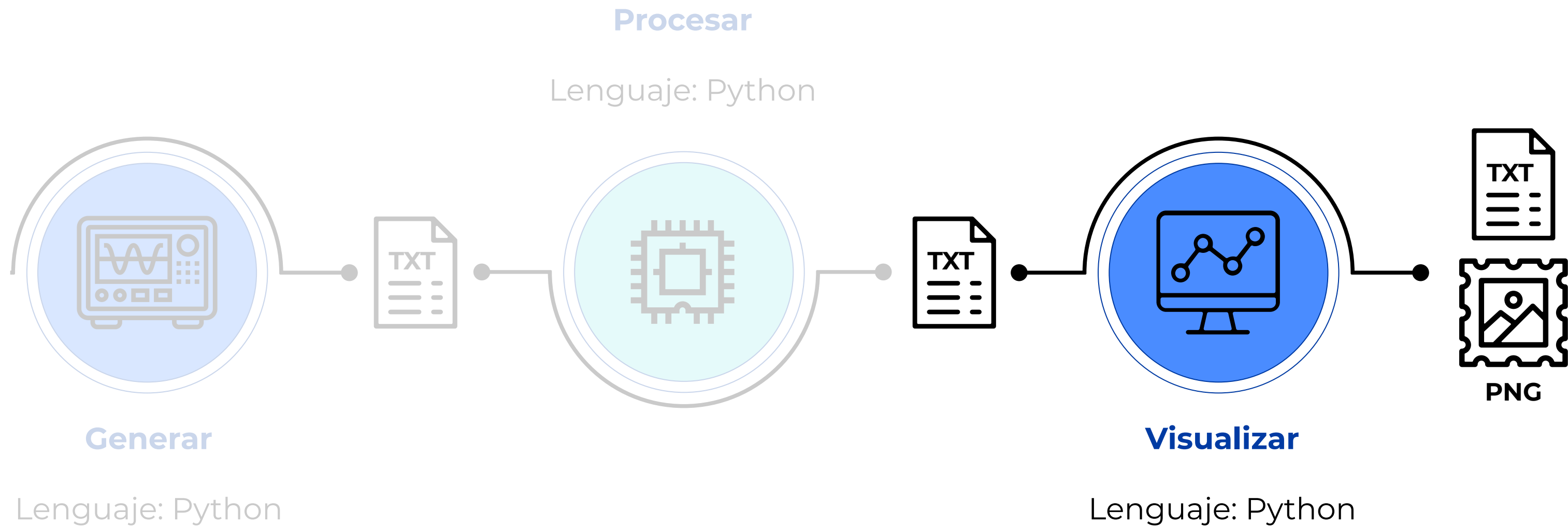
Hito 1

Filtro FIR y setup
general en Python

Trabajo en bloques:



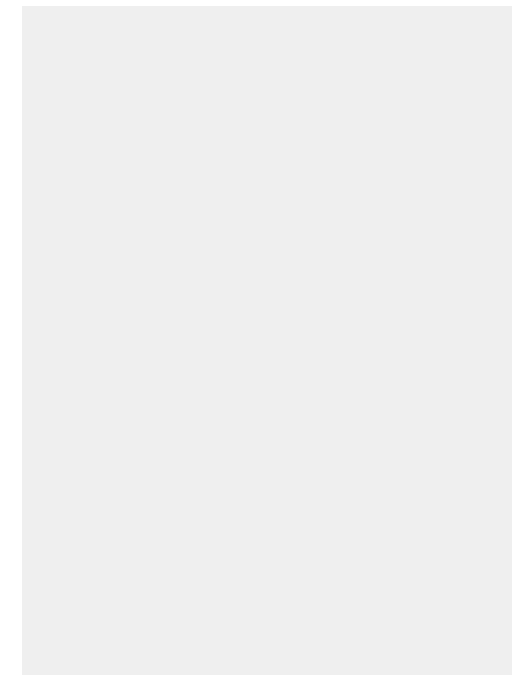
Trabajo en bloques:



01

Validación de la corrección del sistema

¿Hace lo que debe hacer?



¿Cómo validar las implementaciones?

Respuesta al escalón

- Se calcula la respuesta al escalón para *todas las implementaciones*.
- *No* se varían los parámetros del filtro (largo de la media móvil).

