

**U.B.A. FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Departamento de Electrónica**

**LABORATORIO 66-02**

**Informática**

**TRABAJO PRÁCTICO N°1**

**Curso 2020 - 1er Cuatrimestre**

<b>GRUPO N°3</b>	
<b>APELLIDO, Nombres</b>	<b>N° PADRÓN</b>
<b>BIANCARDI, Julián</b>	<b>103945</b>
<b>CAPÓN BLANQUER, Mateo</b>	<b>104258</b>
<b>CZOP, Santiago Nicolás</b>	<b>104057</b>
<b>Alumno Responsable :</b>	
<b>Fecha de Realización :</b>	
<b>Fecha de Aprobación :</b>	
<b>Calificación :</b>	
<b>Firma de Aprobación :</b>	

**Observaciones:**

# Índice

## Medición N°1: Efecto de Carga de Voltímetros

Objetivos

Materiales

Voltímetro Analógico

Voltímetro Digital

## Medición N°2: Mediciones de Resistencias

Objetivos

Materiales

Desarrollo

Óhmetro Analógico

Óhmetro Digital

Conclusión

## Medición N°3: Mediciones a la Fuente de Alimentación

Objetivos

Materiales

Desarrollo

Conclusión

Medición Directa de la Resistencia Interna

Conclusión

## Medición N°4: Voltímetro en Corriente Alterna

Objetivos

Materiales

Desarrollo

Conclusión

## Apéndice

Medición 1 - Medición 2

Multímetro Analógico

Multímetro Digital

Medición 4

Hoja de datos

Correcciones

# Medición N.º1: Efecto de Carga de Voltímetros

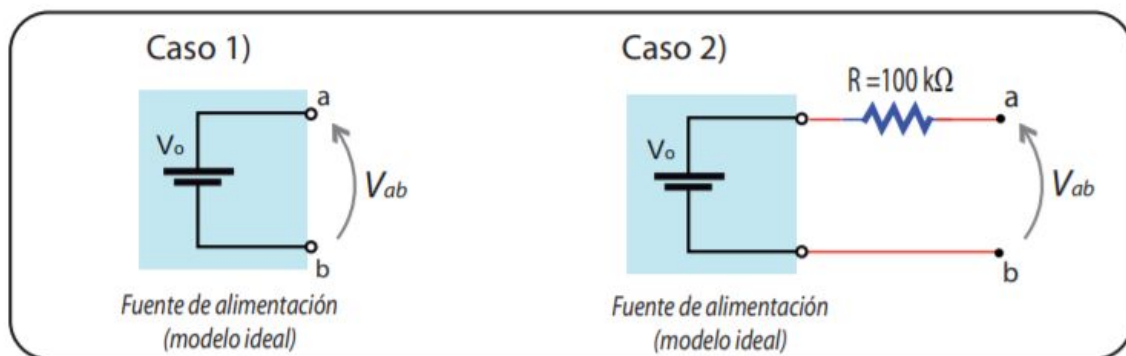
## Objetivos

El objetivo de esta sección es observar el efecto de carga que producen los voltímetros. En este sentido, se realiza una comparación entre la medición con un instrumento analógico y uno digital.

## Materiales

- Multímetro Analógico Protek
- Multímetro Digital Metex 3800
- Resistor 100k $\Omega$

## Desarrollo



**Figure 1.1:** Fuentes ideales.

- ❑ ¿Qué tensión espera que se desarrolle entre los bornes a y b en cada caso?

En el caso 1, entre los bornes A y B se observaría una caída de tensión de exactamente  $V_o$ . Así mismo, en el caso 2 también hay una diferencia de potencial equivalente a  $V_o$ , puesto que al no estar el circuito cerrado la

resistencia no presenta corriente y por lo tanto no ocasiona una caída de tensión que disminuya el valor de  $V_{ab}$ .

