

Medición de magnitudes de corriente alterna

Sara Campos Hernández

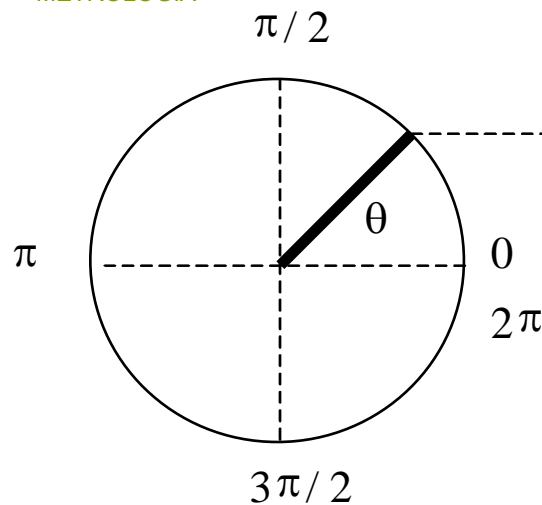
División de Mediciones Electromagnéticas

CENAM

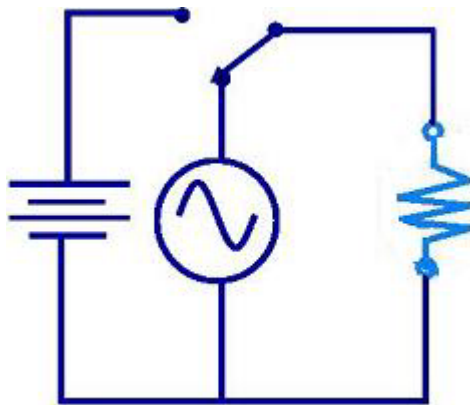
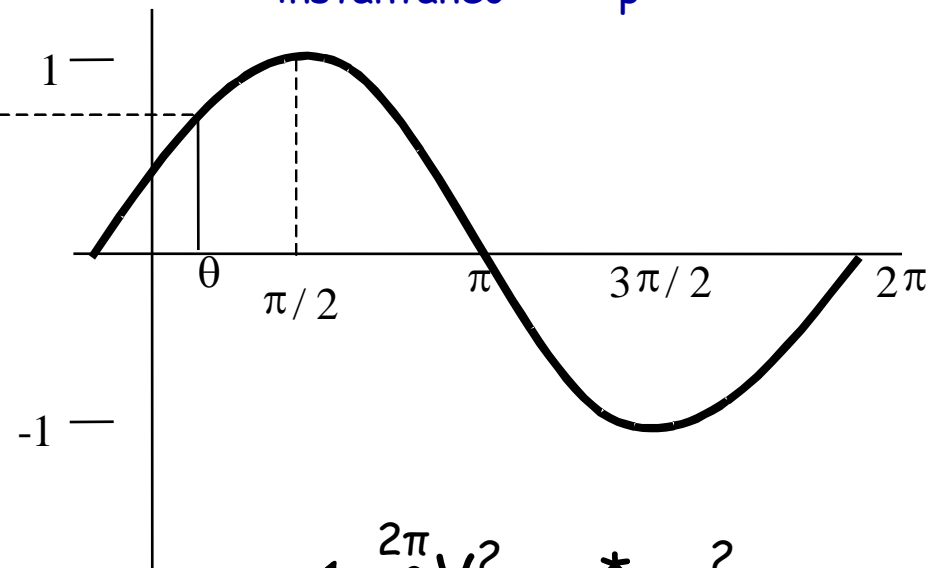
Contenido

- ✓ Introducción
- ✓ Patrones utilizados para medir señales alternas
- ✓ Instrumentación utilizada para medir señales alternas
- ✓ Efectos a considerar

Valor raíz cuadrático medio



$$V_{\text{instantáneo}} = V_p \text{sen}\theta$$



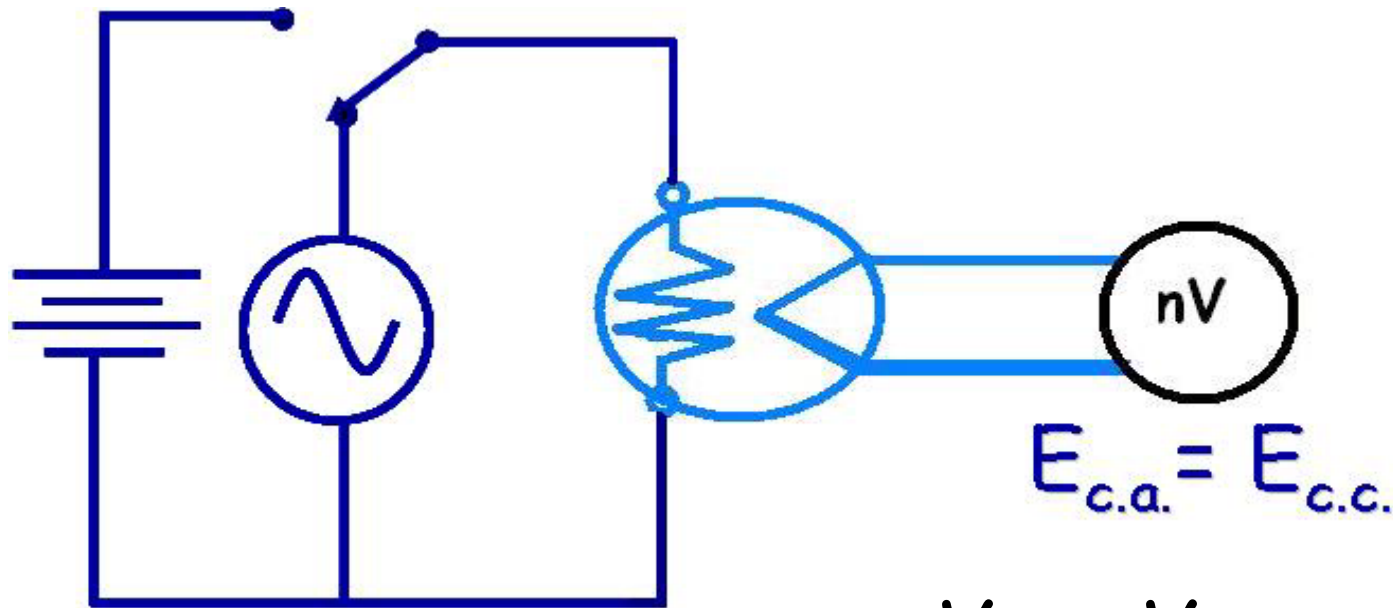
$$V = \frac{V_{\text{pico}}}{\sqrt{2}}$$

$$P_{\text{promedio}} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{V_{\text{pico}}^2 * \text{sen}^2 \theta}{R} d\theta$$

$$\frac{V^2}{R} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{V_{\text{pico}}^2 * \text{sen}^2 \theta}{R} d\theta$$

Exclusivamente para señales senoidales

La medición de señales alternas no puede ser determinada directamente en términos del Sistema Internacional de unidades

