

Sistemas de Adquisición de Datos



Laboratorio 4

Departamento de Física, FCEyN, UBA

Grupo 6

Ceffalotti Sebastián

Gianotti Lorenzo

Santiago Esteban

Abril 2025

Estructura de la Charla

1. Introducción a los SAD
2. Esquema de Funcionamiento
3. Sensores o Transductores
4. Acondicionamiento de la Señal
5. Frecuencia de Muestreo y Resolución
6. Aliasing
7. Tipos de Conversor Análogo-Digital
8. Filtros de Suavizado

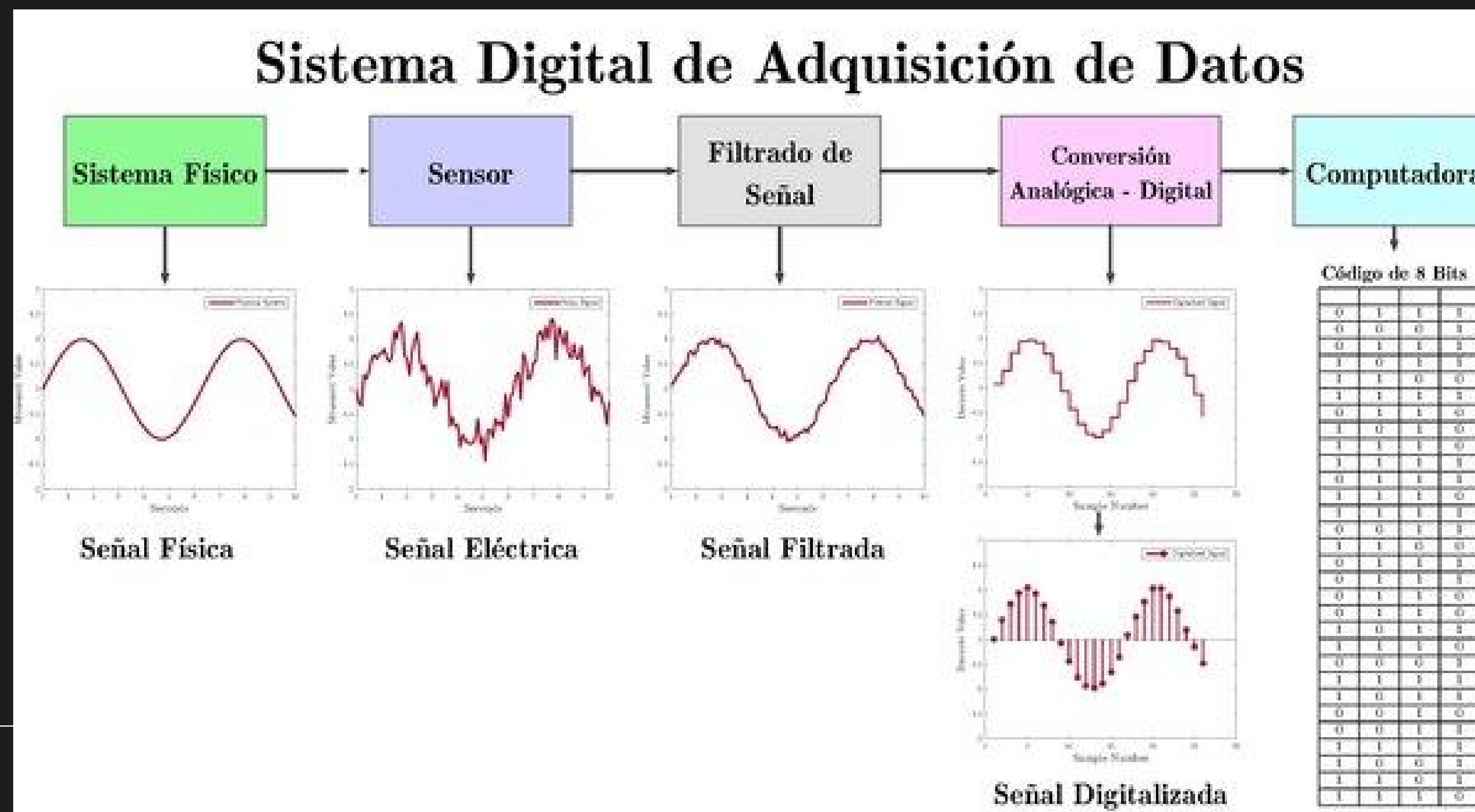
Introducción a los SAD

Detectan fenómenos físicos y los convierten en señales digitales.

- Detectan una señal
- La convierten en electricidad
- Se refina la señal
- Conversión a código binario

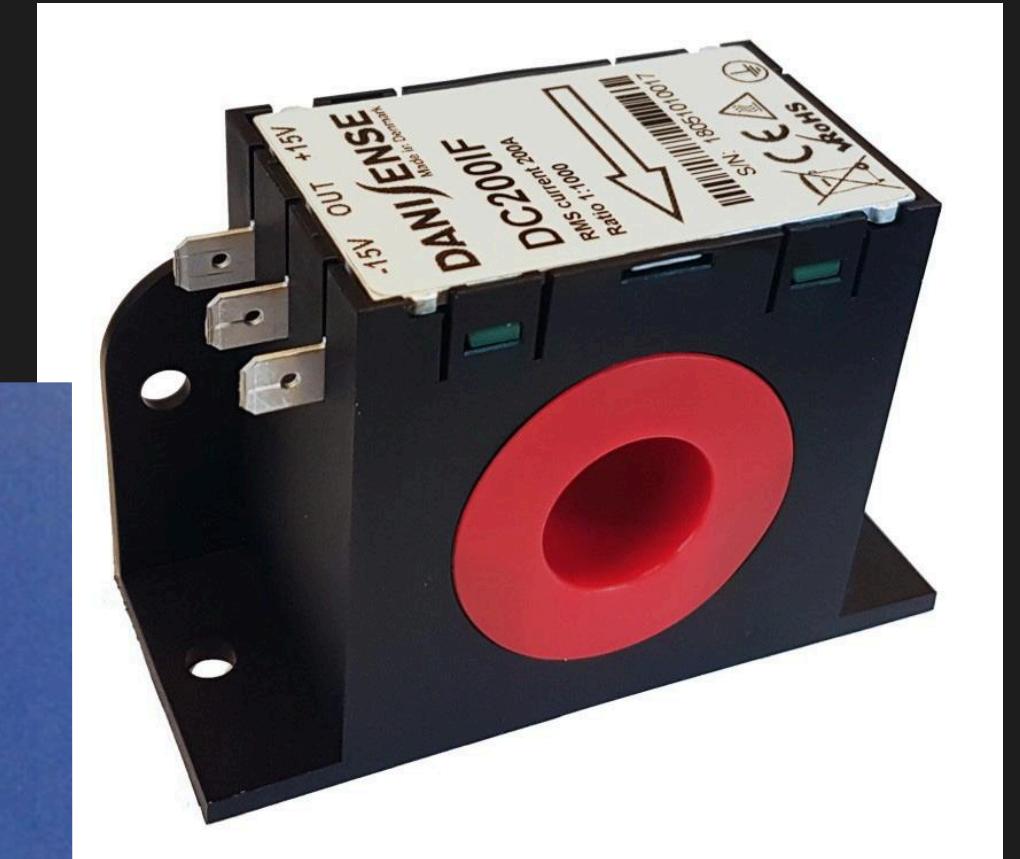


Esquema de Funcionamiento



Transductores → Sensores

- Temperatura
- Fuerza
- Presión
- Luz
- Posición
- Aceleración
- Tensión
- Corriente
- Resistencia
- Ondas de sonido