- Voltímetro Analógico

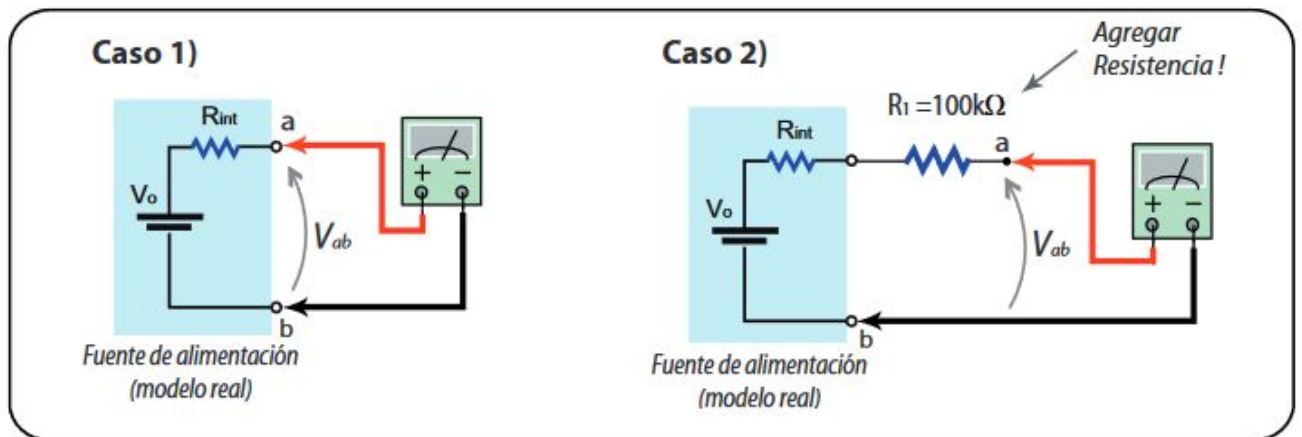
Alcance =  $12V$

Sensibilidad =  $30K\Omega/V$

Incerteza de Clase = 3%

Cantidad Divisiones = 60

Resistencia de Entrada =  $360K\Omega$



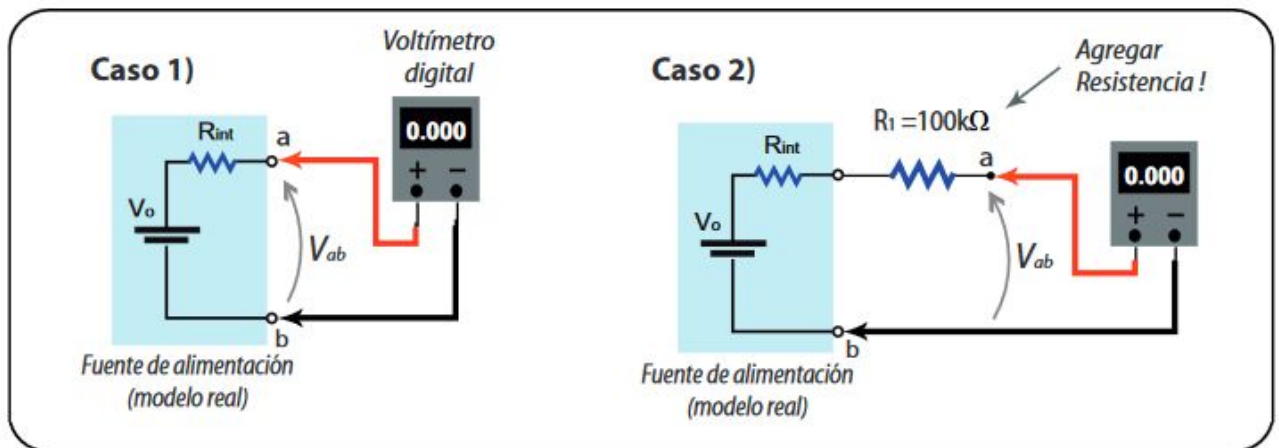
	Mediciones
	$V_{ab}[V]$
<b>Caso 1</b>	$V_{ab} = (12,0 \pm 0,5)V$
<b>Caso 2</b>	$V_{ab} = (9,4 \pm 0,5)V$

- Voltímetro Digital

Alcance =  $20V$

Incerteza =  $0,07V$

Resistencia Interna =  $10M\Omega$



	Mediciones
	Vab[V]
<b>Caso 1</b>	$V_{ab} = (12,09 \pm 0,07)V$
<b>Caso 2</b>	$V_{ab} = (11,97 \pm 0,07)V$

❑ ¿Qué diferencia observa en las mediciones?

Se observa que al colocar una resistencia en serie con la fuente de alimentación, la tensión medida por los voltímetros son menores en comparación a cuando dicho resistor no se coloca.

❑ ¿A qué atribuye esas diferencias?

Como se indicó en la primera pregunta, colocar una resistencia en serie no debería crear una caída de potencial entre los bornes A y B, que son los medidos por nuestros voltímetros, pues teóricamente al medir la

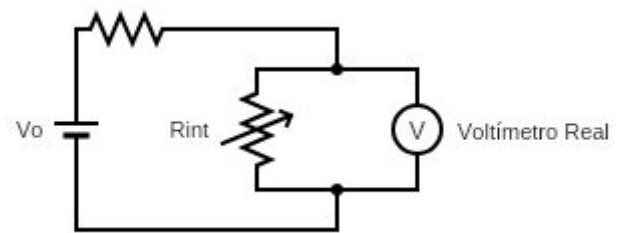
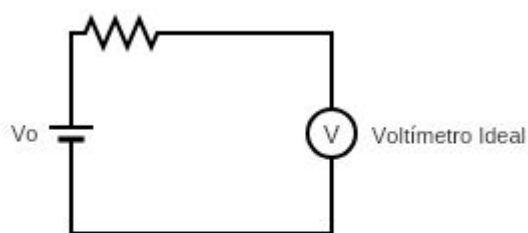
tensión no cerramos el circuito. Sin embargo, el experimento nos obliga a reconocer que nuestro instrumento no es ideal, sino que cierra el circuito y genera una caída de tensión en la resistencia en serie añadida.