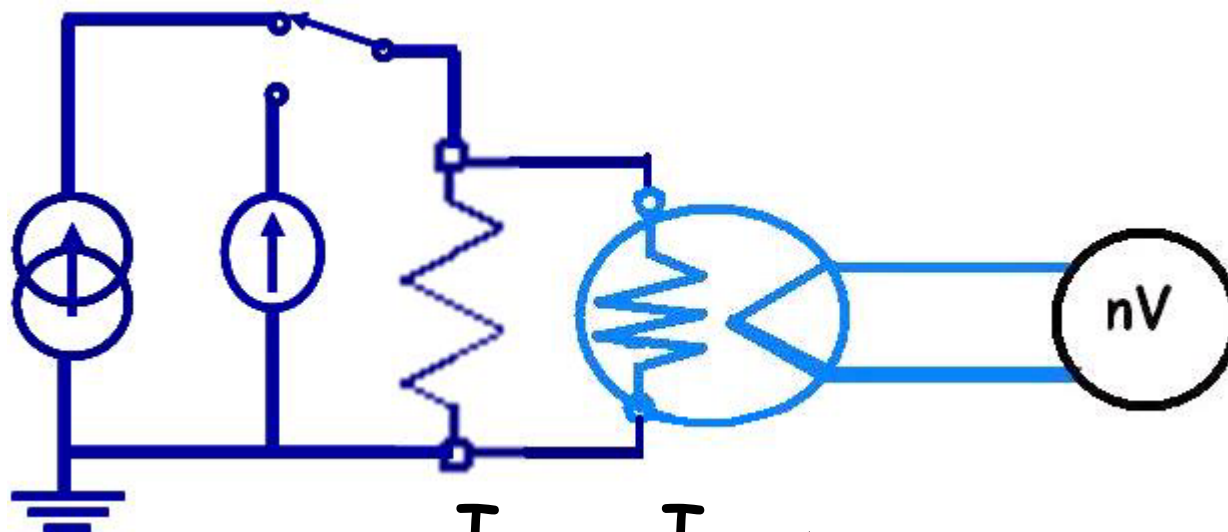


$$V_{c.a.} = V_{c.c.} * (1 + \delta)$$

$$\delta = \frac{V_{c.a.} - V_{c.c.}}{V_{c.c.}} \Big|_{E_{c.a.} = E_{c.c.}}$$

$f(V, f)$

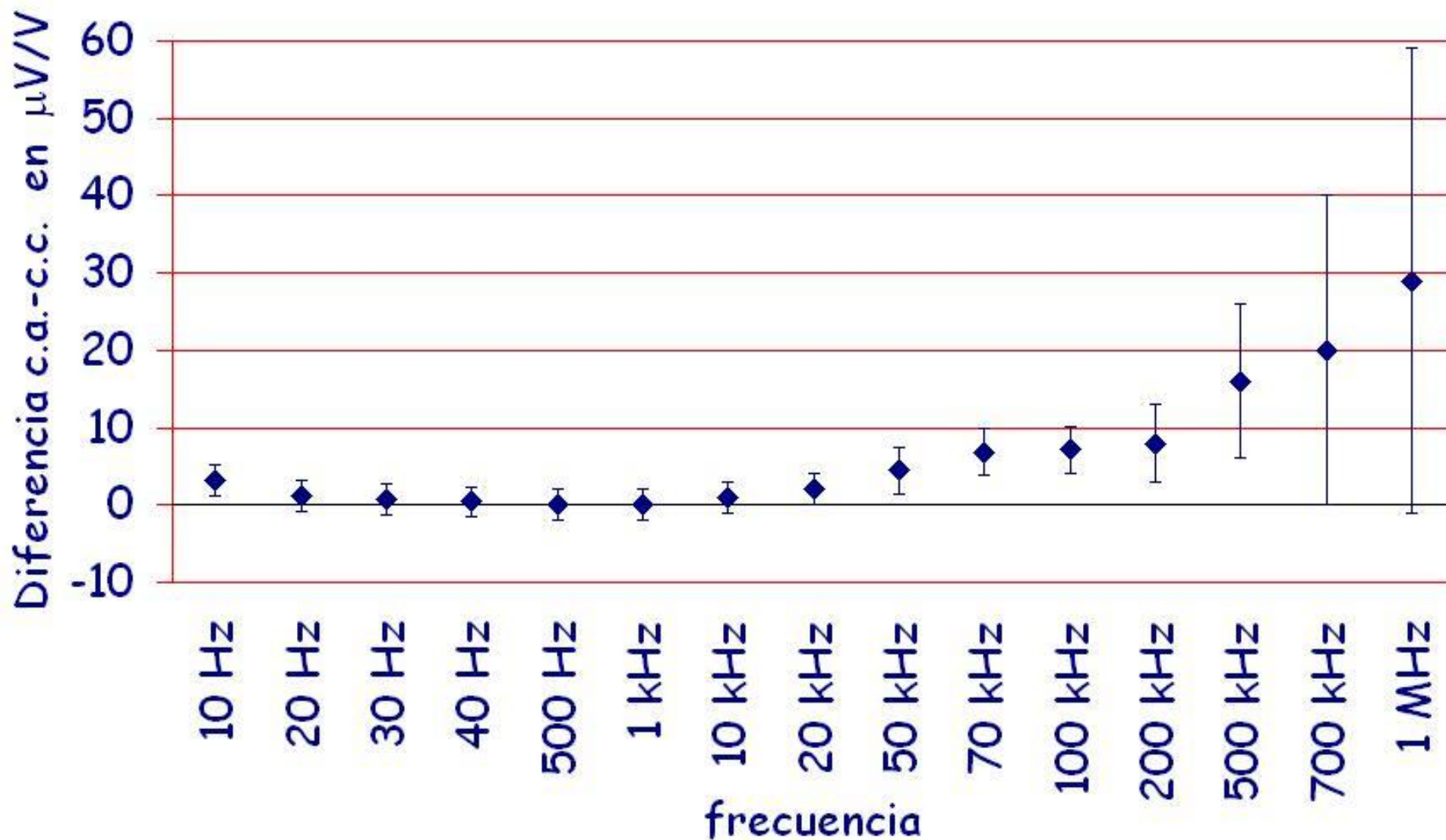
Termoconvertidor + Derivador de corriente