Tienen un Rango → Calibración Propia

Acondicionamiento de la Señal

01 – Amplificación

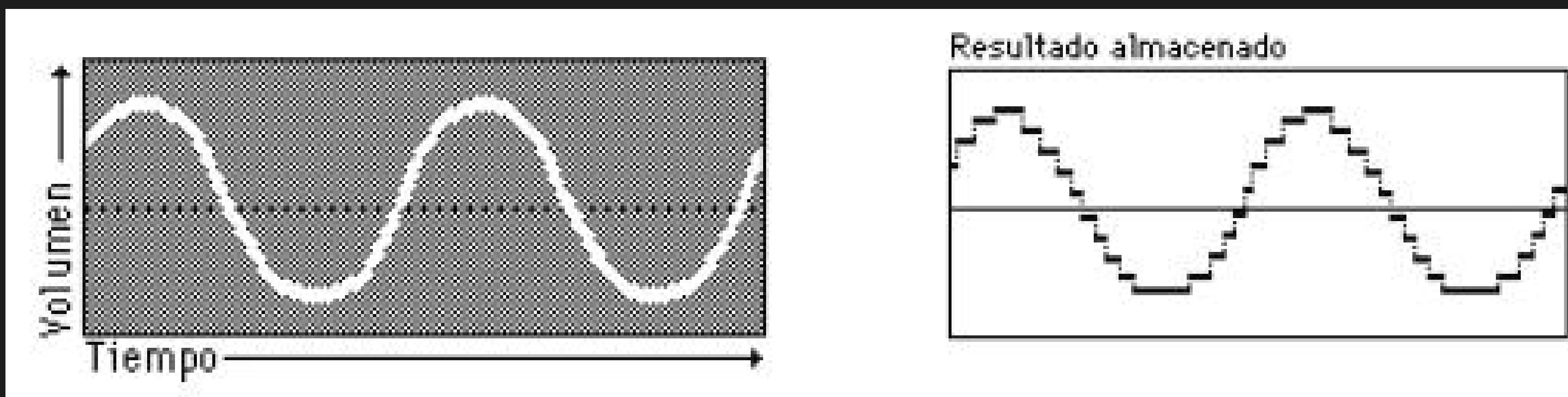
Amplifica una señal para eliminar ruido y adecuarla a la escala de voltaje de la placa DAQ.

02 – Aislamiento

Por motivos de seguridad se usan para evitar picos de voltaje en la señal.

03 – Filtrado

Se usan filtros pasa bajos o pasa altos para eliminar ruido y componentes no deseados en la señal.



CONVERSOR ANALÓGICO DIGITAL

$$R = \frac{V_{ref}}{2^n}$$

$$V_{asignado} = \left(\text{Código digital} + \frac{1}{2} \right) R$$

110101_2

$1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$

$32 + 16 + 0 + 4 + 0 + 1 = 53$

$110101_2 = 53_{10}$

$110101_2 = 23_{10}$

CONVERSOR ANALÓGICO DIGITAL

$$R = \frac{V_{ref}}{2^n}$$

$$V_{asignado} = \left(\text{Código digital} + \frac{1}{2} \right) R$$

Ejemplo:

$$n = 2 \quad V_{ref} = 5 \text{ V}$$

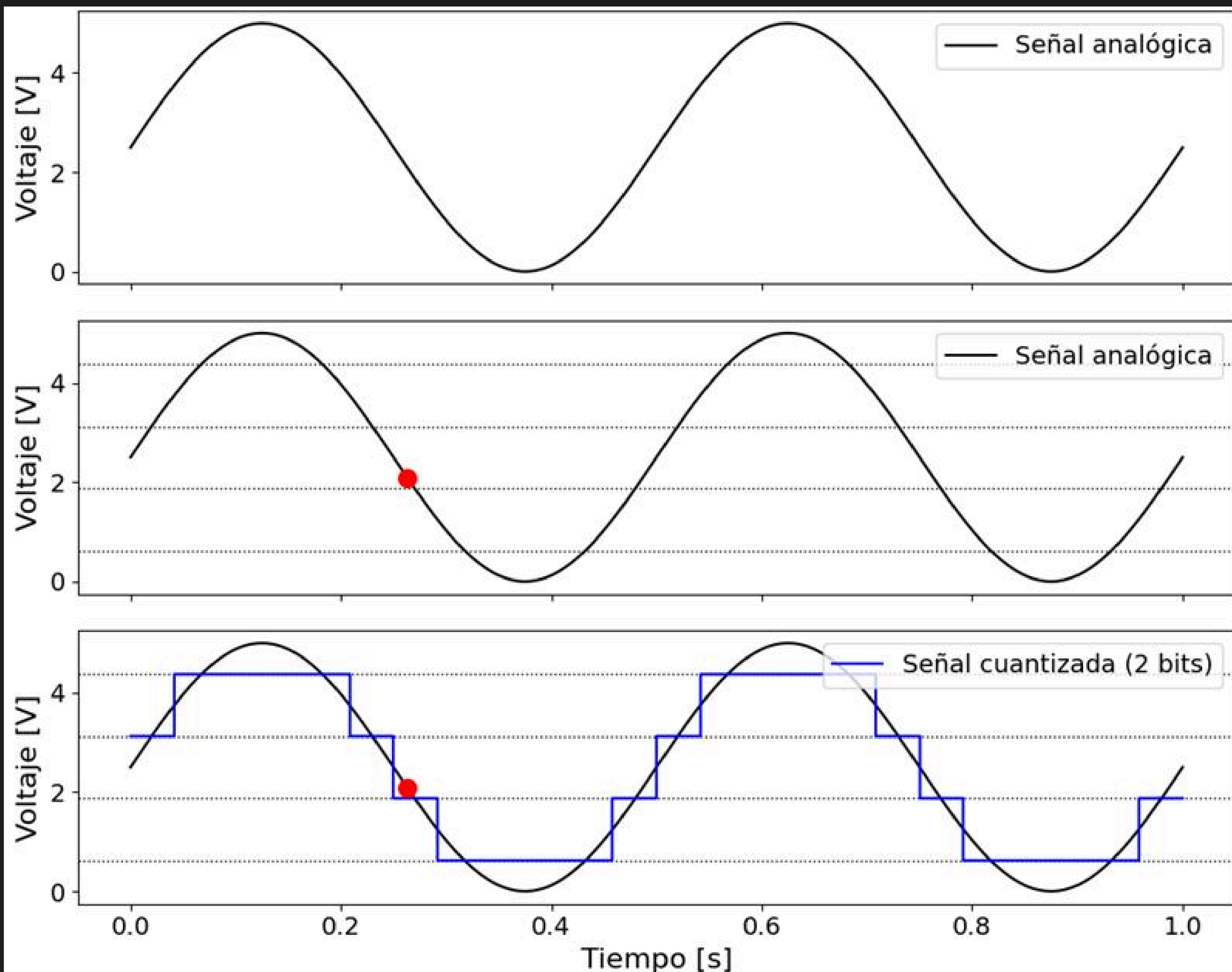
$$\Rightarrow R = 1.25 \text{ V}$$

Código binario	Intervalos [V]	Voltaje asignado [V]
00	0-1.25	0.625
01	1.25-2.5	1.875
10	2.5-3.75	3.125
11	3.75-5.0	4.375

$$\begin{array}{ccccccc}
 & & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1_2 \\
 & \swarrow & \swarrow & \swarrow & \swarrow & \swarrow & \swarrow & \\
 1 \times 2^5 & + & 1 \times 2^4 & + & 0 \times 2^3 & + & 1 \times 2^2 & + & 0 \times 2^1 & + & 1 \times 2^0 \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 32 & + & 16 & + & 0 & + & 4 & + & 0 & + & 1 = 53
 \end{array}$$