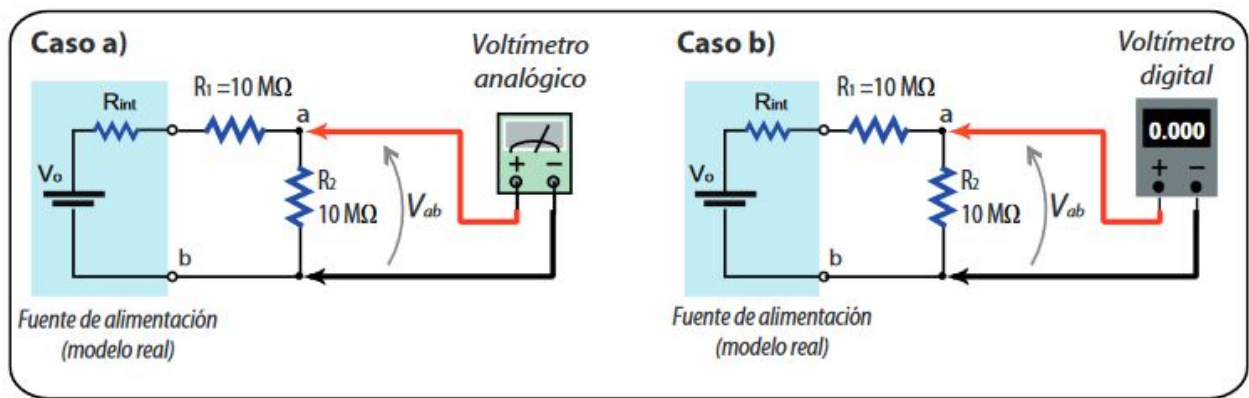
- ❑ ¿Cómo relaciona esas diferencias con las especificaciones de los instrumentos y con los circuitos usados?

Si el multímetro solo cerrase el circuito con un cable, se provocaría un cortocircuito que se manifestaría en una medición de 0V. Si por el contrario el aparato tiene resistencia interna, entonces podremos medir la caída de tensión entre A y B como la diferencia de potencial entre las pinzas del voltímetro. Por lo tanto, debemos recurrir a las especificaciones proveídas por el fabricante para conocer en cada caso cuál es la resistencia interna que hemos de tener en cuenta.

- ❑ ¿Qué conclusiones obtiene?

En conclusión, siempre que operemos con multímetros debemos tener en cuenta que no son ideales, sino que cierran el circuito y miden la caída de tensión conectando sus resistencias internas en paralelo, como se ve en el siguiente modelo:





	Mediciones
	$V_{ab}[V]$
<b>Caso a</b>	$V_{ab} = (0,02 \pm 0,03)V$
<b>Caso b</b>	$V_{ab} = (3,94 \pm 0,03)V$

❑ ¿Qué valor espera obtener en teoría?

Si se desprecia la  $R_{int}$  de la fuente, el valor teórico sería

$$V_{ab} = (6 \pm 0,04)V$$

❑ ¿Qué valor obtiene en la práctica?

En la práctica se midió, por un lado  $(0,02 \pm 0,03)V$ , y por el otro,  $(3,94 \pm 0,03)V$ . Estos resultados son considerablemente más bajos que el calculado teóricamente.

❑ Si se presentan diferencias, explique su origen. ¿Cuál es la diferencia relativa entre el valor teórico y el obtenido de la práctica, en cada caso?

Este fenómeno se da a que al conectar el voltímetro, estamos colocando una resistencia (su resistencia interna) en paralelo al circuito. En

consecuencia, al medir la caída de tensión del resistor de  $10M\Omega$ , en realidad lo hacemos sobre dicho resistor en paralelo con la resistencia interna. La resistencia equivalente va a tener un valor diferente del teórico, el cual va a diferir más o menos según la relación existente entre el resistor y la resistencia interna.

En este caso concreto, la resistencia interna del voltímetro digital equivale a la del resistor, lo cual lleva a que se mida un valor considerablemente menor (33% menos). En cuanto al analógico, su resistencia interna con un alcance de  $0.6V$  es  $18k\Omega$ . Una resistencia tan baja en comparación a los  $10M\Omega$  causó una diferencia relativa de 99.7%. En conclusión, debemos recordar siempre trabajar con voltímetros cuya resistencia interna sea al menos 2 órdenes de magnitud más grande que la resistencia del circuito a medir.