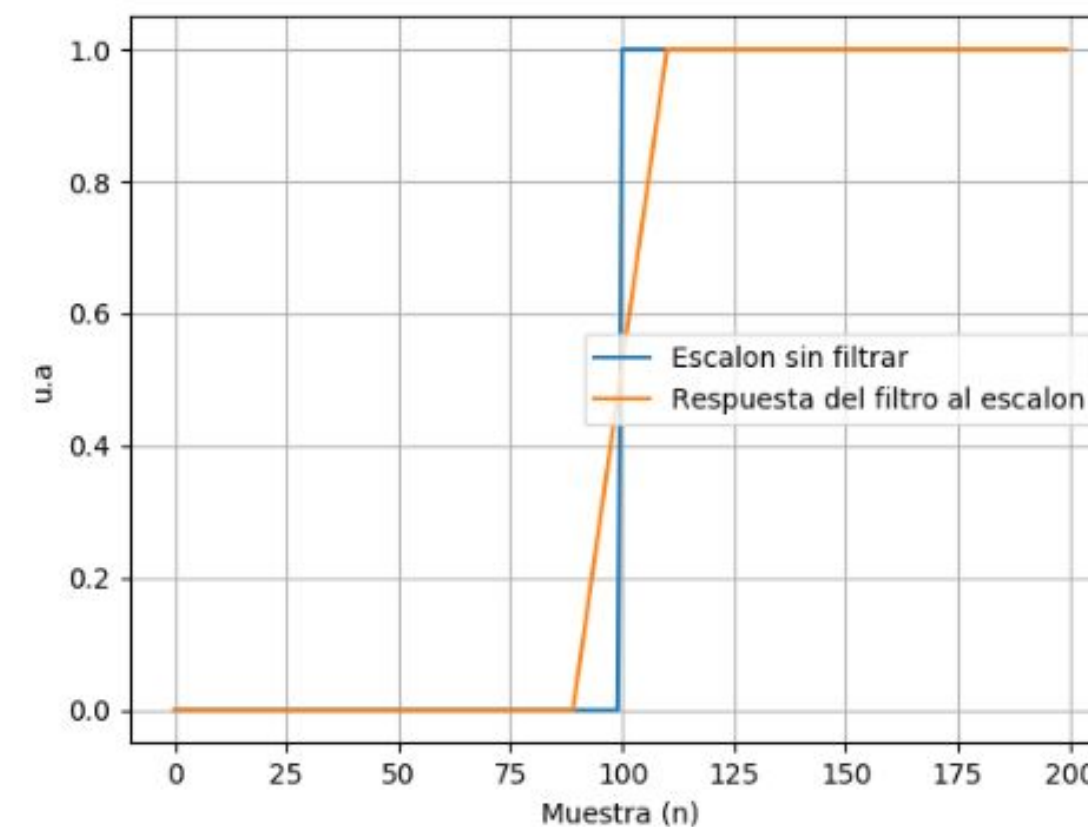


Figura 2: Respuesta del filtro al escalón.



02

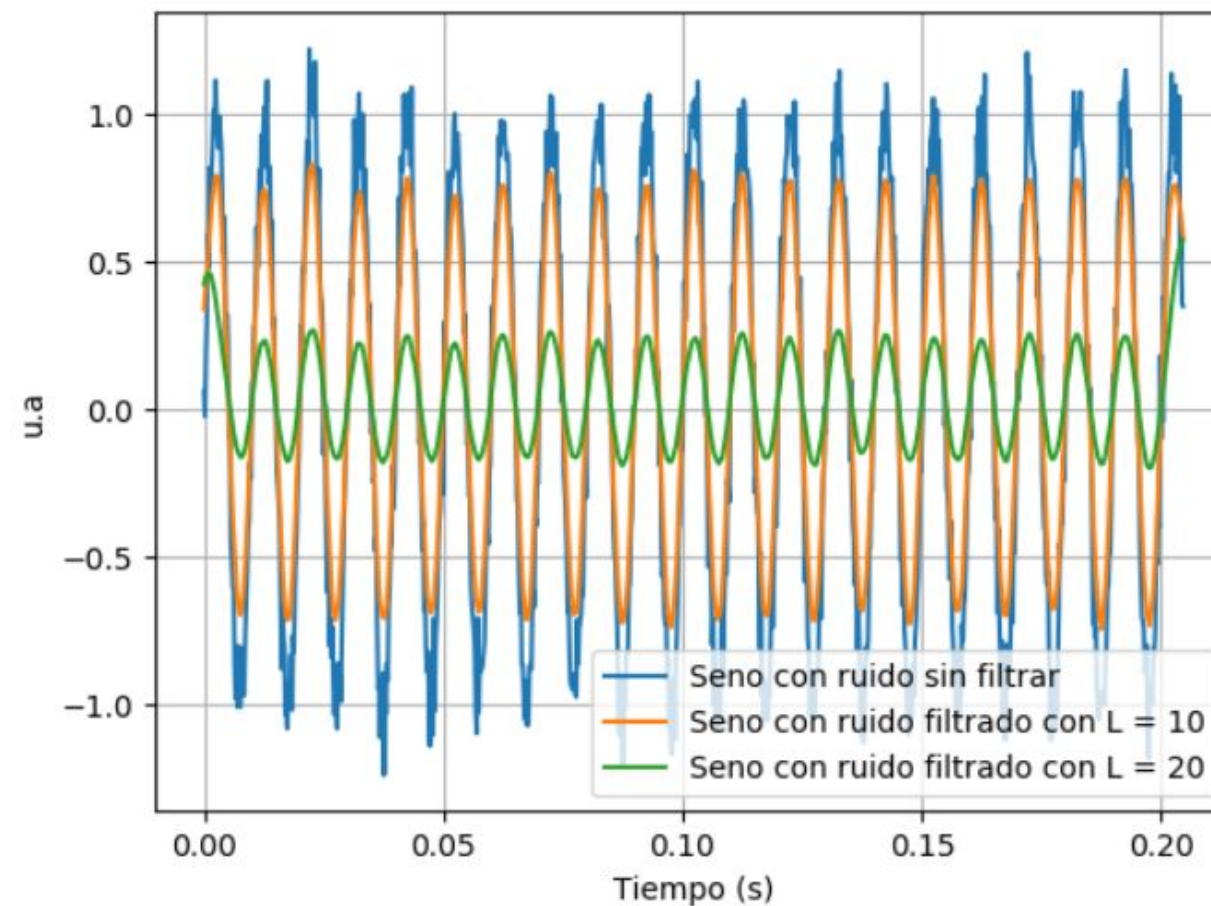
**Estudio
cualitativo del
comportamiento**