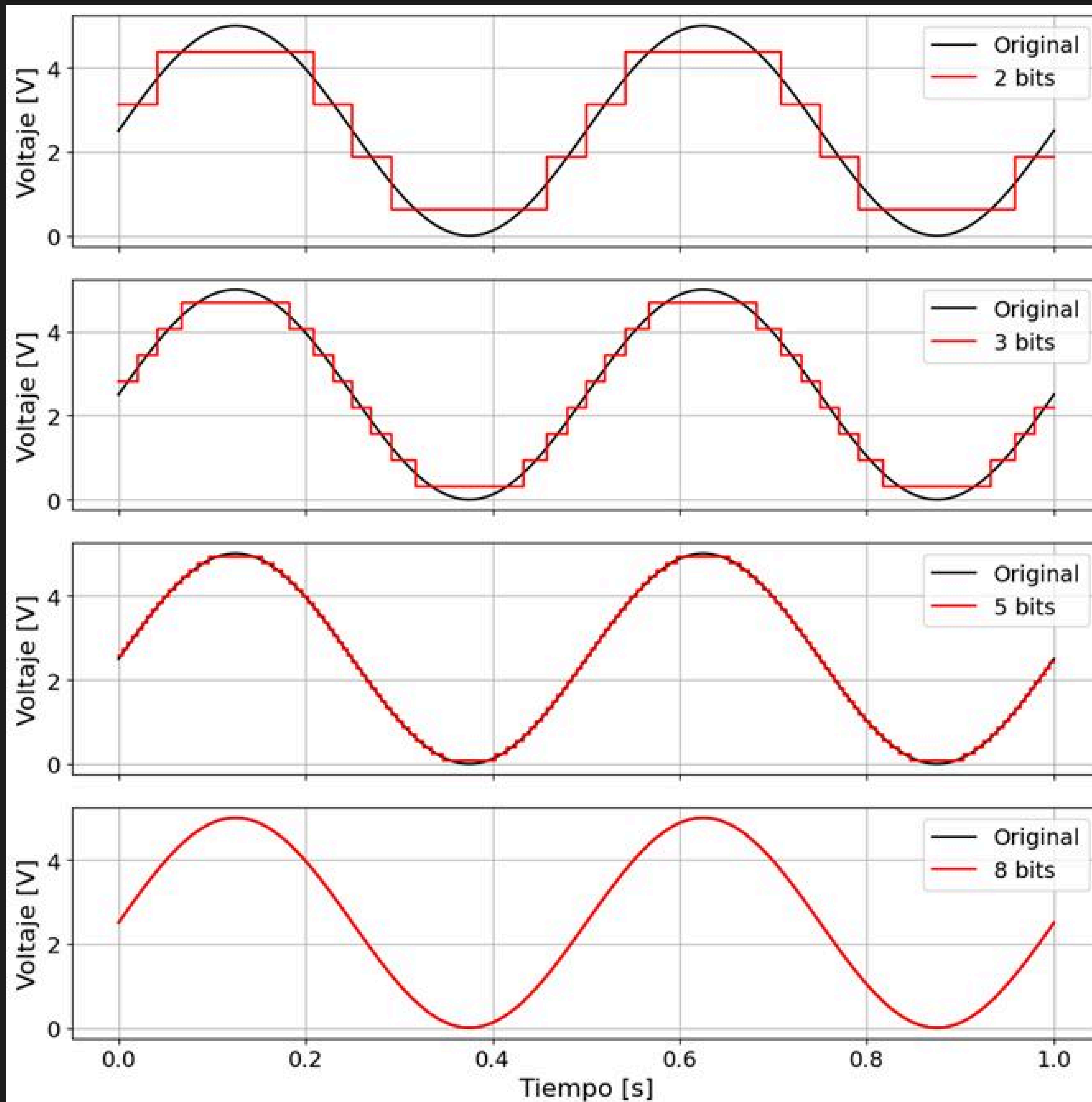
$$110101_2 = 53_{10}$$

$$110101_2 = 23_{10}$$



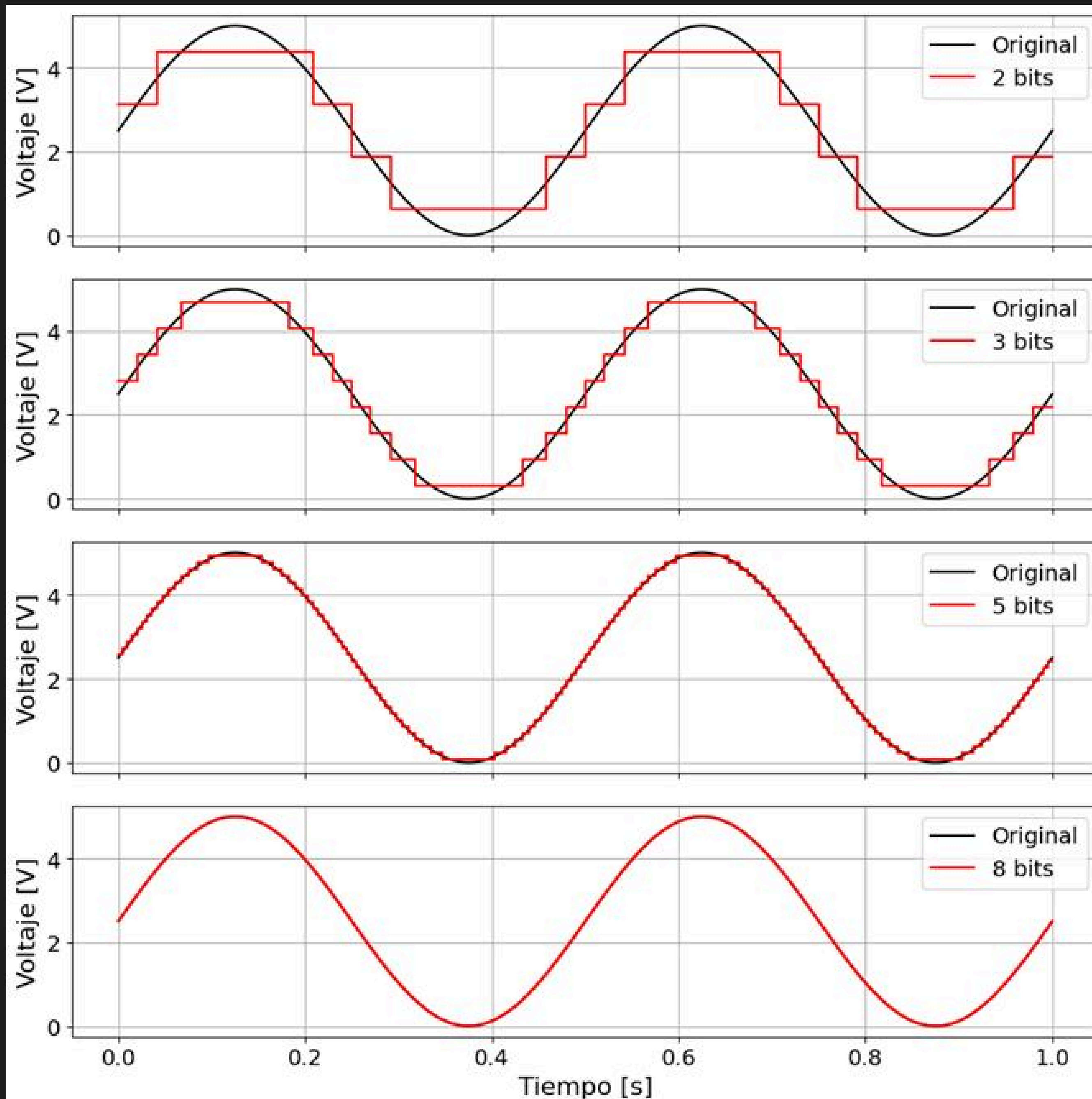
Intervalos [V]	Voltaje asignado [V]
0-1.25	0.625
1.25-2.5	1.875
2.5-3.75	3.125
3.75-5	4.375

Ejemplo:
 $n = 2 \quad V_{ref} = 5 \text{ V}$
 $\Rightarrow R = 1.25 \text{ V}$



Error de cuantización:
diferencia entre el valor digital
asignado con el valor real

$$\varepsilon_q = x(t) - x_q(t)$$



Error de cuantización:
diferencia entre el valor digital
asignado con el valor real

$$\varepsilon_q = x(t) - x_q(t)$$

Ruido blanco:

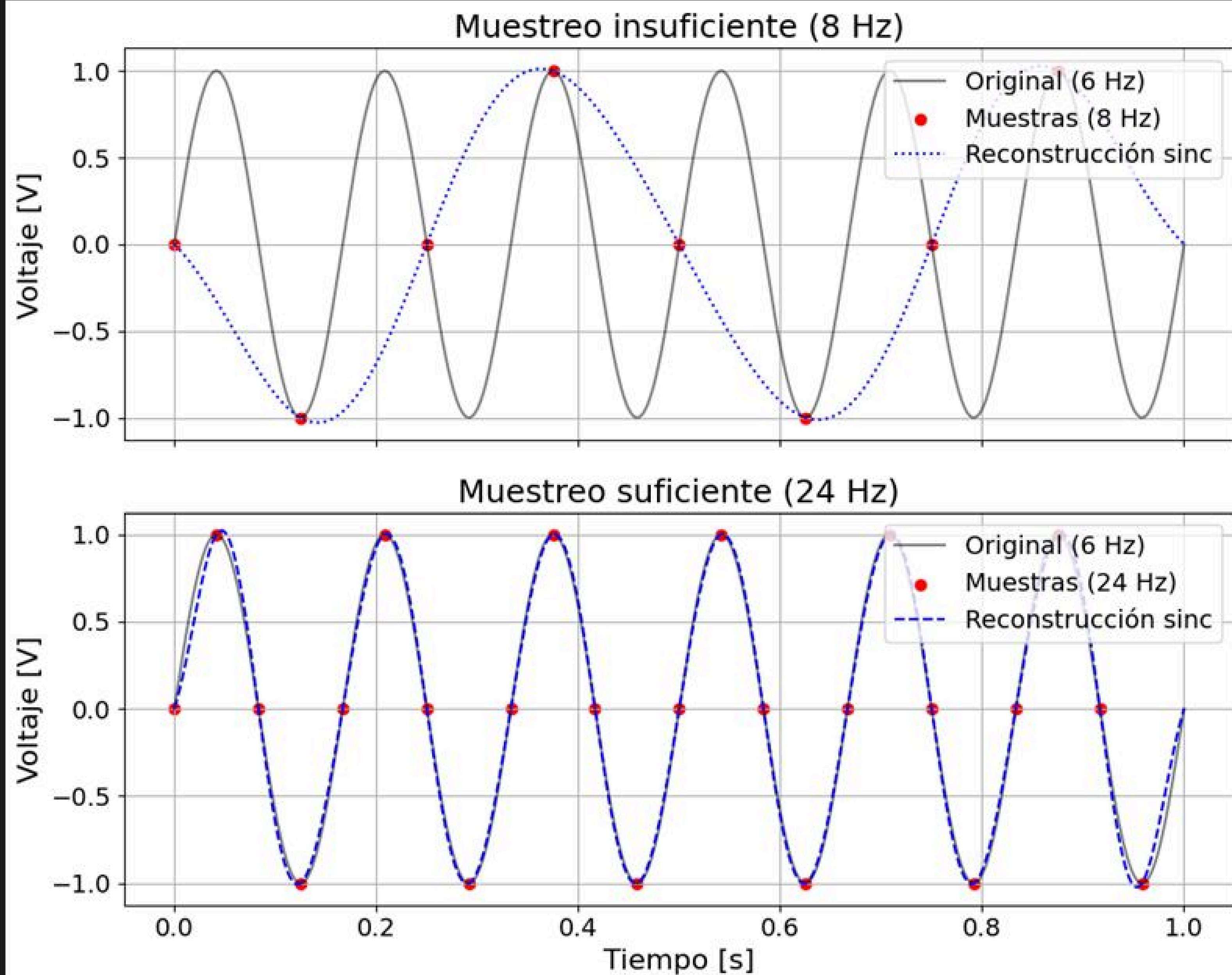
$$E[x] = 0$$

No tiene correlación temporal.
Cada frecuencia aporta la misma
energía.

$$\varepsilon_q \sim \text{Uniforme}\left(-\frac{R}{2}, \frac{R}{2}\right)$$

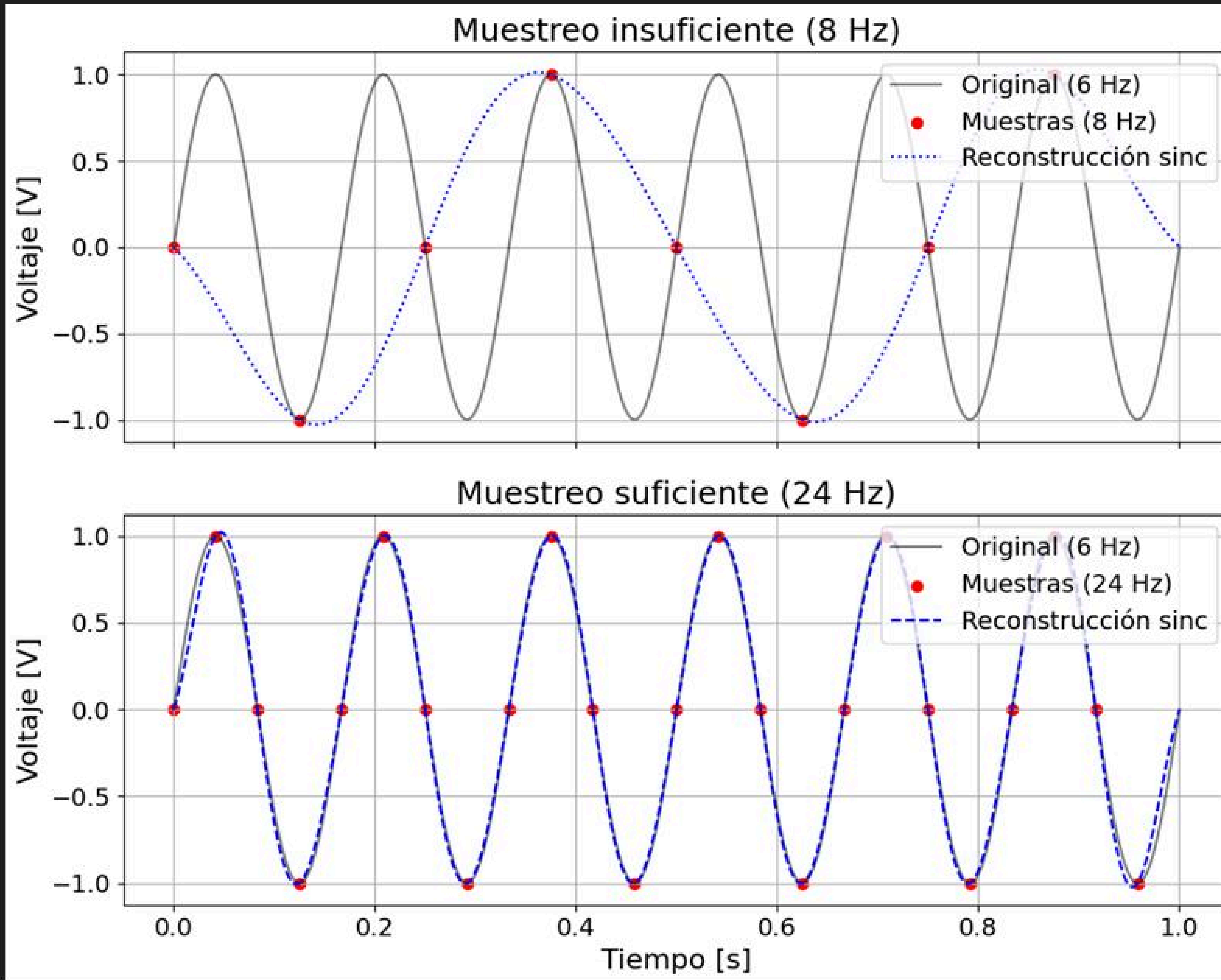
$$P_{\text{Ruido}} = \text{VAR}(\varepsilon_q) = \frac{R^2}{12}$$

$$\text{SNR} = \frac{P_{\text{Señal}}}{P_{\text{Ruido}}}$$



Periodo de muestreo:

$$T = \frac{1}{f_s}$$



Periodo de muestreo:

$$T = \frac{1}{f_s}$$

Teorema de Nyquist-Shannon:

$$f_s \geq 2f_{max}$$

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] \operatorname{sinc}\left(\frac{t - nT}{T}\right)$$

$$f_{aliasing} = |f - f_s|$$

Filtro antialiasing: filtro pasa bajos, elimina frecuencias superiores a $\frac{f_s}{2}$

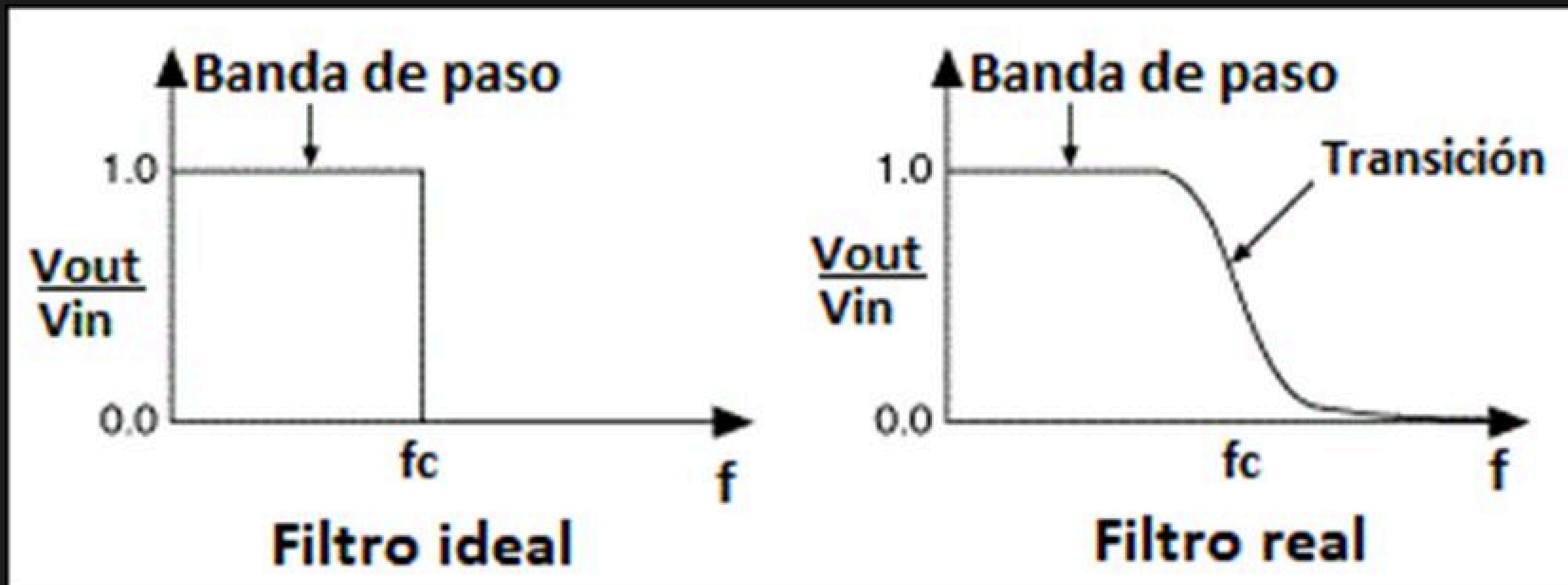
Ejemplo:

El audio se graba con $f_s = 44.1$ kHz

Si se graba un sonido de 30 kHz

$$f_{\text{aliasing}} = 14.1 \text{ kHz}$$

$$f_{\text{aliasing}} = |f - f_s|$$



Posibles Problemas

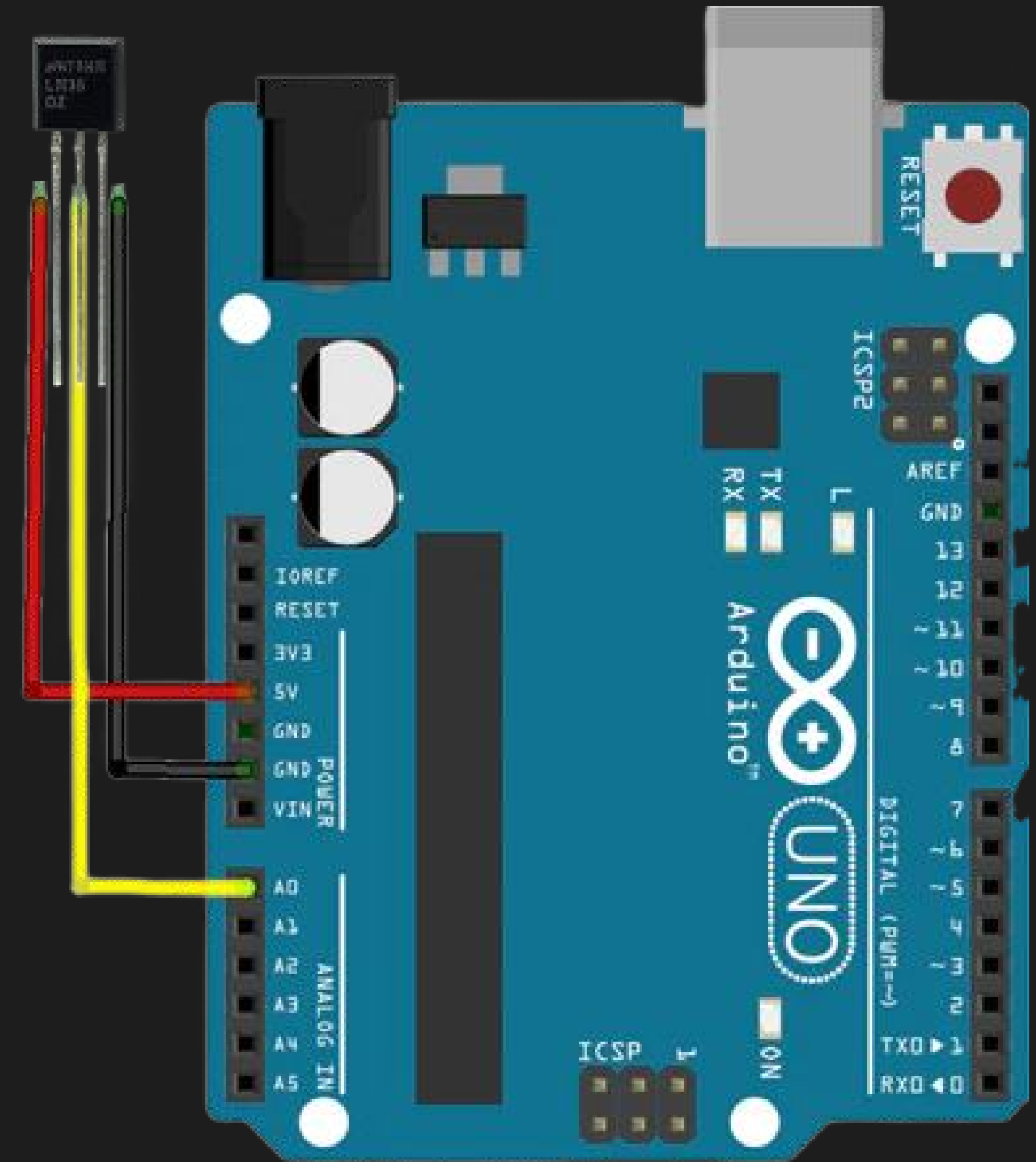
Sensor de temperatura LM35: 10 mV/°C

- Mide entre 0 °C y 100 °C
- Señal entro 0 V y 1 V

Arduino Uno:

- ADC de 10 bits
- Tensión de referencia de 5 V

Se usa sólo 1/5 del rango → **Se desperdicia resolución**

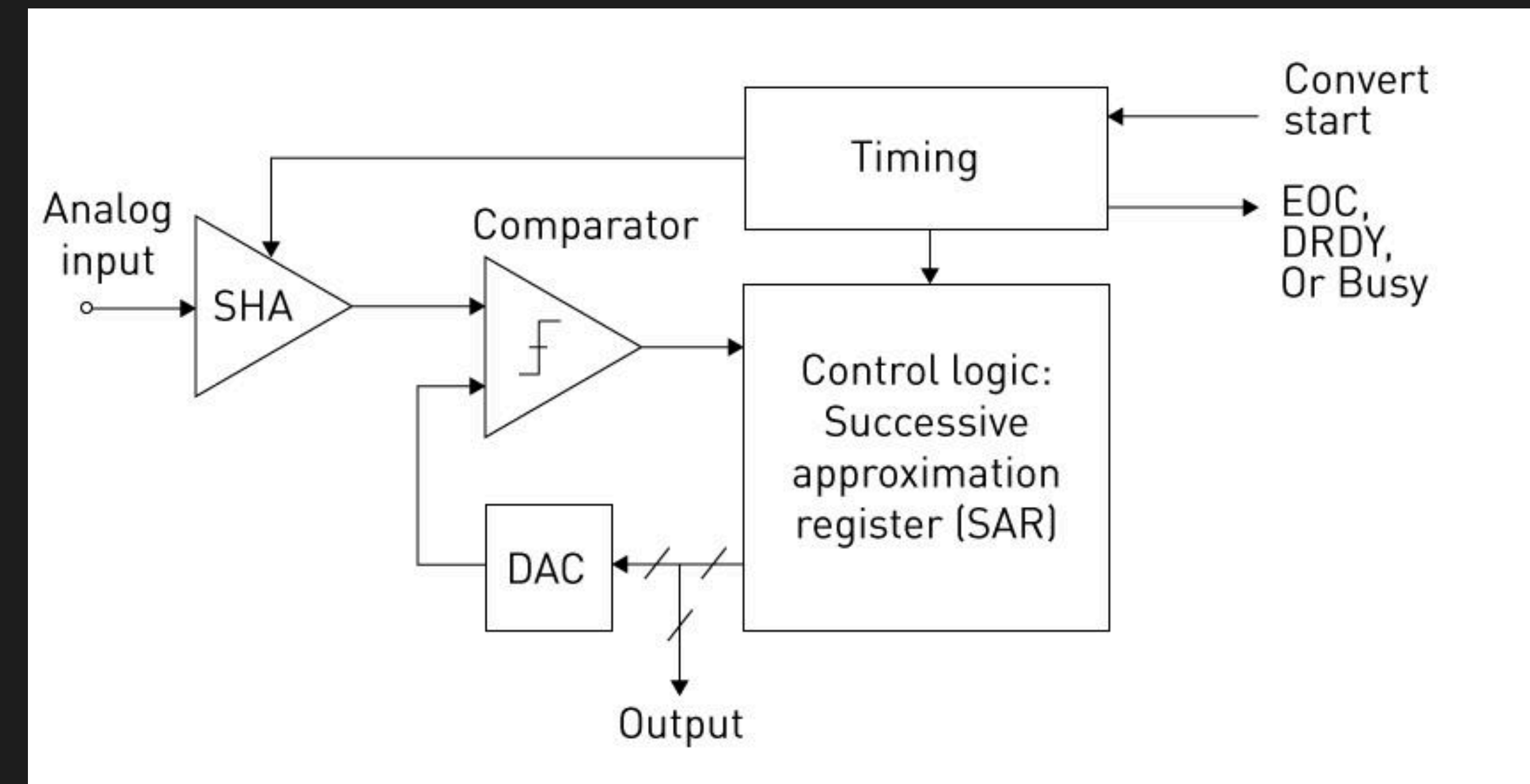


Tipos de ADC

SAR (Successive Approximation Register)