## Medición N°2: Mediciones de Resistencias

### Objetivos

*El objetivo de esta parte es conocer los distintos métodos que existen para determinar el valor de una resistencia incógnita, y determinar un criterio para elegir entre los procedimientos en cada caso.*

### Materiales

- Multímetro Analógico Protek
- Multímetro Digital Metex 3800
- Resistor de  $100\Omega$  y  $100k\Omega$

### Desarrollo

- Óhmetro Analógico

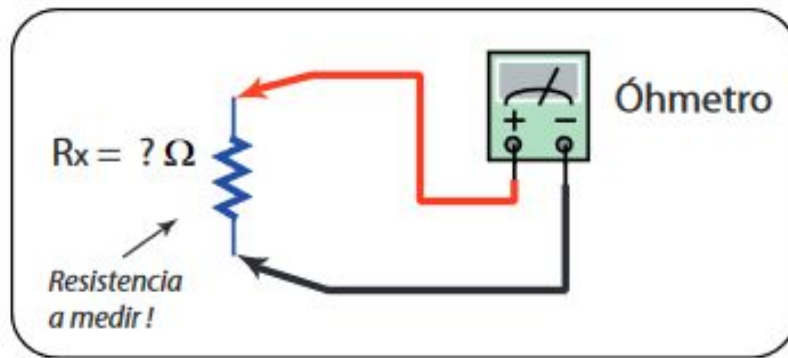
Alcance =  $12V$

Sensibilidad =  $30 k\Omega/V$

Precisión =  $3^\circ \text{ arc}$

Cantidad Divisiones = 60

Resistencia de Entrada =  $360k\Omega$



	Mediciones	
	R1 = 100	R2 = 100K
Rx[ohms]	$R1 = (100 \pm 20) \Omega$	$R2 = (100 \pm 5) k\Omega$

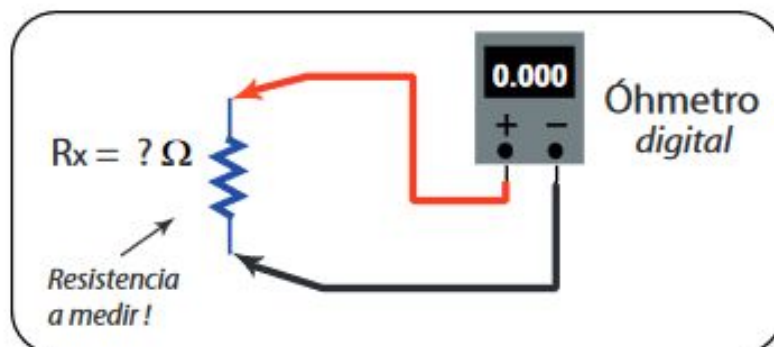
- Óhmetro Digital

Alcance = 200Ω

Incerteza = 0,5% of rdg + 3 dgt

Alcance = 200KΩ

Incerteza = 0,5% of rdg + 1 dgt



	Mediciones	
	R1 = 100	R2 = 100K
R[ohms]	$R1 = (98,4 \pm 0,8) \Omega$	$R2 = (99,7 \pm 0,6) K\Omega$

- ❑ ¿En el caso de necesitar hacer una medición de resistencia con la menor incertidumbre posible que método podía aplicar?

Teniendo en cuenta las mediciones realizadas en este experimento, en caso de querer medir una resistencia, creemos que lo más apropiado suele ser utilizar un óhmetro digital. Para llegar a esta conclusión tenemos en cuenta un experimento realizado en la materia Física II en la cual se midió una resistencia mediante el puente de Winston, y a pesar de tener bastante precisión, la propagación de error causó que el óhmetro digital superase en precisión al método del puente. Análogamente, aunque jamás realizamos mediciones de resistencias mediante conexión larga y corta, creemos que sucedería lo mismo.

- ❑ ¿Que influencia tendrá el tipo de conexión de los instrumentos?

En caso de realizar una conexión corta, estaremos cometiendo un error sistemático que conllevará una medición inferior para la resistencia incógnita. Por el contrario, si utilizamos una conexión larga, mediremos siempre por encima del valor de nuestra resistencia. Según cada caso particular convendrá utilizar una u otra conexión (dependiendo del valor de la resistencia incógnita respecto de la resistencia crítica).

- ❑ ¿Que nombre se le ocurriría poner a cada tipo de conexión?

Como se ha visto en la teórica, las mediciones que constan de un voltímetro y amperímetro se conocen como mediciones indirectas de conexión larga y corta. Por otro lado, también existe la medición con un puente de Winston, y la medición directa con un instrumento de bobina móvil.

- ❑ ¿Que tipo de conexión es más conveniente para medir cada tipo de resistencia?

Debido al error sistemático que producen las conexiones largas ( $\xi = R_A/R_x$  con  $R_A$  la resistencia interna del amperímetro) y cortas ( $\xi = -R_x/R_v$ ), conviene utilizar una conexión larga si la resistencia a medir es superior a la resistencia crítica ( $\sqrt{R_x R_v}$  con  $R_v$  la resistencia interna del voltímetro). De no ser así, será preferible utilizar la conexión corta.