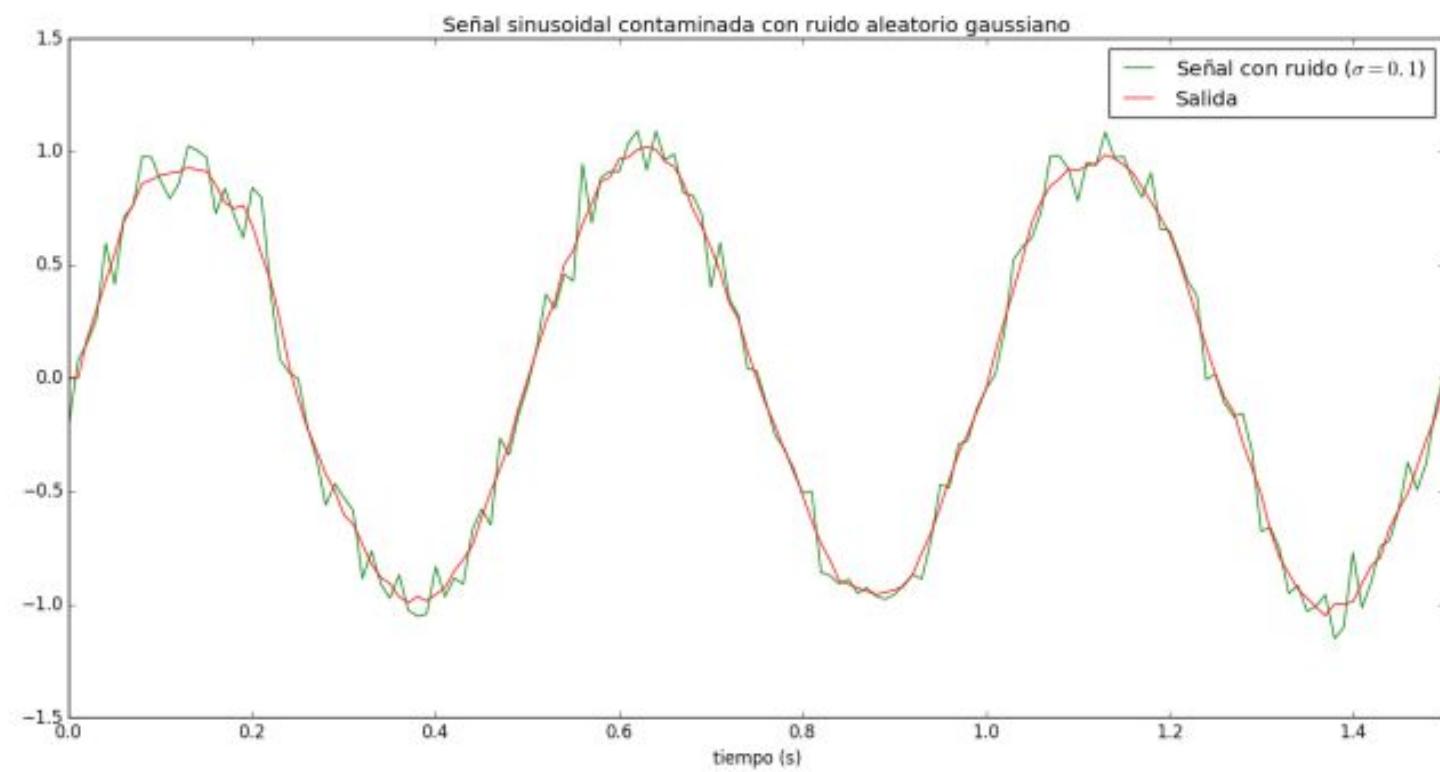
¿Reduce el ruido?

