

# Desafío: Recordando Sistemas Lineales

## Introducción al Machine Learning Aplicado al Audio.

Profesor: Rodolfo Anibal Lobo

Agosto 2023

### Instrucciones

El archivo `AudioEco.wav` es un audio digital que puede ser leído utilizando `python` y `librosa` o `Octave - Matlab`, por ejemplo:

```
1 import librosa
2 import IPython.display as ipd
3
4 # Para escuchar el audio
5 ipd.Audio('AudioEco.wav')
6
7 # Leer los valores de la senal
8 y, fs = librosa.load('AudioEco.wav')
```

```
1 % Para leer los valores de la senal
2 [y, fs] = audioread('AudioEco.wav');
3
4 % Para escuchar el audio
5 [y, fs] = sound(y, fs)
```

El audio `y` es un vector de tamaño  $n = 12000$  y  $f_s = 8000\text{Hz}$ . Esto significa que las primeras 8000 componentes de `y` representan 1 segundo de audio. El audio tiene 15 segundos de duración. Para poder graficar la señal de audio puede utilizar los siguientes comandos:

```
1 import librosa
2 import librosa.display
3 librosa.display.waveplot(y, sr=fs)
```

```
1 N = length(y);
2 plot([0:N-1]/fs, y);
3 axis([0 15 -1 1])
4 grid
```

Lamentablemente, debido al eco en la grabación no es posible entender el mensaje, pues ha sido a propósito encriptado de esta forma. El objetivo de este proyecto es construir un sistema o modelo capaz de retirar el ruido de la grabación. En el caso de la señal, aparece una señal repetida o eco después de un segundo de la grabación original  $\mathbf{x}$ . En términos matemáticos el audio  $\mathbf{y}$  es obtenido a través de la ecuación:

$$y(i) = \sum_{k=1}^{\lceil i/\Delta t \rceil} x(i - (k-1)\Delta t), \quad \forall i = 1, \dots, n \quad (1)$$

dónde  $\mathbf{x}$  es la señal sin eco,  $\Delta t = 8000$  corresponde al atraso de 1 segundo y la función  $\lceil a \rceil$  retorna el mayor número entero mayor o igual a  $a$ . La forma en que este audio ha sido encriptado, está lejos de una situación real de encriptado, sin embargo sirve para aplicar lo aprendido sobre sistemas lineales. El objetivo es restaurar el audio original  $\mathbf{x}$  y responder las siguientes preguntas:

1. Presente una formulación matemática del problema que fue utilizada para encontrar la señal limpia  $\mathbf{x}$ .
2. Caracterice la matriz del sistema lineal relacionado al problema. ¿Cuál sería la *forma* de esta matriz?, ¿dónde tiene ceros y dónde no?.
3. Describa un método eficiente para resolver el sistema lineal. Programe la solución utilizando alguno de los lenguajes de programación mencionado.
4. Responda a la pregunta: ¿A quiénes acudieron las personas asustadas?