### Conclusión

En conclusión, existen múltiples formas de realizar la medición de una resistencia. Como se estudió en la materia, cada método conlleva cierta incerteza, y quedará bajo responsabilidad del operador determinar, según su criterio y conocimiento, cuál mecanismo utilizar para reducir el error porcentual.

## Medición N°3: Mediciones a la Fuente de Alimentación

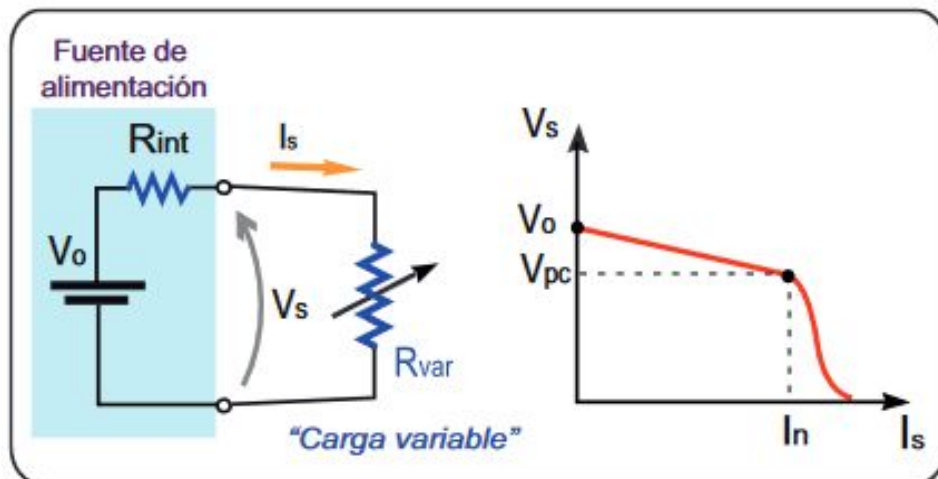
### Objetivos

El objetivo de esta parte es observar cómo se comportan las fuentes de tensión reales frente a distintos circuitos y determinar qué parámetros de importancia se pueden conocer.

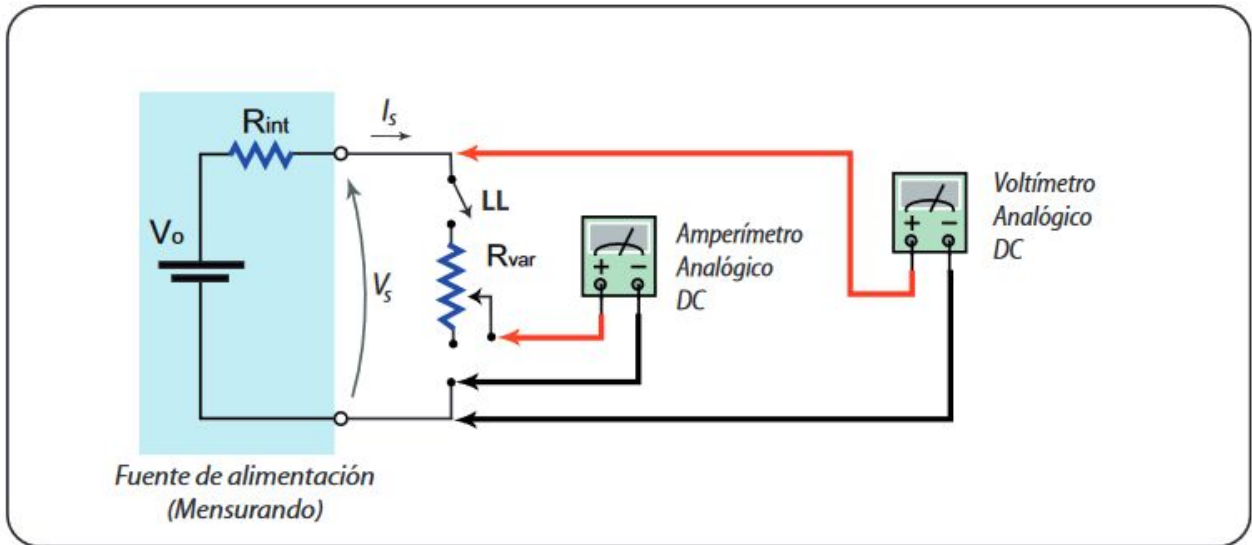
### Materiales

- Fuente de 12V
- Multímetro Digital Metex 3800
- Componentes

### Desarrollo



$$R_{int} = \frac{V_0 - V_{pc}}{I_n}$$



	Mediciones
$V_0[V]$	$V_{ab} = (12,09 \pm 0,07)V$
$V_{pc}[V]$	$V_{ab} = (11,98 \pm 0,07)V$
$I_n[V]$	$I_n = (76,6 \pm 0,1)mA$

❑ ¿Que sucedió al cargar la fuente?

