

# MEDICIÓN E INSTRUMENTACIÓN

## RUIDO

Roberto Giovanni Ramírez-Chavarría

`RRamirezC@iingen.unam.mx`

Elaborado gracias al Proyecto PAPIME PE115319

2020



## Ruido

Perturbación no deseada que interfiere a la señales que se están procesando en un sistema de instrumentación.

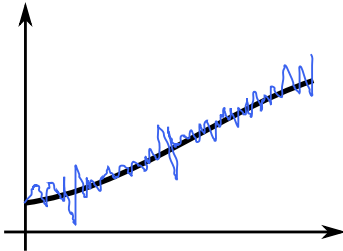
Se clasifica en

- **Ruido interno:** Producido por dispositivos del instrumento. Agitación térmica, vibraciones internas, movimiento de portadores de carga.
- **Ruido externo:** Producido por otros sistemas, señales de interferencia.

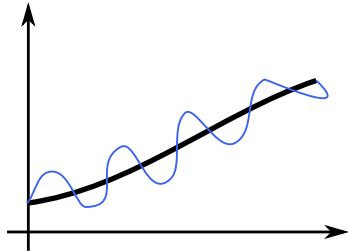
## Ruido

Generalmente tiene carácter aleatorio o estructura definida.

Ruido térmico



Ruido de 60 Hz



## Ruido

Formalmente, el ruido se cuantifica estimando cuánto afecta a una señal de interés.

Midiendo la potencia de dicha señal  $P_s$  y la potencia del ruido  $P_n$ .

La relación que existe entre las potencias: **RELACIÓN SEÑAL A RUIDO**  $S/N$  y sus unidades son dB

$$S/N = 10 \log \frac{P_s}{P_n}$$

Puede definirse también midiendo voltajes y corrientes de la señal y del ruido

$$S/N = 20 \log \frac{V_s}{V_n}$$

$$S/N = 20 \log \frac{I_s}{I_n}$$

## Ruido

El voltaje o la corriente de ruido se calculan mediante la suma cuadrática de TODAS las fuentes de ruido

$$V_n = \sqrt{\sum V_{ni}^2}$$

$$I_n = \sqrt{\sum I_{ni}^2}$$

En general, los sistemas de instrumentación añaden ruido al procesar las señales. La  $S/N$  es menor a la salida que en la entrada.

**Factor de ruido** (*Noise Factor - NF*)

$$NF = S/N_{in} - S/N_{out}$$

### Ejercicio

Un amplificador de ganancia 100 recibe una señal de 10 mV con una  $S/N$  de 90 dB. Si el sistema añade un ruido de 0.05 mV. Calcule la  $S/N$  a la salida.

### Ejercicio

Un amplificador de ganancia 100 recibe una señal de 10 mV con una  $S/N$  de 90 dB. Si el sistema añade un ruido de 0.05 mV. Calcule la  $S/N$  a la salida.

La señal de salida

$$10\text{mV} \times 100 = 1\text{V}$$

### Ejercicio

Un amplificador de ganancia 100 recibe una señal de 10 mV con una  $S/N$  de 90 dB. Si el sistema añade un ruido de 0.05 mV. Calcule la  $S/N$  a la salida.

La señal de salida

$$10\text{mV} \times 100 = 1\text{V}$$

El ruido de la señal de entrada con 90 dB es



### Ejercicio

Un amplificador de ganancia 100 recibe una señal de 10 mV con una  $S/N$  de 90 dB. Si el sistema añade un ruido de 0.05 mV. Calcule la  $S/N$  a la salida.

La señal de salida

$$10\text{mV} \times 100 = 1\text{V}$$

El ruido de la señal de entrada con 90 dB es

$$90\text{dB} = 20 \log \frac{1}{V_{n1}} \rightarrow V_{n1} = 31.6 \mu\text{V}$$

### Ejercicio (cont.)

Un amplificador de ganancia 100 recibe una señal de 10 mV con una  $S/N$  de 90 dB. Si el sistema añade un ruido de 0.05 mV. Calcule la  $S/N$  a la salida.

## Ejercicio (cont.)

Un amplificador de ganancia 100 recibe una señal de 10 mV con una  $S/N$  de 90 dB. Si el sistema añade un ruido de 0.05 mV. Calcule la  $S/N$  a la salida.