$$\delta = \frac{I_{c.a.} - I_{c.c.}}{I_{c.c.}} \Big|_{E_{c.a.} = E_{c.c.}}$$

$$I_{c.a.} = I_{c.c.} * (1 + \delta)$$

Patrón de 1 V



PTB

Patrón de 1 V; 10 Hz a 1 MHz

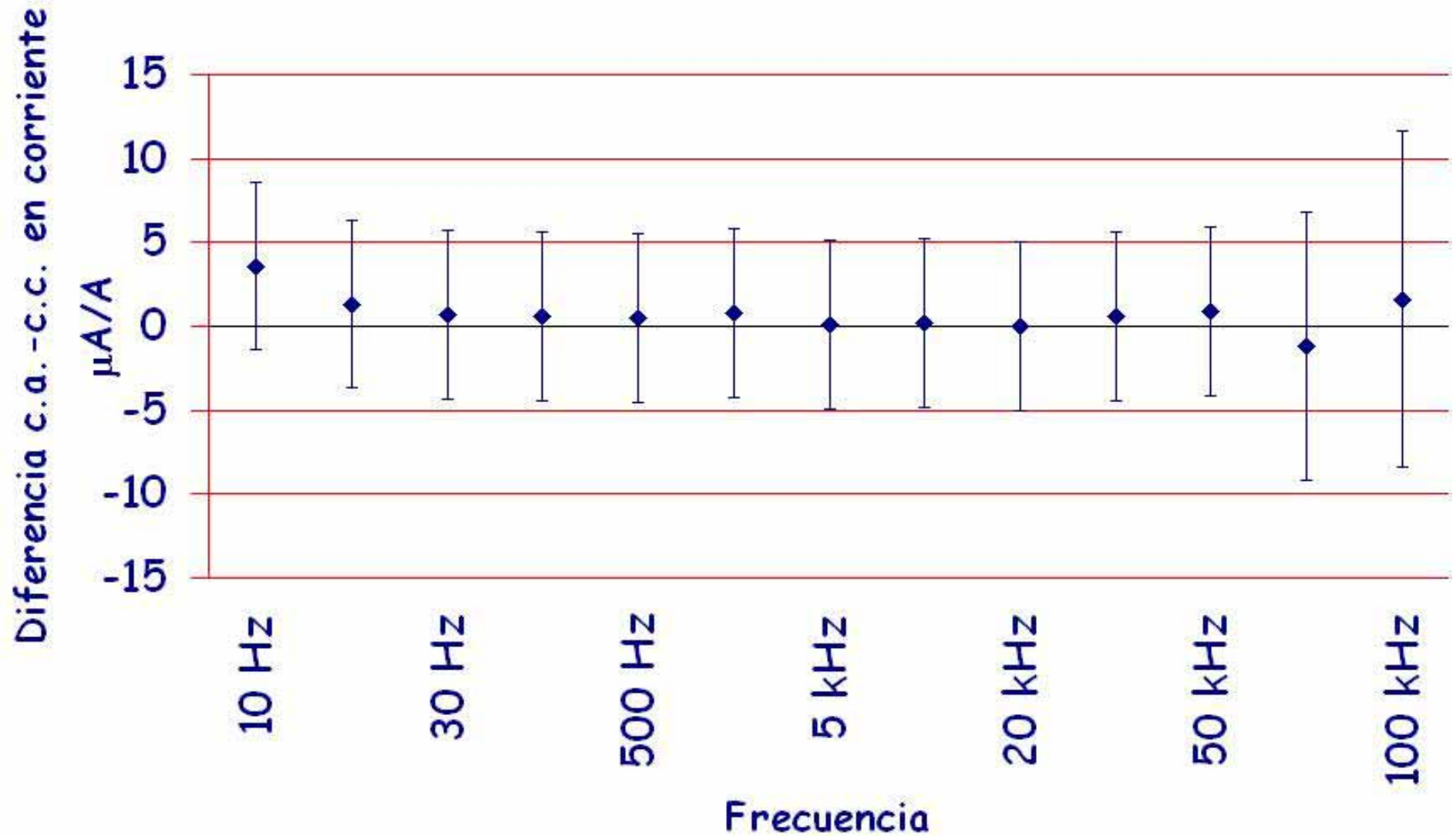
Escalamiento en
tensión hasta 1mV
y hasta 1 MHz

Escalamiento en
en tensión hasta 1 kV
y hasta 100 kHz

Patrones de trabajo

Termoconvertidores de tensión,
Generadores y Medidores de alta exactitud

Patrón de 10 mA



PTB

Patrón de 10 mA; 10 Hz a 100 kHz

Escalamiento en
en corriente hasta 20 A
y hasta 5 kHz

Patrones de trabajo

Termoconvertidores de corriente,
Generadores y Medidores de alta exactitud

Patrones del laboratorio multifunciones del CENAM, de laboratorios secundarios y de la industria

Medidores de tensión
1 mV a 1 kV
10 Hz a 1 MHz

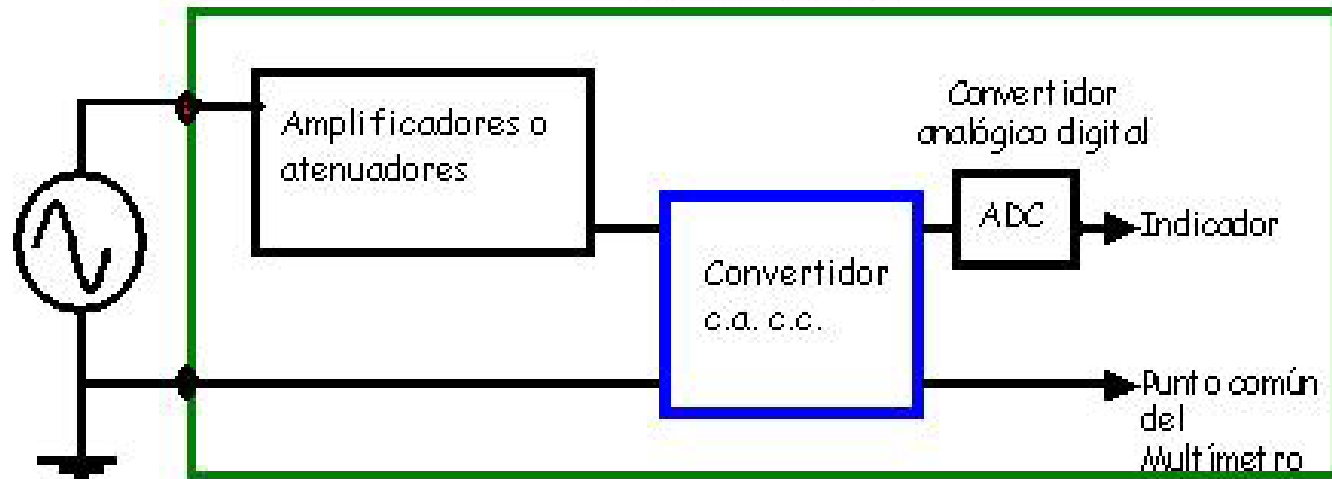
Medidores de corriente
 μA a 20 A
10 Hz a 100 kHz

Generadores
de tensión
1 mV a 1 kV
10 Hz a 1 MHz

Generadores
de corriente
 μA a 20 A
10 Hz a 30 kHz

La gran mayoría de los medidores de señales alternas están diseñados para calcular y exhibir valores rms.