Rápido, común en arduinos. Buena velocidad, con resolución moderada

- Algoritmo de búsqueda binaria.
- Itera para estimar el valor de voltaje de la señal análoga.

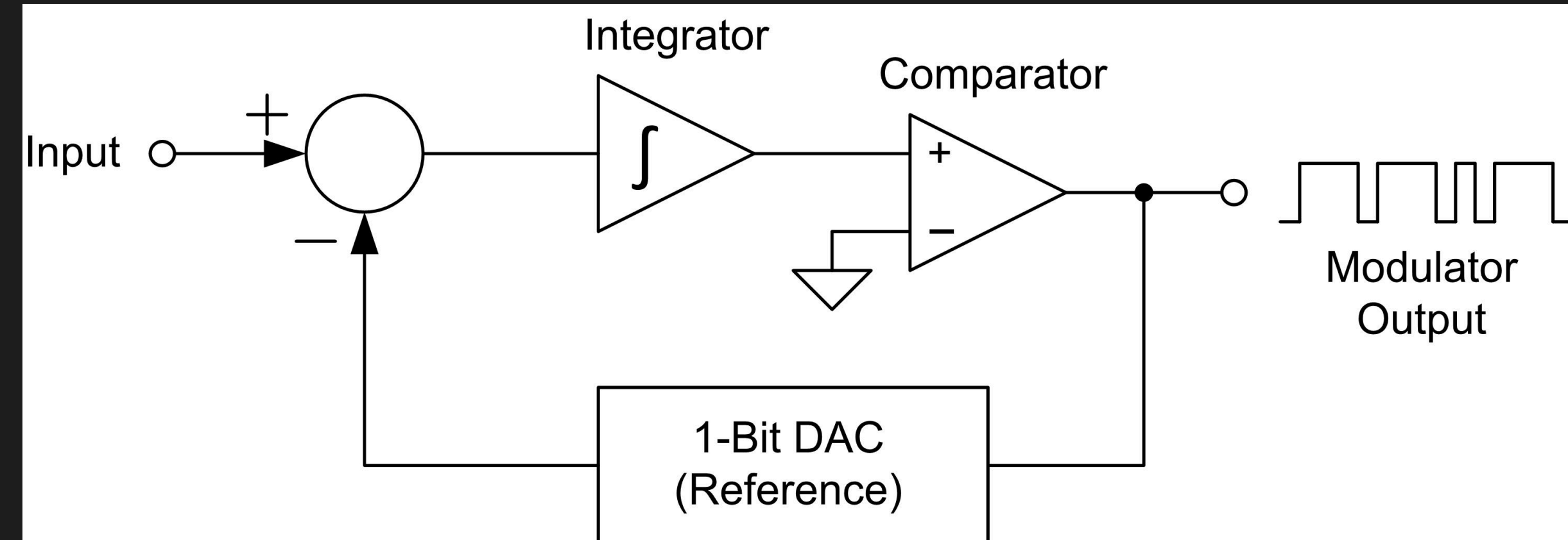


Tipos de ADC

Sigma-Delta

Mucha resolución, pero baja velocidad.
Usado en audio y sensores de precisión.

- Sobremuestrea la señal de entrada.
- Filtra para suavizar la señal y eliminar componentes de alta frecuencia.

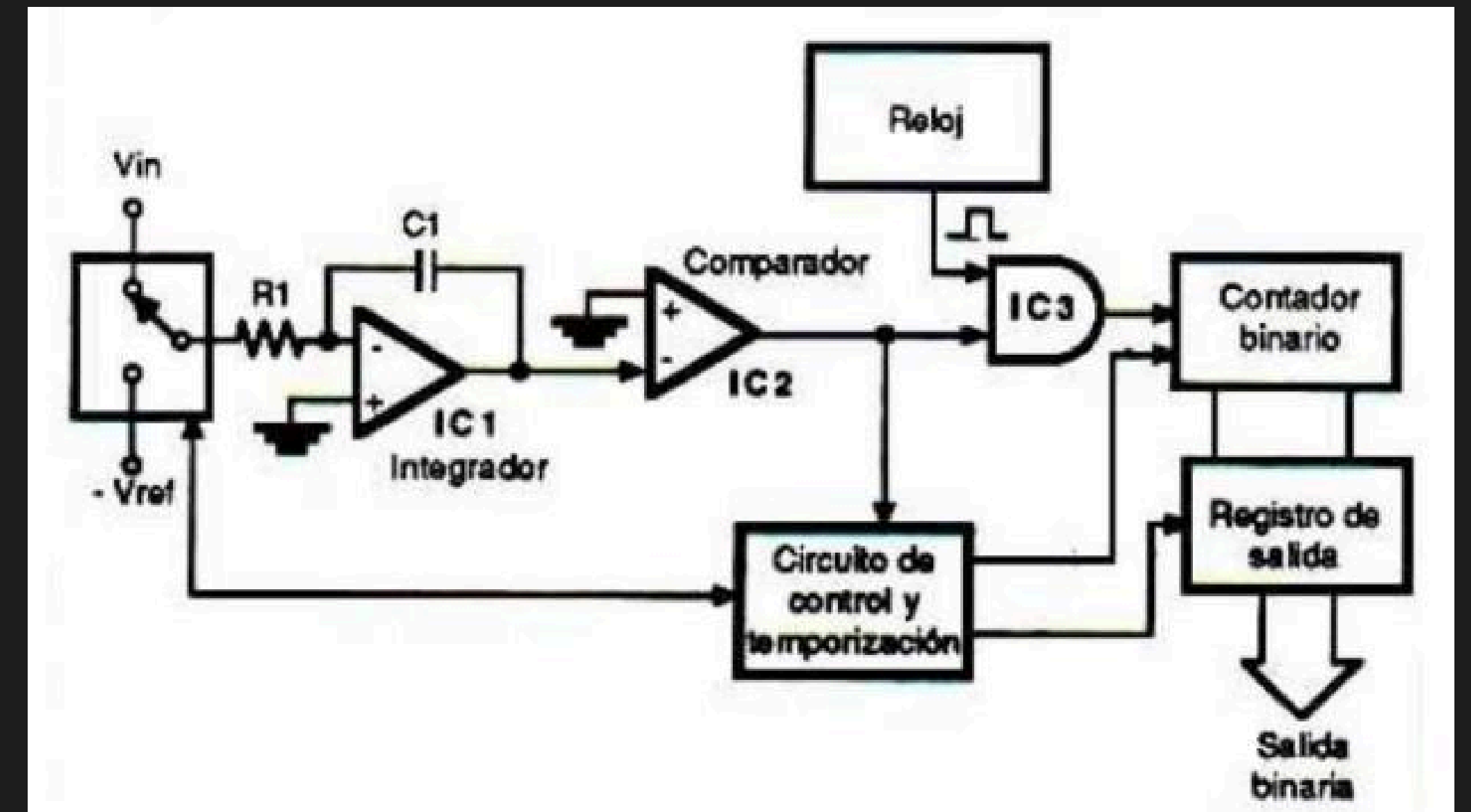


Tipos de ADC

ADC - Doble Rampa

Usado en multímetros digitales. Buena resolución y resistencia al ruido.