Al cargar la fuente, la tensión medida por el voltímetro fue menor.

$$V_0 > V_{pc}$$

❑ Si es que hubo algún cambio, explique su origen.

Al medir  $V_0$  este vale  $V_0 = \frac{R_{int} V_{olt} \cdot 12V}{R_{int} + R_{int} V_{olt}}$ , por divisor de tensión, teniendo en cuenta la resistencia interna del voltímetro digital. En cambio, al medir la tensión llamada  $V_{pc}$ , se agrega una resistencia variable la cual es la necesaria para que se llegue al valor nominal de la corriente entre los extremos de la resistencia. Como consecuencia, el valor medido por el voltímetro, será distinto y se calcula como  $V_{pc} = \frac{R_{//} \cdot 12V}{R_{int} + R_{//}}$ , donde  $R_{//}$  es la

resistencia equivalente al paralelo entre la resistencia interna del voltímetro y la de la resistencia variable. Al ser  $R_{//} < R_{int\ Volt}$ , la tensión medida  $V_0 > V_{pc}$ .

- ❑ Explique qué idea le brinda la regulación de carga, acerca del comportamiento de la fuente.

La regulación de carga es la capacidad que tiene una fuente de alimentación de entregar la tensión solicitada independientemente de la corriente que se le solicite. Una fuente ideal siempre entregará la misma tensión, pero en la realidad no es así. Al momento de evaluar la calidad y el estado de una fuente podemos calcular este parámetro, y en caso de que sea elevado, quedará a disposición del usuario continuar usándola o no. La regulación de carga es un buen indicador para conocer si la fuente sigue siendo útil, o si ya está gastada o vieja.

### Conclusión

En conclusión, las fuentes ideales no existen como tal, sino que debemos comprender que toda fuente de tensión tendrá una resistencia interna que podría no ser constante (como es el caso de una pila alcalina). Además, las fuentes jamás estarán exentas de los efectos de carga por lo que según qué conectemos a ellas, puede que proporcionen una tensión distinta a la deseada o la medida en vacío. Será responsabilidad del usuario analizar si la fuente es de utilidad o no.

### Medición Directa de la Resistencia Interna

$$R_{int} = \frac{V_0 - V_{pc}}{I_n} = \frac{12,09V - 11,98V}{76,6mA} \approx 1,43\Omega$$

El cálculo de  $\Delta R_{int}$  se puede realizar de distintas maneras. Se optó por calcular el valor máximo que podría llegar a tomar, restarle el valor mínimo y por último dividirlo entre dos.

$$R_{int\ max} = \frac{V_{o\ max} - V_{pc\ min}}{I_{n\ min}} = \frac{(V_o + \Delta V_o) - (V_{pc} - \Delta V_{pc})}{I_n - \Delta I_n} = 3,27\Omega$$

$$R_{int\ min} = \frac{V_{o\ min} - V_{pc\ max}}{I_{n\ max}} = \frac{(V_o - \Delta V_o) - (V_{pc} + \Delta V_{pc})}{I_n + \Delta I_n} < 0 \Rightarrow 0\Omega$$

Se podría concluir entonces que el valor de la resistencia varía entre  $0\Omega$  y  $3,27\Omega$ , con un valor medio de  $1,43$ . Si el cálculo se hubiese hecho con cualquiera de los otros dos métodos con los que se está familiarizado, se llegaría a un resultado similar. Esto se debe a que la diferencia entre la suma de los valores medidos de tensión es menor a la suma de las incertidumbres de los mismos.

$$\Delta V_{numerador} = \Delta V_o + \Delta V_{pc} = 0,14\ V$$

$$V_{numerador} = V_o - V_{pc} = 0,11\ V$$

$$\Rightarrow \Delta V_{numerador} > V_{numerador}$$

Se puede observar que cuando la fuente es buena, es decir cuando  $V_o \approx V_{pc}$ , el error es muy grande. Un modo de evitar este alto error, sería utilizar otro método para buscar la resistencia interna. Por ejemplo, se podría utilizar el método de compensación.

### Conclusión

En conclusión, como consecuencia del gran error porcentual (128%), el valor medido de resistencia tiene un intervalo muy grande y es incierto. Por lo tanto el método utilizado no es el más confiable. Sin embargo, se puede observar que la resistencia interna de una fuente de tensión suele ser del orden de los pocos Ohms.