Multímetro

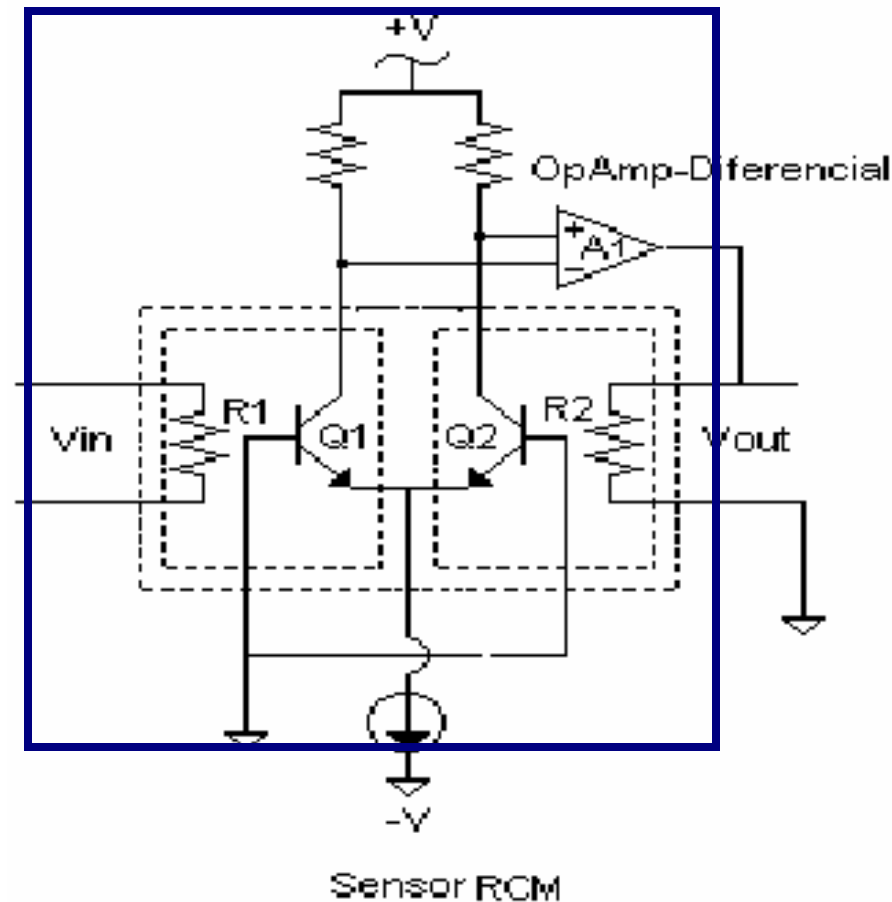


- Convertidores de respuesta promedio
- Convertidores de valor rms verdadero
 - sensor térmico
 - cálculo logarítmico-antilogarítmico
 - muestreo digital

Respuesta promedio: La conversión c.a.-c.c. se lleva a cabo rectificando la señal, la señal rectificada pasa al ADC y el valor promedio es convertido a su correspondiente valor rms, multiplicando el valor resultante por una constante.

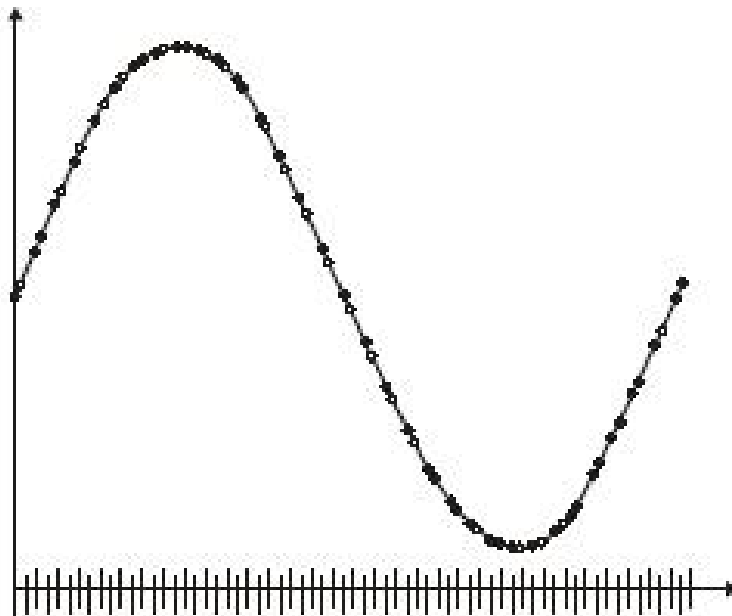
La conversión se hace con la suposición de que la señal aplicada es puramente senoidal, de otra manera el factor de conversión es incorrecto y la indicación es errónea.

Sensor térmico: El convertidor c.a.-c.c. responde a la potencia disipada en los resistores del convertidor



Muestreo:

El convertidor c.a.-c.c. toma muestras de la forma de onda, cada muestra V_i , es digitalizada por un ADC de respuesta rápida, su valor es elevado al cuadrado y guardado en memoria. Cuando se ha digitalizado el suficiente número de muestras, N , calcula la raíz cuadrada del promedio de los valores elevados al cuadrado.



$$V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N V_i^2}{N}}$$

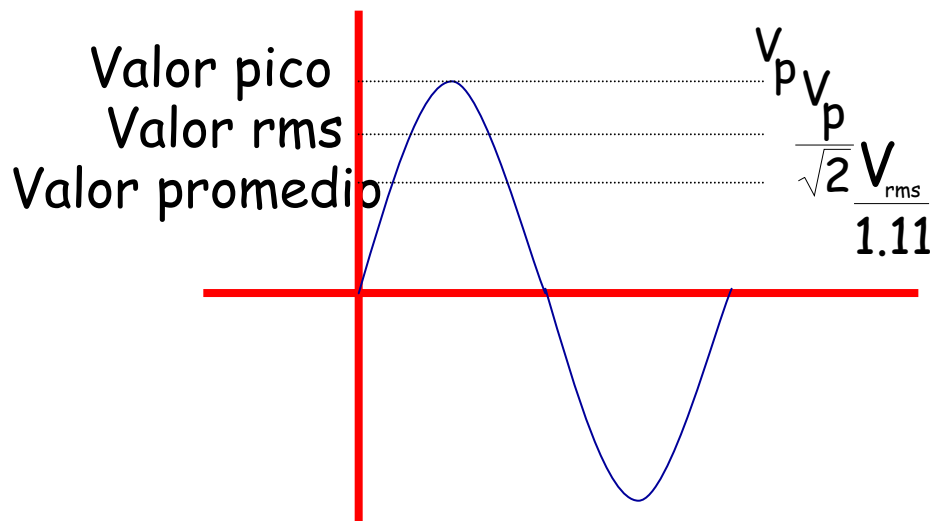
Cálculo log-antilog

El valor rms es matemáticamente obtenido promediando el valor cuadrado de la entrada, y finalmente obteniendo su raíz cuadrada, como lo indica la siguiente ecuación

$$V_{\text{rms}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [V(t)]^2 dt}$$

Este tipo de convertidor c.a.-c.c. es llamado de cálculo logarítmico/antilogarítmico por las configuración de los amplificadores operacionales empleados para llevar a cabo el cálculo analógico del valor rms.