Se observa el comportamiento temporal:

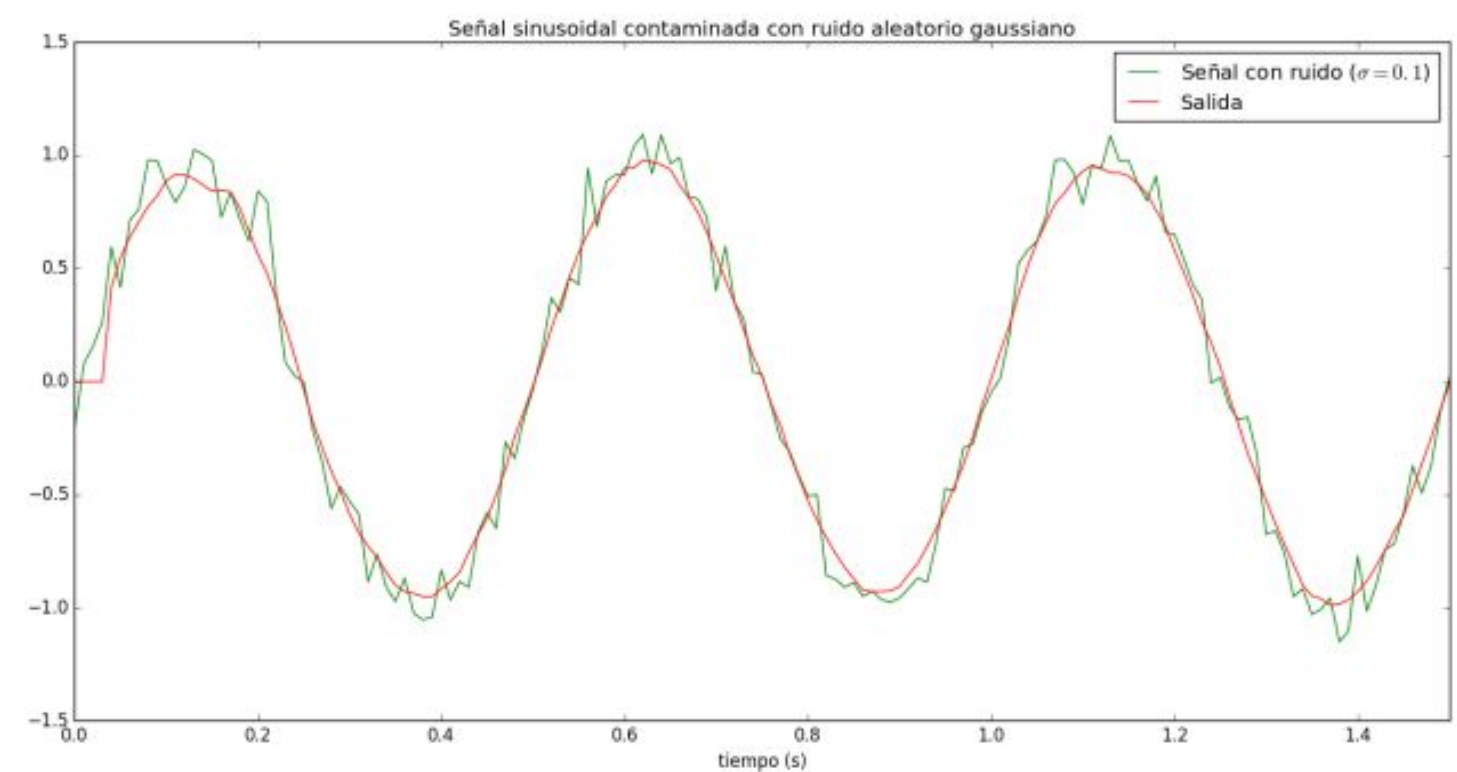
Entrada sinusoidal

- Se calcula para *una implementación*.
- *Se varían* los parámetros del filtro (largo de la media móvil).