Al ruido  $V_{n1}$  se le añaden  $0.05\text{mV} = 50\mu\text{V} = V_{n2}$

$$V_n = \sqrt{V_{n1}^2 + V_{n2}^2} = \sqrt{31.6^2 + 50^2} = 59.1\mu\text{V}$$

### Ejercicio (cont.)

Un amplificador de ganancia 100 recibe una señal de 10 mV con una  $S/N$  de 90 dB. Si el sistema añade un ruido de 0.05 mV. Calcule la  $S/N$  a la salida.

Al ruido  $V_{n1}$  se le añaden  $0.05\text{mV} = 50\mu\text{V} = V_{n2}$

$$V_n = \sqrt{V_{n1}^2 + V_{n2}^2} = \sqrt{31.6 + 50^2} = 59.1\mu\text{V}$$

Finalmente, la  $S/N$  a la salida es

### Ejercicio (cont.)

Un amplificador de ganancia 100 recibe una señal de 10 mV con una  $S/N$  de 90 dB. Si el sistema añade un ruido de 0.05 mV. Calcule la  $S/N$  a la salida.

Al ruido  $V_{n1}$  se le añaden  $0.05\text{mV} = 50\mu\text{V} = V_{n2}$

$$V_n = \sqrt{V_{n1}^2 + V_{n2}^2} = \sqrt{31.6^2 + 50^2} = 59.1\mu\text{V}$$

Finalmente, la  $S/N$  a la salida es

$$S/N = 20 \log \frac{1}{59.1 \times 10^{-6}} = 84.6\text{dB}$$

## Ruido

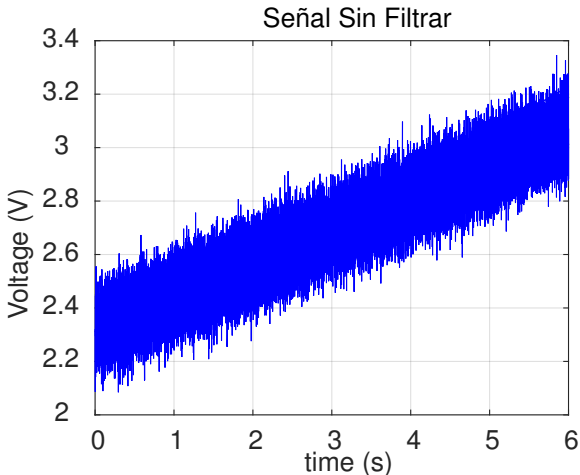
En la práctica, existe un elemento que incrementa la  $S/N$

**FILTRO:** Reduce el  $BW$  al estrictamente necesario.

## Ruido

En la práctica, existe un elemento que incrementa la  $S/N$

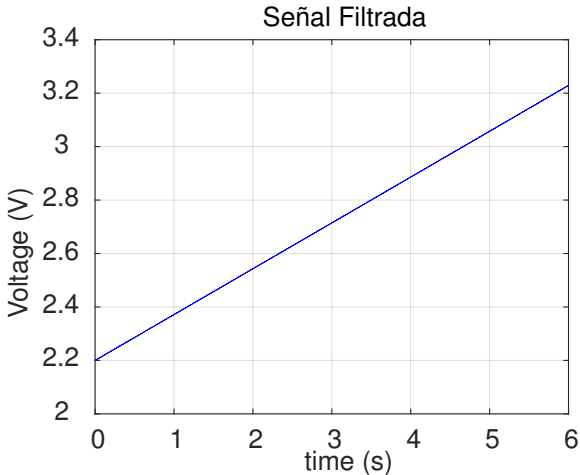
**FILTRO:** Reduce el  $BW$  al estrictamente necesario.



## Ruido

En la práctica, existe un elemento que incrementa la  $S/N$

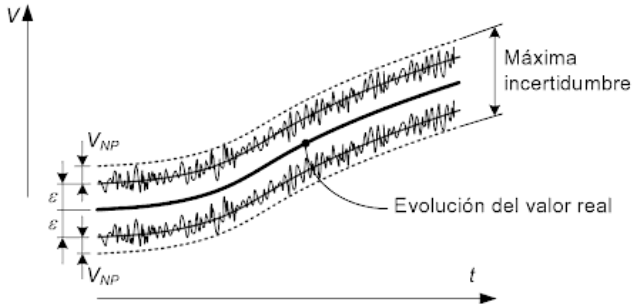
**FILTRO:** Reduce el  $BW$  al estrictamente necesario.