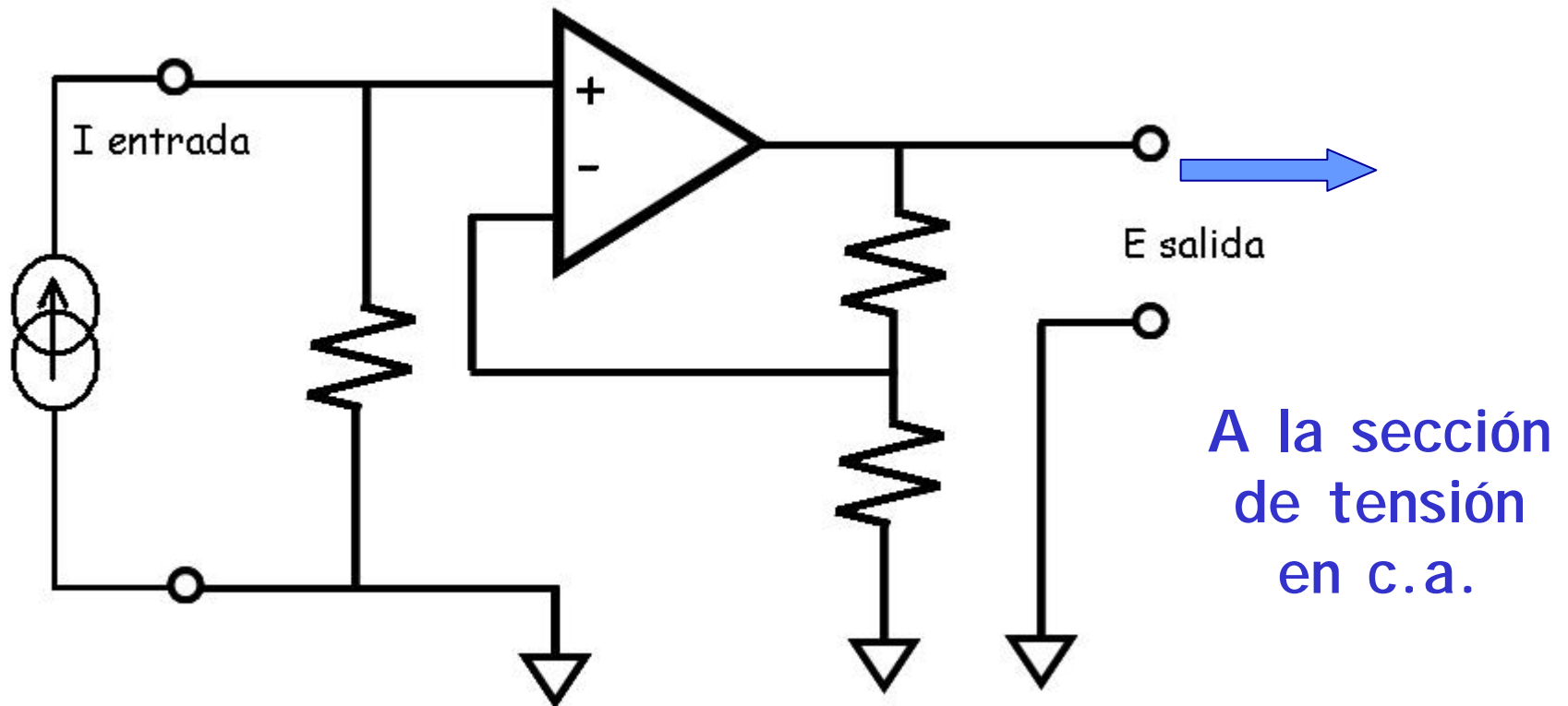
Idealmente un instrumento que mide valor rms verdadero podría medir cualquier forma de onda, sin embargo los picos de señales con factor de cresta muy grande son recortados, provocando que una señal distorsionada entre al convertidor c.a.-c.c



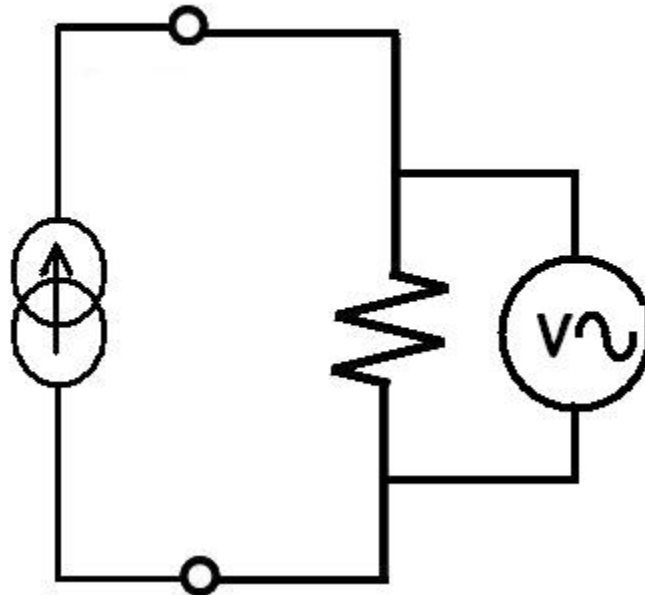
$$\text{Factor de cresta} = \frac{\text{Valor pico}}{\text{Valor rms}}$$

| Incertidumbre Adicional | |
|-------------------------|--------------|
| Factor de Cresta | Contribución |
| 1-2 | Res(%) X 1 |
| 2-3 | Res(%) X 2 |
| 3-4 | Res(%) X 3 |
| 4-5 | Res(%) X 5 |