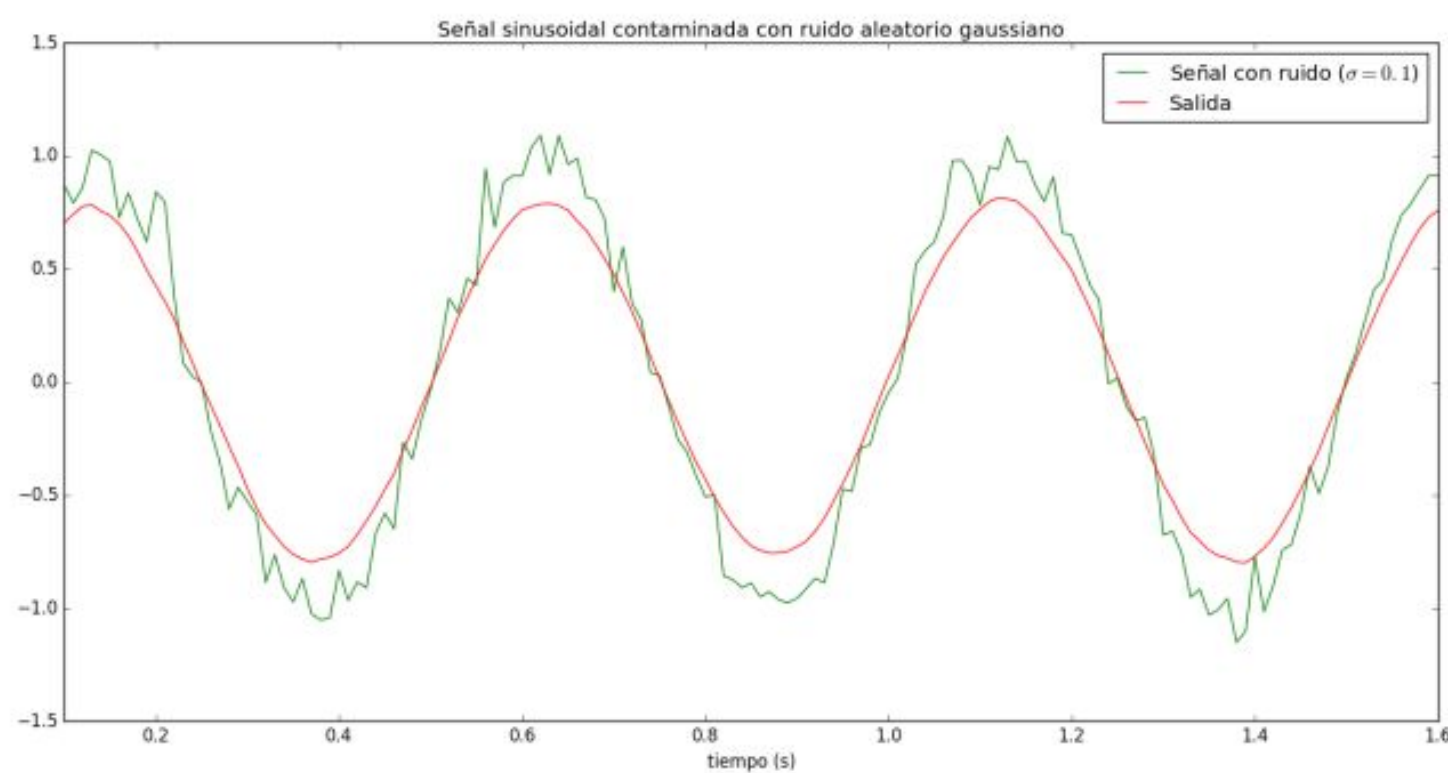




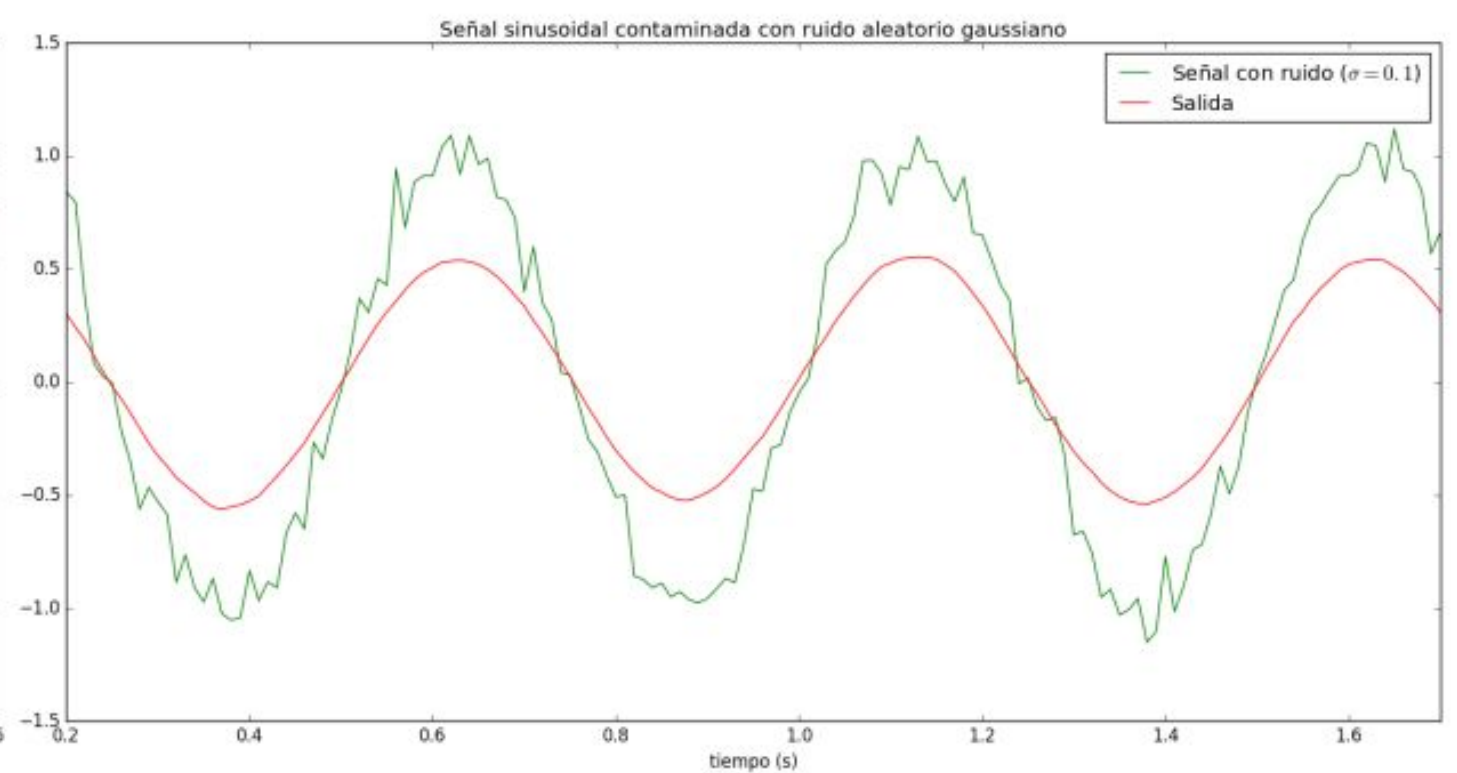
(a) Tamaño de filtro $L=5$



(b) Tamaño de filtro $L=9$



(c) Tamaño de filtro $L=19$

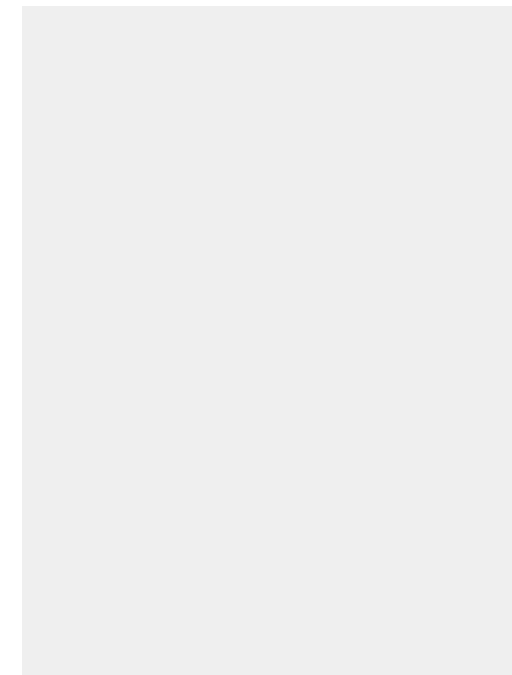


(d) Tamaño de filtro $L=29$

03

Estudio cuantitativo del comportamiento

Respuesta frecuencial y medidas de performance



Se observa el comportamiento frecuencial:

- Se compara el bode hecho en python con el bode *teórico*.
- Se realiza un *barrido en frecuencia* (sobre unos pocos valores) y se grafica la posición de los puntos.