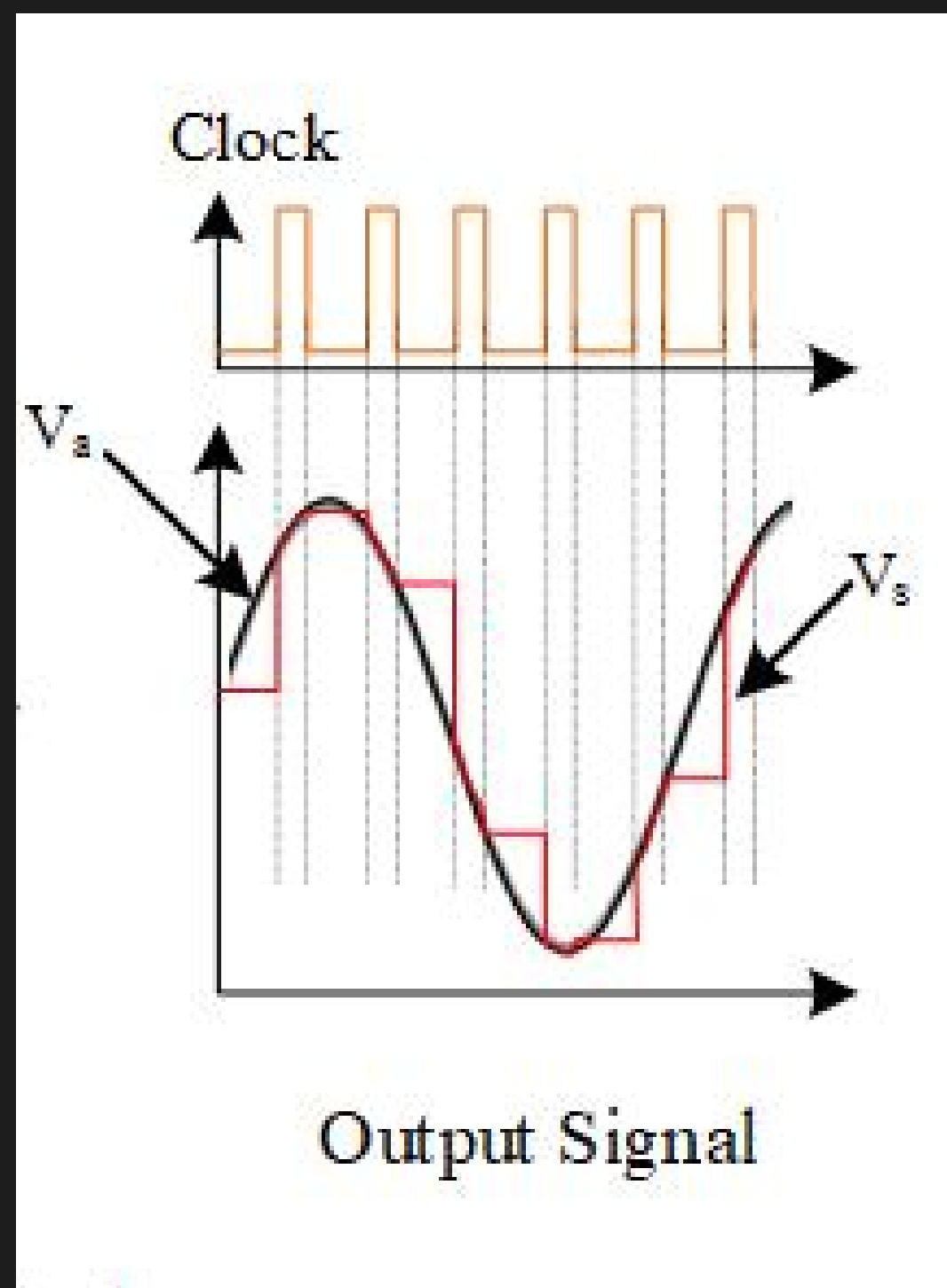
- Integra la señal en un tiempo fijo.
- Revierte la integral y vuelve al valor original.



Proceso de Conversión

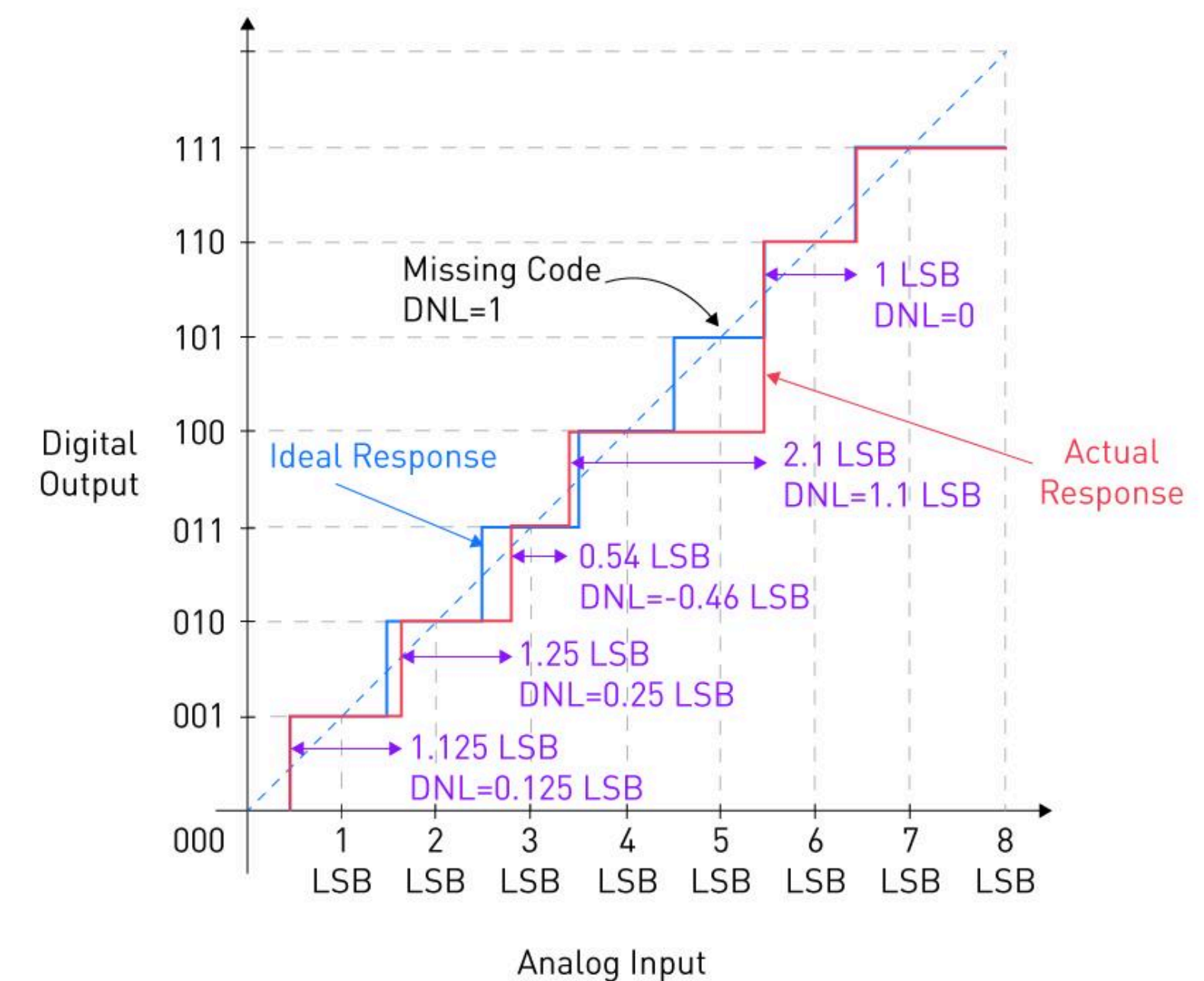
Sample and Hold

Se congela el valor de señal durante el muestreo. El ADC mide siempre el mismo valor



Error en Escalones

Los escalones digitales pueden ser distintos. Genera pérdidas de linealidad y puede afectar la precisión