medidores de corriente alterna

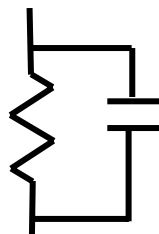


Ley de Ohm en corriente alterna

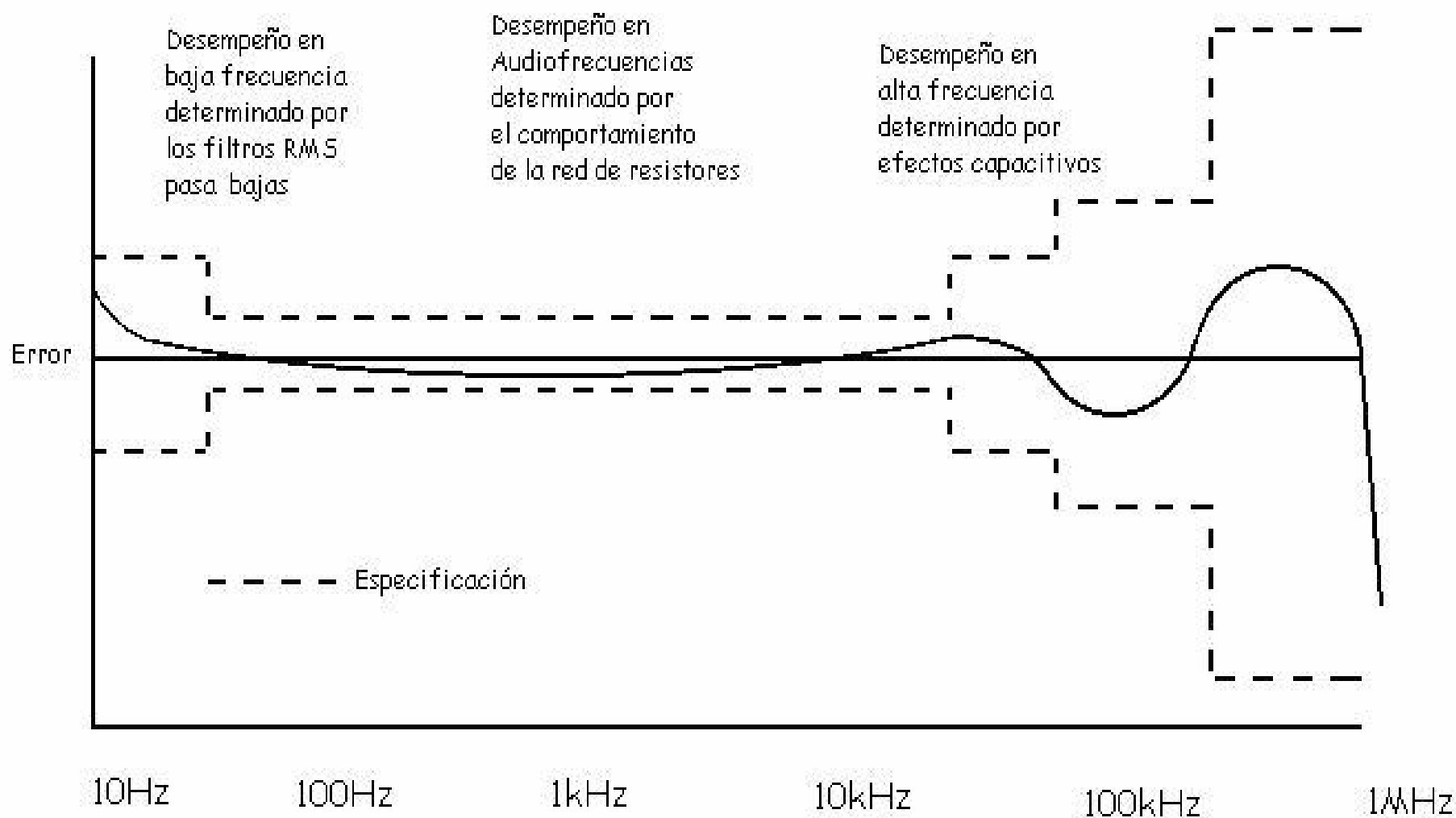


En corriente alterna la ley de Ohm puede aplicarse sólo si la carga es puramente resistiva.

La intensidad de corriente alterna circulando por la carga no está en fase con la tensión, como en el caso de corriente continua.

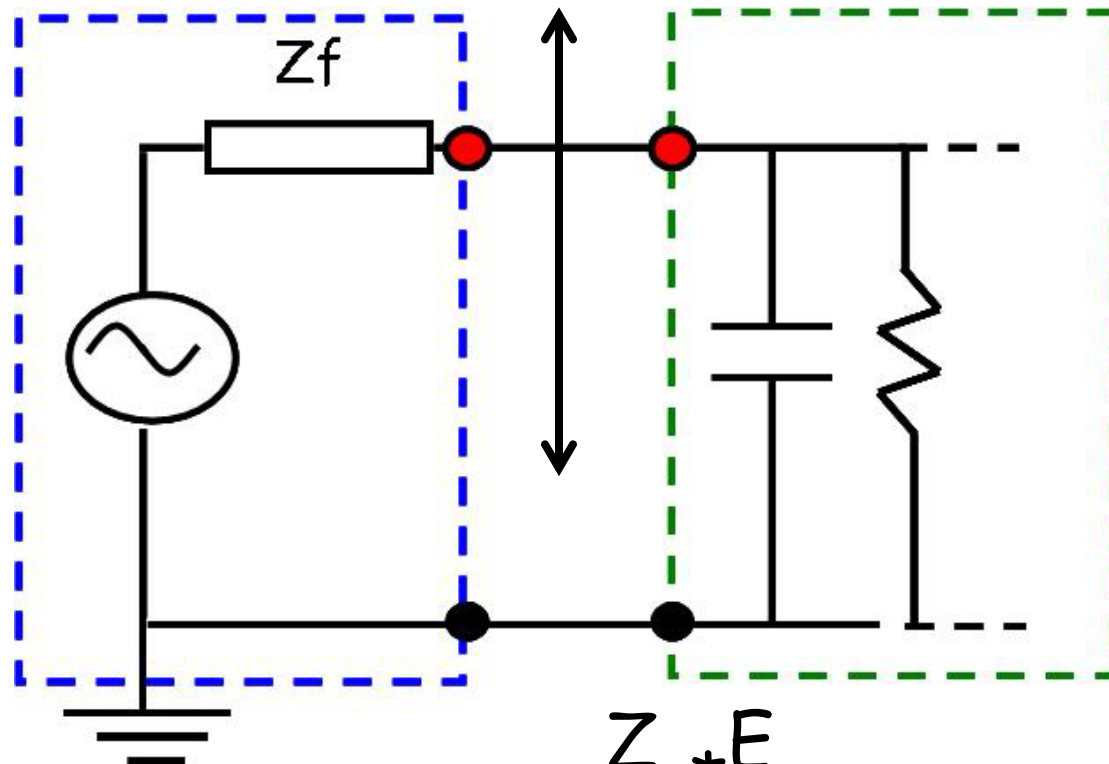


Planicidad en frecuencia



Fuente de tensión ideal: $Z_f = 0$

Medidor ideal: $Z_{\text{entrada}} \sim \infty$

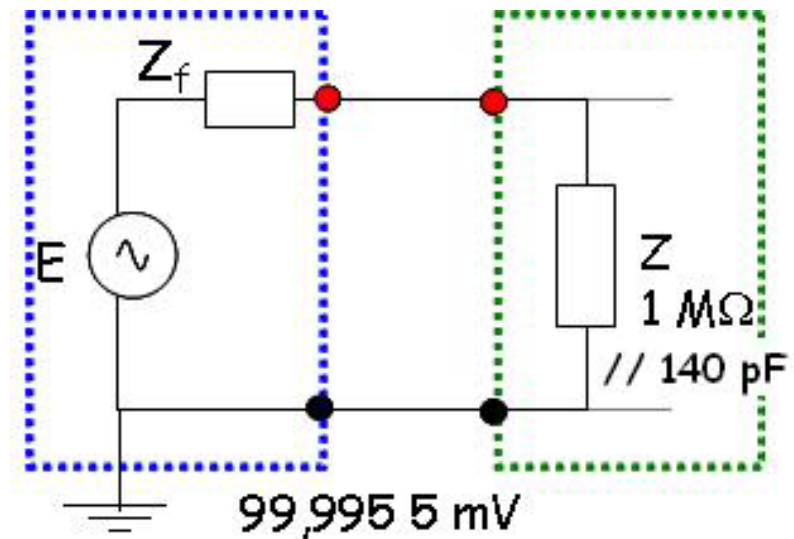
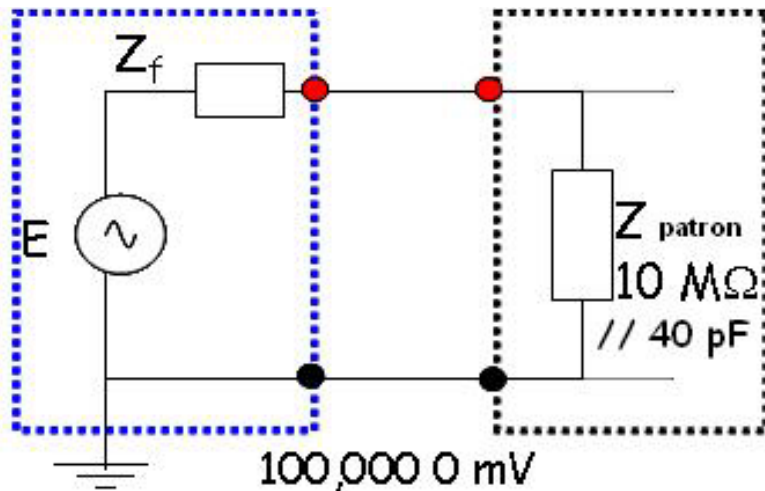