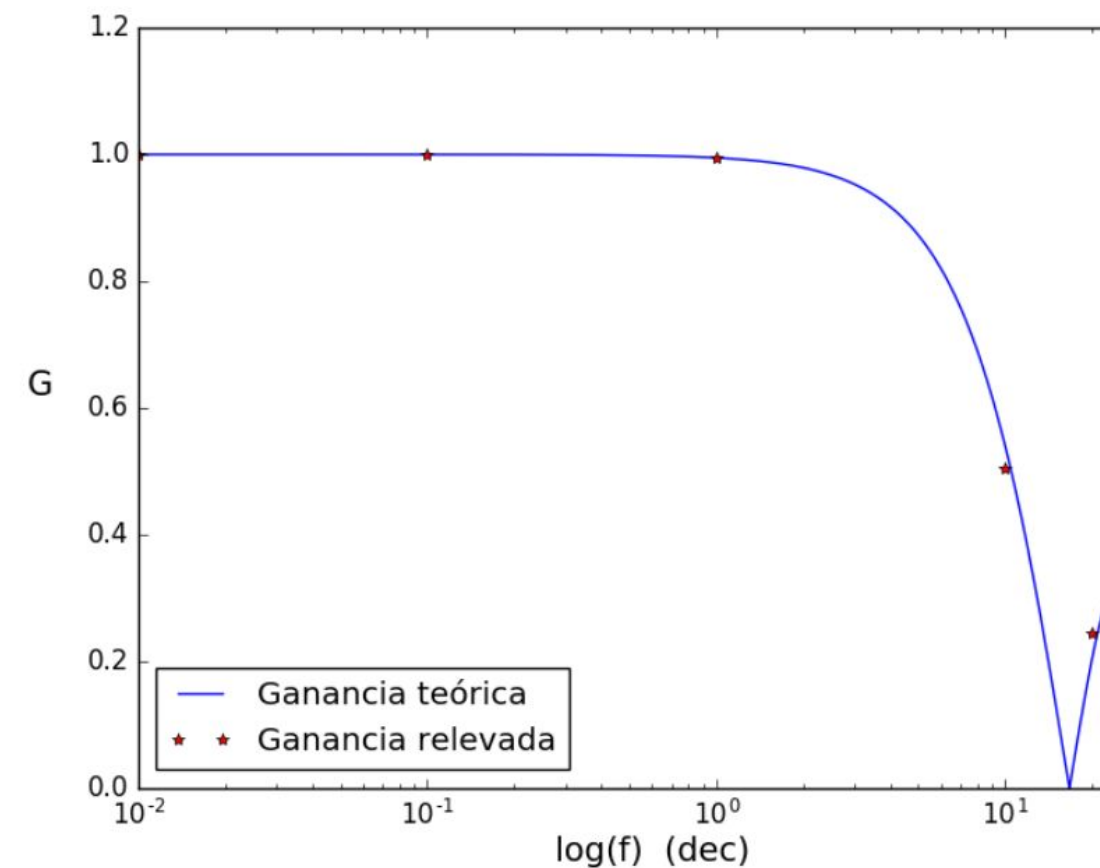


Figura 2: Módulo de la transferencia de la Media Móvil de largo 3. Los valores de frecuencia se expresan en décadas. Se relevó el comportamiento del filtro para valores de frecuencia $F \in [10mHz, 100mHz, 1Hz, 10Hz, 20Hz]$. En rojo se grafica la tupla $(\log(\text{frecuencia}), \text{ganancia})$ de valores relevados en la práctica.

Medidas de performance

Cuando es posible separar la señal (s) del ruido (n):

Se puede utilizar como medidas las relaciones entre las potencias de la señal y el ruido a la entrada y a la salida del filtro. Por ejemplo:

- Relación señal-ruido (SNR):


$$\frac{SNR_{out}}{SNR_{in}}$$

Medidas de performance

Cuando es posible separar la señal (s) del ruido (n):

Se puede utilizar como medidas las relaciones entre las potencias de la señal y el ruido a la entrada y a la salida del filtro. Por ejemplo:

- Relación señal-ruido (SNR):

$$\frac{SNR_{out}}{SNR_{in}} \quad \text{SNR} = \frac{E(s)}{E(n)}$$


Medidas de performance

Cuando es posible separar la señal (s) del ruido (n):

Se puede utilizar como medidas las relaciones entre las potencias de la señal y el ruido a la entrada y a la salida del filtro. Por ejemplo:

- Relación señal-ruido (SNR):

$$\frac{SNR_{out}}{SNR_{in}}$$

$$SNR = \frac{E(s)}{E(n)}$$

Potencia de la señal

Potencia del ruido

Medidas de performance

Cuando es posible separar la señal (s) del ruido (n):

Se puede utilizar como medidas las relaciones entre las potencias de la señal y el ruido a la entrada y a la salida del filtro. Por ejemplo:

- Potencia de la señal + ruido vs potencia de la señal:

The diagram illustrates the relationship between the power of the signal plus noise and the power of the signal after filtering. It features a central fraction with the numerator $E(F(s+n))$ and the denominator $E(F(s))$. A blue dotted arrow points from the numerator to the text "Potencia de señal+ruido filtrada" on the left. Another blue dotted arrow points from the denominator to the text "Potencia de la señal filtrada" on the right.

$$\frac{E(F(s+n))}{E(F(s))}$$

Potencia de señal+ruido filtrada

Potencia de la señal filtrada

Medidas de performance

Cuando es posible separar la señal (s) del ruido (n):

Se puede utilizar como medidas las relaciones entre las potencias de la señal y el ruido a la entrada y a la salida del filtro. Por ejemplo:

- Potencia de la señal + ruido vs potencia de la señal:

$$i \quad \frac{E(F(s+n))}{E(F(s))} \quad \text{vs} \quad \frac{E(F(s+n))}{E(s)} \quad ?$$

Medidas de performance

Cuando es posible separar la señal (s) del ruido (n):

Se puede utilizar como medidas las relaciones entre las potencias de la señal y el ruido a la entrada y a la salida del filtro. Por ejemplo:

- Potencia de la señal + ruido vs potencia de la señal:

$$\frac{E(F(s+n))}{E(F(s))} \quad \text{vs} \quad \frac{E(F(s+n))}{E(s)}$$

Medidas de performance

Cuando es posible separar la señal (s) del ruido (n):

Se puede utilizar como medidas las relaciones entre las potencias de la señal y el ruido a la entrada y a la salida del filtro. Por ejemplo:

- Potencia del ruido:

$$\frac{E(F(n))}{E(n)}$$

Cuadro 1: Performance medida al variar el tamaño del filtro.

L	$\frac{SNR_{out}}{SNR_{in}}$	$\frac{E(F(s+n))}{E(s)}$	$\frac{E(F(s+n))}{E(F(s))}$	$\frac{E(F(n))}{E(n)}$
3	2.983	1.020	1.031	0.327
5	5.039	0.996	1.029	0.189
7	7.100	0.963	1.027	0.130
9	9.188	0.922	1.027	0.096
11	10.952	0.872	1.027	0.076
13	12.198	0.815	1.027	0.064
17	13.931	0.685	1.027	0.047
19	14.165	0.615	1.027	0.042
21	14.083	0.545	1.027	0.037
23	13.501	0.475	1.027	0.034
29	10.021	0.281	1.027	0.027
35	6.093	0.134	1.029	0.021

Cuadro 1: Performance medida al variar el tamaño del filtro.