## Medición N°4: Voltímetro en Corriente Alterna

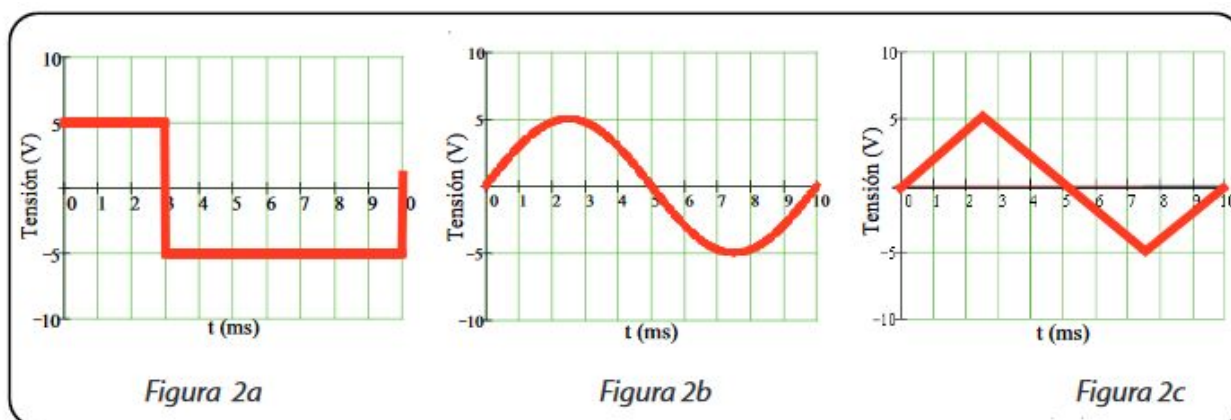
### Objetivos

El objetivo de esta parte es familiarizarse con el uso de los diferentes Multímetros funcionando como Voltímetros. El buen uso del instrumento implica conocer todas sus especificaciones, impedancia de entrada, alcances, incertidumbres, resolución, rango de frecuencias de utilización, para lo cual deberemos contar en todo momento con el manual de cada instrumento

### Materiales

- Falstad (Simulador de Circuitos)

### Desarrollo



Se emplearon multímetros analógico, digital de valor medio y digital TRUE RMS en los modos DC, AC, AC+DC. En modo DC, todos los instrumentos utilizados indican el valor medio de la señal bajo estudio. En el modo AC, la lectura varía según el multímetro.

	Cálculos Teóricos						
	VOM		DVM		TRUE RMS		
Tipo de Señal	DC	AC	DC	AC	DC	AC	AC+DC

<b>CUADRADA</b>	$-2,00V$	$5,55V$	$-2,00V$	$4,66V$	$-2,00V$	$4,58V$	$5,00V$
<b>SENOIDAL</b>	$0,00V$	$3,54V$	$0V$	$3,54V$	$0V$	$3,54V$	$3,54V$
<b>TRIANGULAR</b>	$0,00V$	$2,77V$	$0V$	$2,77V$	$0V$	$2.89V$	$2.89V$

### Conclusión

En conclusión, cuando realizamos mediciones sobre una señal es importante conocer cuál es su forma para poder utilizar correctamente nuestros instrumentos, o en el caso de que no tengamos la herramienta correcta, compensar por el error sistemático que se genere.

## Apéndice

### Medición 1 - Medición 2

#### **Multímetro Analógico**

La incerteza en un multímetro analógico se calcula como:

$$Incerteza = Incerteza Clase + Incerteza Apreciación$$

donde

$$Incerteza Clase = Alcance \cdot Clase$$

$$Incerteza Apreciación = Mínima División \cdot \frac{1}{2} \text{ divisiones}$$

#### **Multímetro Digital**

La incerteza en un multímetro digital se calcula como:

$$Incerteza = \% \text{ of } rdg + n \text{ dgt}$$

donde

$$\% \text{ of } rdg = \text{porcentaje del valor observado}$$

$$n \text{ dgt} = \text{número de dígitos en la mínima división de la escala}$$

### Medición 4

Multímetro analógico de onda completa (VOM) en modo AC:

- 1) Toma la señal original y la rectifica en onda completa.
- 2) Calcula el valor medio de la señal rectificada.
- 3) Multiplica el valor medio por el factor de forma 1,11

Multímetro digital de valor medio (DVM) en modo AC:

- 1) Toma la componente AC de la señal original y la rectifica en onda completa.
- 2) Calcula el valor medio de la señal rectificada.
- 3) Multiplica el valor medio por el factor de forma 1,11

Multímetro digital (TRUE RMS) en modo AC

- 1) Toma la componente AC de la señal original
- 2) Calcula el valor eficaz de la misma

## Hoja de datos

Multímetro Analógico

[https://campus.fi.uba.ar/pluginfile.php/43785/mod\\_resource/content/0/Mult.\\_analog.\\_Protek.pdf](https://campus.fi.uba.ar/pluginfile.php/43785/mod_resource/content/0/Mult._analog._Protek.pdf)