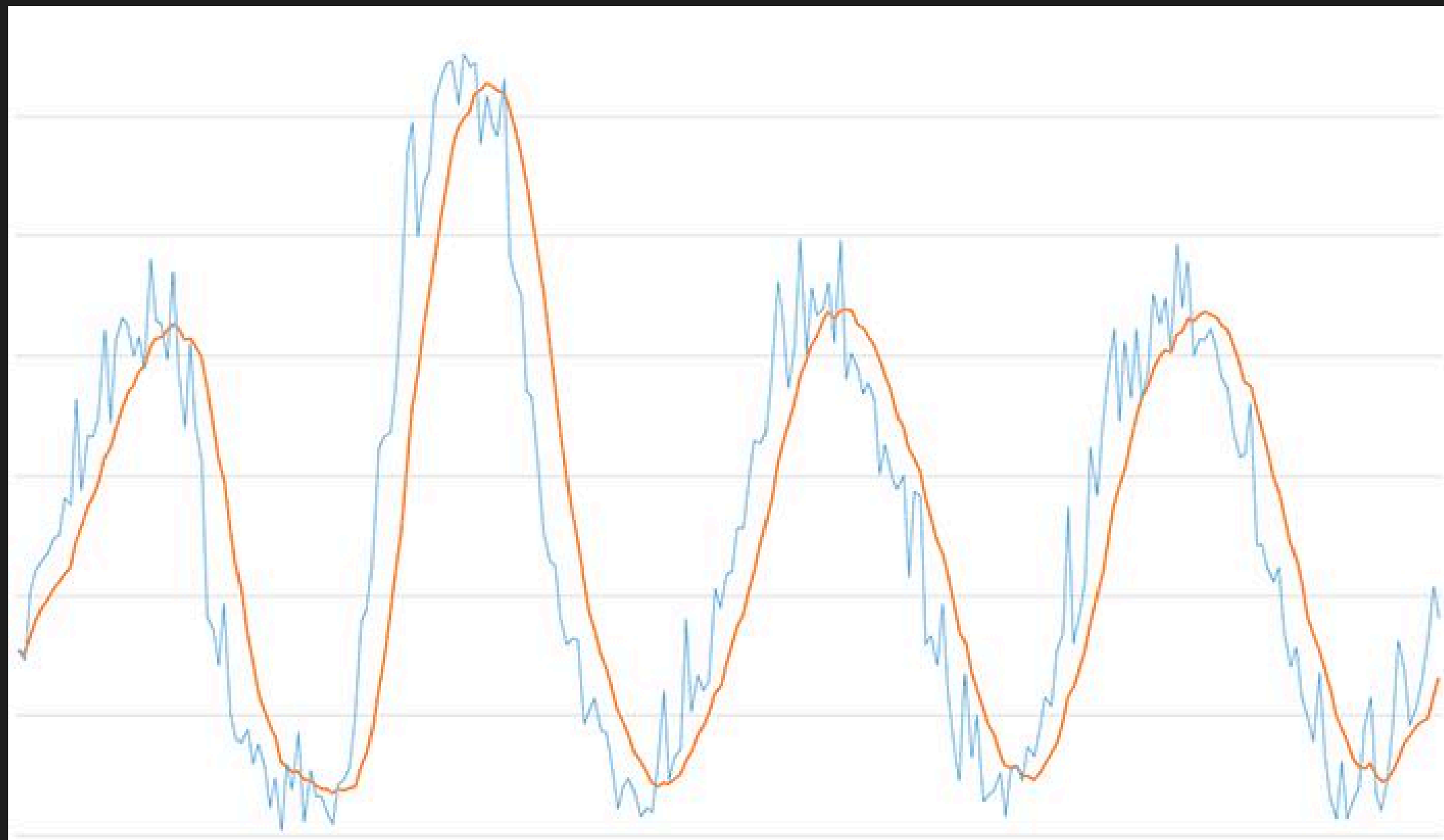


Filtros de Suavizado

01

Media móvil simple

Calcula el promedio de un conjunto de datos para suavizar la señal.



02

Media móvil ponderada

Calcula promedios con pesos para cada muestra. Le da más valor a ciertas muestras.

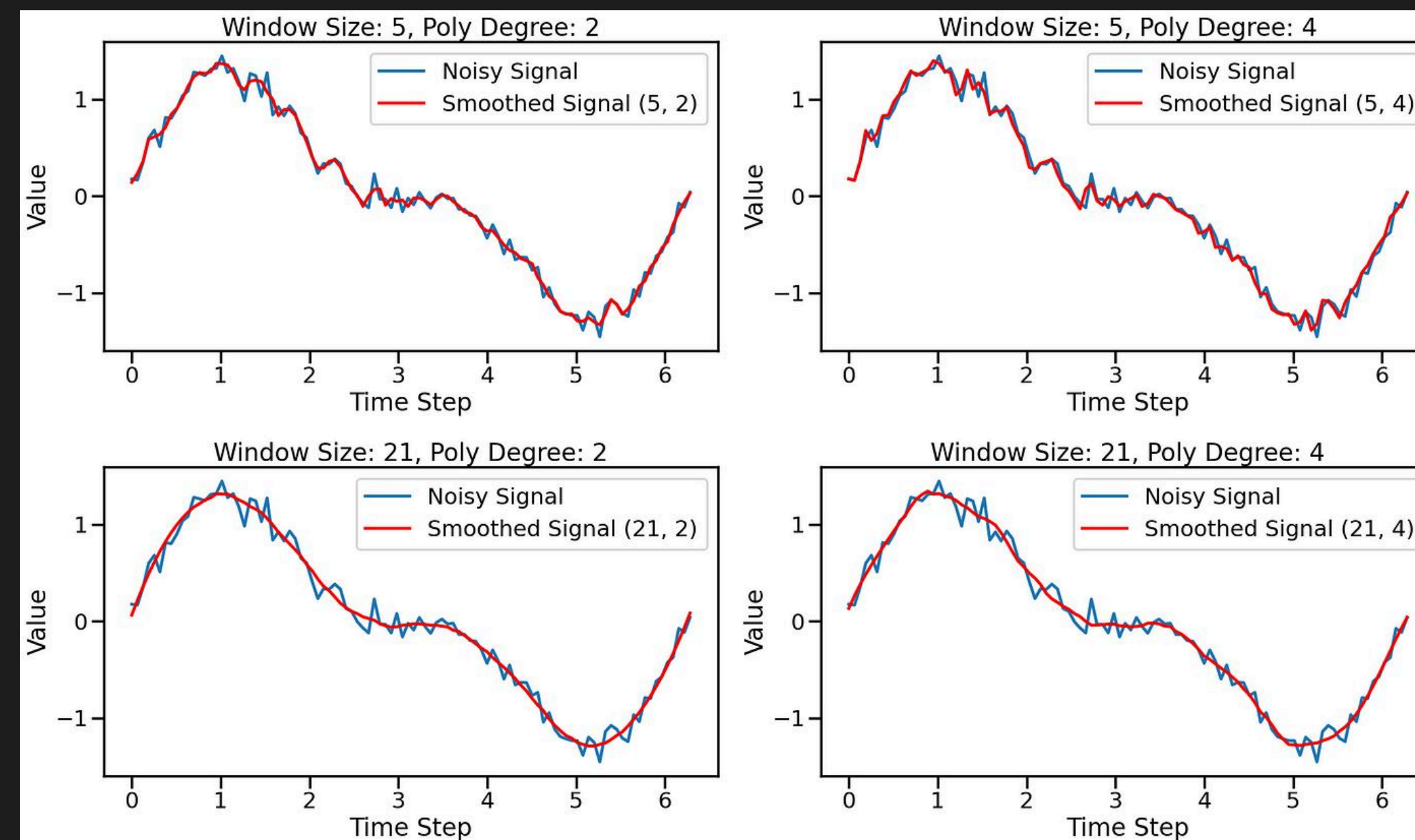
→ Media móvil aplicada a un arduino

Filtros de Suavizado

03

Savitzky-Golay

Ajusta un polinomio a un conjunto de datos usando mínimos cuadrados.



Fin

Referencias

- https://gmw.com/transducers/?srsltid=AfmBOoreFS0eTVhEjZpsowZ0Jjy5-5l738HieNKfKx9T_-9Z-fpkXcie#howManyTypesTransducersarethere
- <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920503008.pdf?utm>
- <https://materias.df.uba.ar/mta2019c1/files/2014/08/Adquisicion-de-datos-Aguero.pdf>
- https://es.wikipedia.org/wiki/Adquisici%C3%B3n_de_datos
- <https://academy-code.codingia.com/aliasing-en-dsp-causas-efectos-y-prevencion/?utm>
- <https://www.incb.com.mx/index.php/curso-de-electronica/96-curso-de-electronica-electronica--digital/3426-curso-de-electronica-electronica-digital-parte-10-multiplexores-demultiplexores-decodificadores-y-displays-cur6005s>
- <https://www.ti.com/lit/an/sbaa051a/sbaa051a.pdf?ts=1745171154688>