L	$\frac{SNR_{out}}{SNR_{in}}$	$\frac{E(F(s+n))}{E(s)}$	$\frac{E(F(s+n))}{E(F(s))}$	$\frac{E(F(n))}{E(n)}$
3	2.983	1.020	1.031	0.327
5	5.039	0.996	1.029	0.189
7	7.100	0.963	1.027	0.130
9	9.188	0.922	1.027	0.096
11	10.952	0.872	1.027	0.076
13	12.198	0.815	1.027	0.064
17	13.931	0.685	1.027	0.047
19	14.165	0.615	1.027	0.042
21	14.083	0.545	1.027	0.037
23	13.501	0.475	1.027	0.034
29	10.021	0.281	1.027	0.027
35	6.093	0.134	1.029	0.021

Medidas de performance

Cuando es posible separar la señal (s) del ruido (n):

Se puede utilizar como medidas las relaciones entre las potencias de la señal y el ruido a la entrada y a la salida del filtro. Por ejemplo:

- Relación señal-ruido (SNR):

$$\frac{SNR_{out}}{SNR_{in}}$$

Medidas de performance

Cuando es posible separar la señal (s) del ruido (n):

Se puede utilizar como medidas las relaciones entre las potencias de la señal y el ruido a la entrada y a la salida del filtro. Por ejemplo:

- Relación señal-ruido (SNR):

$$\frac{SNR_{out}}{SNR_{in}}$$

¿Qué sucede cuando no es posible distinguir el ruido de la señal?



04

Hito 1

Implementación del filtro FIR y setup general
en Python.

◆ Ejercicio 1 (Implementación de filtros en un lenguaje de alto nivel (Matlab o Python) en una computadora de alto nivel)

Para las pruebas iniciales se utilizarán dos señales de entrada: un escalón unitario discreto y una sinusoidal.

- (a) Escriba un programa (`generar.py`) que genere un escalón unitario y lo guarde en un archivo de texto de acuerdo al formato descrito en la Figura 1.
- (b) Extienda el código para que genere una señal sinusoidal de amplitud A y frecuencia f y la contamine con ruido aleatorio gaussiano de potencia σ y lo guarde con el mismo formato del escalón
- (c) Escriba un programa (`procesar.py`) que implemente un filtro FIR de forma no causal y con retardo de grupo nulo. Verifique que la respuesta al escalón sea la correcta.
- (d) Escriba un programa (`visualizar.py`) que cargue las señales generadas anteriormente y las grafique.
- (e) Filtre la señal con una media móvil, comparando señal original con filtrada. Para una primera implementación y a modo de ejemplo utilice los siguientes parámetros: $A = 1$, $f = 100Hz$, $\sigma = 0,1$, $N = 1024$, $L = 5$ y $f_s = 5000Hz$.
- (f) Verificar el correcto funcionamiento para diferentes valores del tamaño del filtro. Muestre que el filtro se comporta efectivamente como un pasabajos.
- (g) Extienda el código del programa `visualizar.py` para que evalúe cuantitativamente el desempeño del filtro. Se utilizará como medida de performance el SNR (signal to noise ratio). El ruido a la salida se estimará como la diferencia entre la señal original filtrada y la señal con ruido filtrada.
- (h) La estructura del código realizado es parte de la evaluación. El sistema completo debe estar formado por los 3 programas mencionados en las partes anteriores. Las señales de entrada y de salida serán leídas y escritas en archivos de texto. Con el formato que se muestra en la Figura 1.

Gracias

¿Preguntas?

Renato Sosa Machado



renato.sosast@gmail.com

Lucía Lemes



llemes@cup.edu.uy

CREDITS: This presentation template was created by **Slidesgo**, including icons by **Flaticon**, and infographics & images by **Freepik**

Tareas:

1. Crear los tres scripts requeridos:
 - generar
 - procesar
 - visualizar
2. Iniciar la implementación del bloque “generar”.

Trabajar utilizando entornos virtuales

Creación de un entorno virtual

- Instalar venv que permite crear entornos virtuales:
 - `sudo apt-get install python3-venv`
- Crear el entorno:
 - `python3 -m venv "nombre del entorno"`
 - Se crea el entorno con el nombre dado y se además se crea una carpeta en el directorio donde se almacenarán los datos del proyecto.

Creación de un entorno virtual en Anaconda

- `conda create -n nombreenv python=x.x`
 - Donde “nombreenv” es el nombre que quieres dar a tu entorno y “x.x” la versión de Python que quieres dar a tu entorno.
- `source activate nombreenv`
 - Si se ha activado correctamente a la derecha de nuestro terminal debe salir entre paréntesis el nombre de nuestro entorno.
- Los paquetes se puede instalar con **conda install** o **pip install**