$Z_f < 5\text{m}\Omega$ para $V > 330\text{ mV}$
 $Z_f = 50\ \Omega$ para $V < 330\text{ mV}$

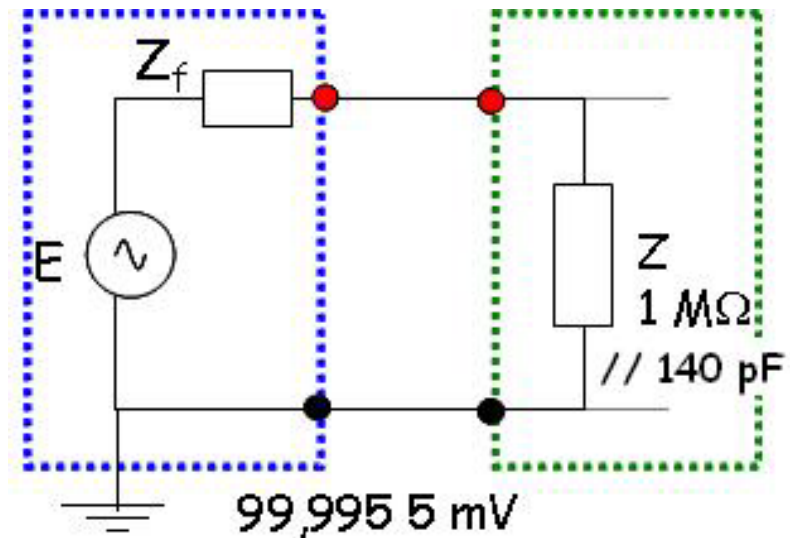
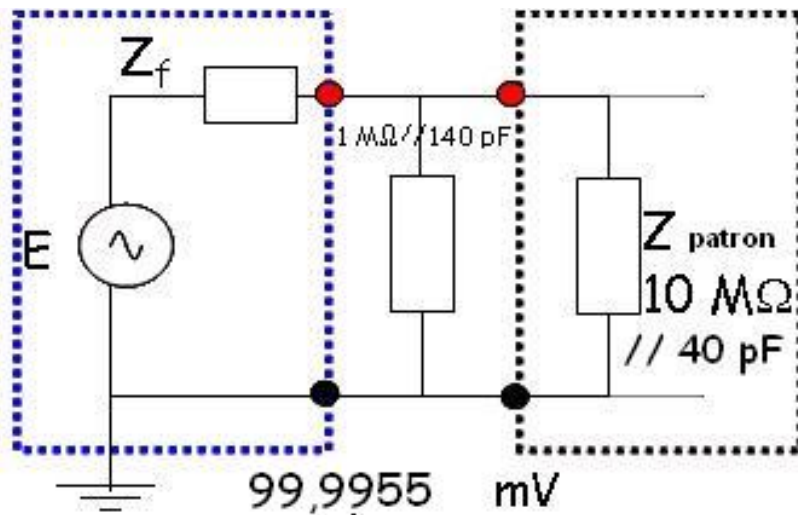
$$V_c = \frac{Z_c * E}{Z_f + Z_c}$$