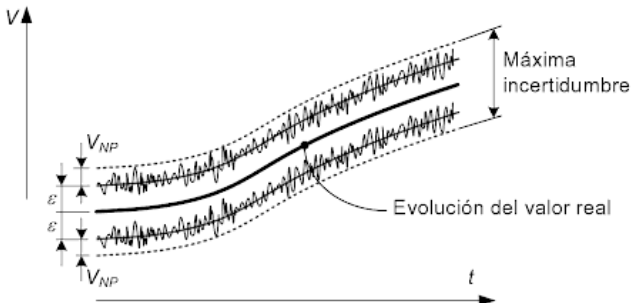
## Ruido

El ruido puede agruparse con el error en la medición y en conjunto forman la incertidumbre total



## Ruido

El ruido puede agruparse con el error en la medición y en conjunto forman la incertidumbre total

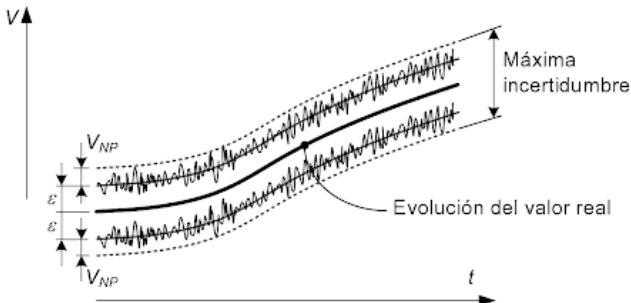


El valor medido es

$$V \pm (\epsilon + V_n)$$

## Ruido

El ruido puede agruparse con el error en la medición y en conjunto forman la incertidumbre total



La resolución de la medida es

$$Q = 2(\epsilon + V_n)$$

### Ejercicio

La salida en voltaje de un sistema de instrumentación sísmica incluye un error máximo del 0.1% y una  $S/N$  de 72 dB, determine su resolución

### Ejercicio

La salida en voltaje de un sistema de instrumentación sísmica incluye un error máximo del 0.1% y una  $S/N$  de 72 dB, determine su resolución

Suponiendo un valor máximo de salida  $V$ , el error producido es

$$\epsilon = \frac{0.1\%}{100\%} V = 0.001V$$

### Ejercicio

La salida en voltaje de un sistema de instrumentación sísmica incluye un error máximo del 0.1% y una  $S/N$  de 72 dB, determine su resolución

Suponiendo un valor máximo de salida  $V$ , el error producido es

$$\epsilon = \frac{0.1\%}{100\%} V = 0.001V$$

El voltaje de ruido, a partir de la  $S/N$

### Ejercicio

La salida en voltaje de un sistema de instrumentación sísmica incluye un error máximo del 0.1% y una  $S/N$  de 72 dB, determine su resolución

Suponiendo un valor máximo de salida  $V$ , el error producido es

$$\epsilon = \frac{0.1\%}{100\%} V = 0.001 V$$

El voltaje de ruido, a partir de la  $S/N$

$$72\text{dB} = 20 \log \frac{V}{V_n} \rightarrow V_n = 0.000251 V$$

### Ejercicio (cont.)

La salida en voltaje de un sistema de instrumentación sísmica incluye un error máximo del 0.1% y una  $S/N$  de 72 dB, determine su resolución



### Ejercicio (cont.)

La salida en voltaje de un sistema de instrumentación sísmica incluye un error máximo del 0.1% y una  $S/N$  de 72 dB, determine su resolución

Finalmente, la resolución

$$Q = 2(\epsilon + V_n) = 2(0.001V + 0.000251V) = 0.002502V$$

### Ejercicio (cont.)

La salida en voltaje de un sistema de instrumentación sísmica incluye un error máximo del 0.1% y una  $S/N$  de 72 dB, determine su resolución

Finalmente, la resolución

$$Q = 2(\epsilon + V_n) = 2(0.001V + 0.000251V) = 0.002502V$$

En forma relativa porcentual

### Ejercicio (cont.)

La salida en voltaje de un sistema de instrumentación sísmica incluye un error máximo del 0.1% y una  $S/N$  de 72 dB, determine su resolución

Finalmente, la resolución

$$Q = 2(\epsilon + V_n) = 2(0.001V + 0.000251V) = 0.002502V$$

En forma relativa porcentual

$$Q = \frac{0.002502V \times 100}{V} = 0.25\%$$

Gracias!

Contact:

<https://rgunam.github.io>

`RRamirezC@iingen.unam.mx`