$1\ \text{M}\Omega // 140\ \text{pF}$
 $(X_c = 1 / 2\pi f C)$

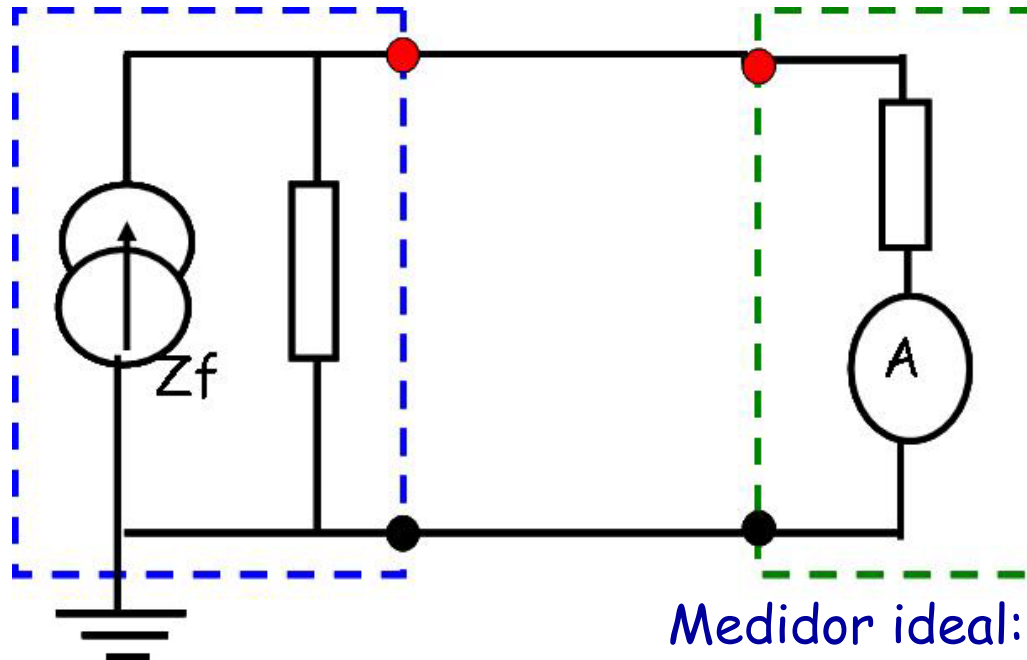
Efectos de carga en tensión



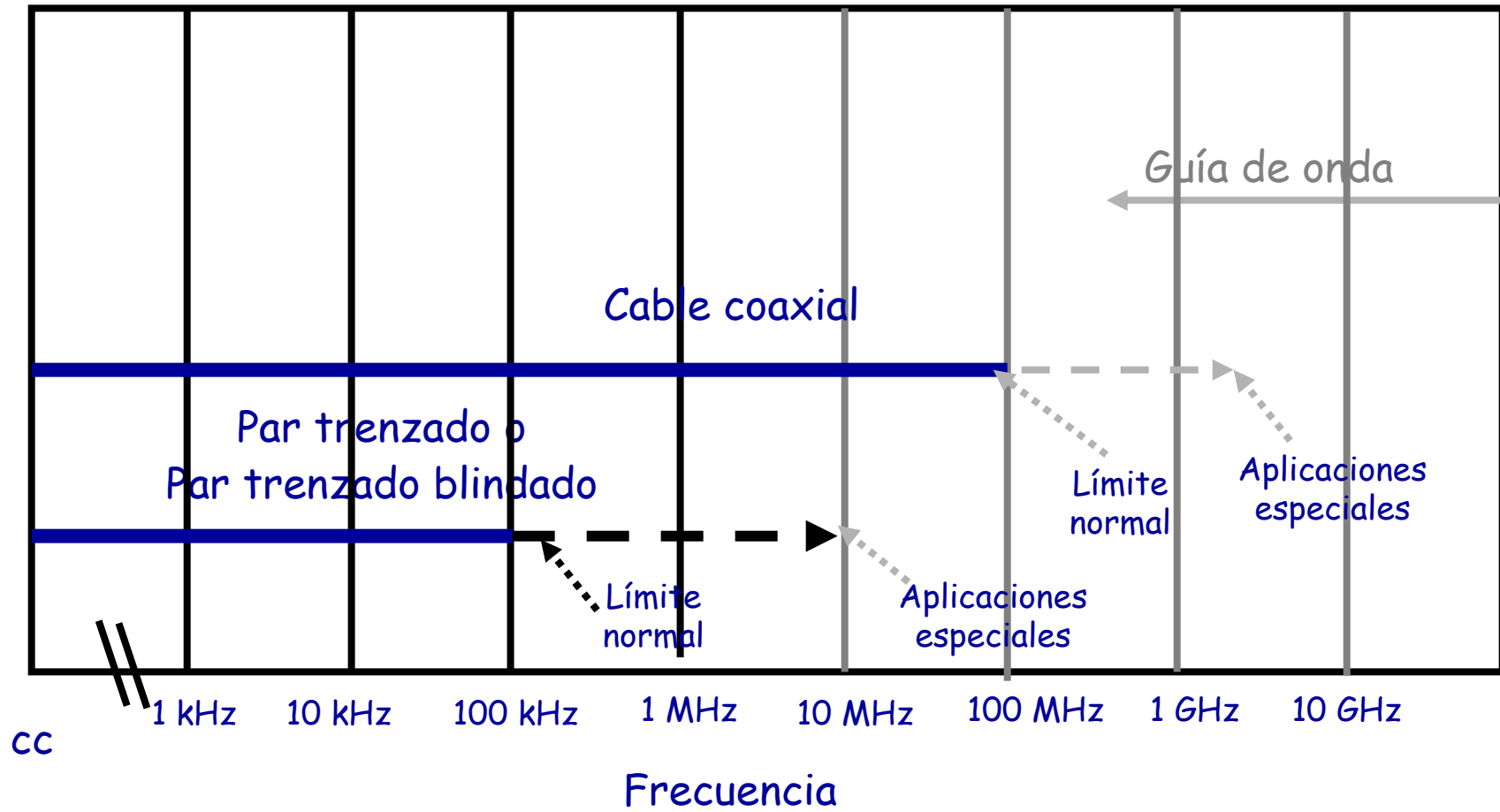
Efectos de carga en tensión



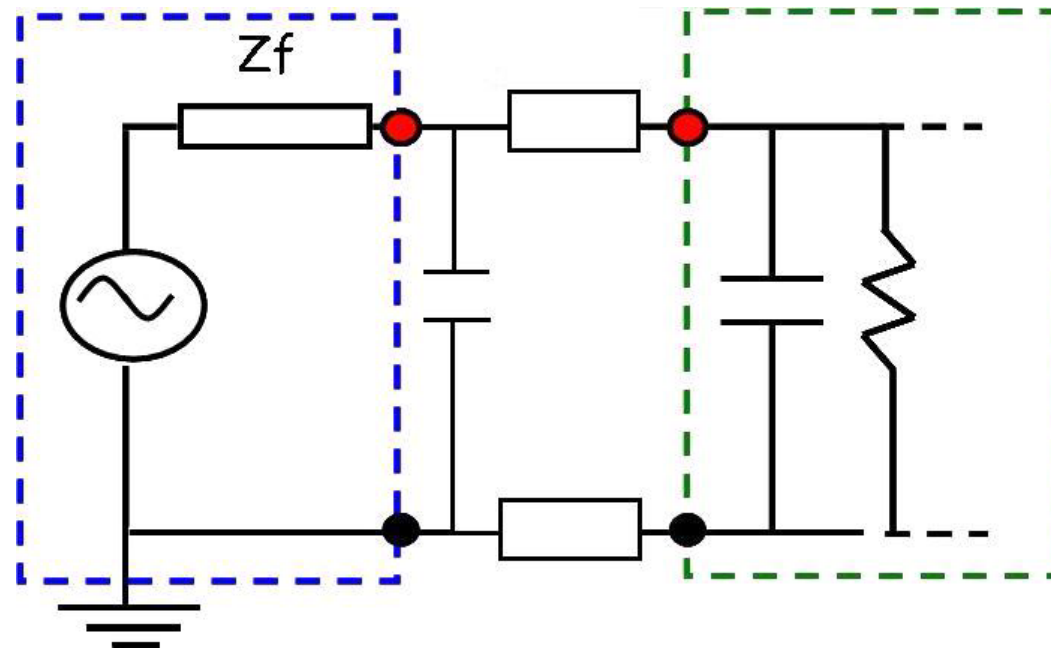
Fuente de corriente ideal: $Z_f \sim \infty$



La tensión de carga presente en las mediciones de corriente continua, también está presente en las mediciones de corriente alterna, con efectos mayores.



Efectos de las conexiones



La capacitancia de los cables crea efectos de derivación de corriente y su impedancia una caída de tensión.

En cualquier caso y particularmente a alta frecuencia se debe reducir la longitud de los cables.

Resumen:

- El valor rms de una señal alterna es equivalente a su valor en corriente continua.
- La generalidad de los medidores de tensión están diseñados para exhibir valores rms. Realizando la conversión c.a.-c.c. con diferentes técnicas, unas de mayor exactitud que otras.
- Cuando se utilice la ley de Ohm para medir corriente alterna se deberá considerar la respuesta en frecuencia del resistor y del medidor de tensión.

- Hay que considerar la planicidad en frecuencia de la instrumentación .
- Es importante considerar posibles efectos de carga particularmente en las mediciones de baja tensión.
- Hay que utilizar conexiones adecuadas minimizando la longitud de los cables para evitar corrientes de fuga y caídas de tensión adicionales.