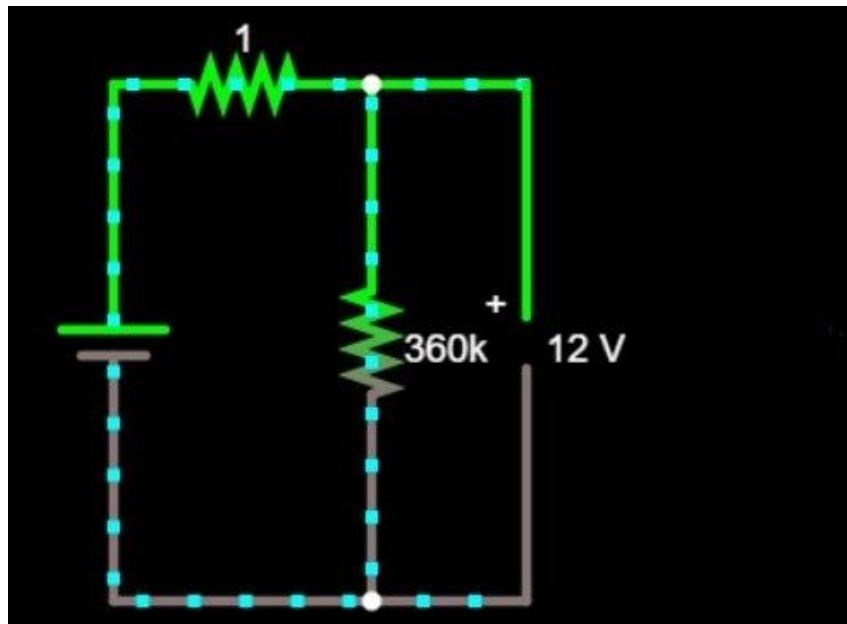
Multímetro Digital

<http://wrack.ped.muni.cz/datasheet/soubory/3800.pdf>

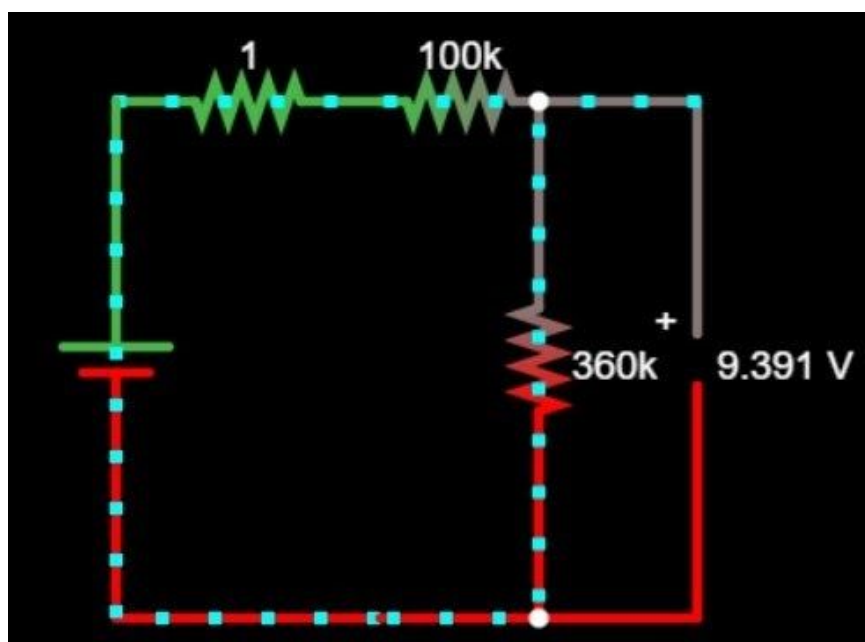
## Correcciones

### Simulaciones del Voltímetro Analógico de Medición 1

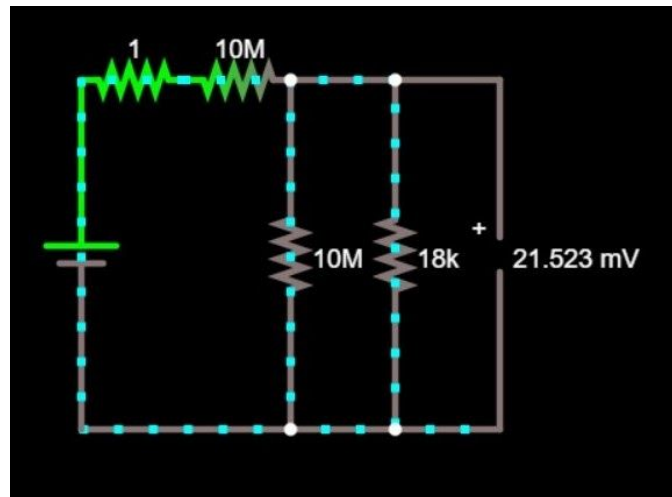
Tensión sobre una fuente. "Caso 1"



Tensión sobre una fuente en serie con una resistencia. "Caso 2"



## Tensión sobre una resistencia



## Cálculos Teóricos sobre las Señales de la Medición 4

Se asume que los voltímetros son de onda completa y por lo tanto utilizamos  $ff = 1,11$

### VOM

#### ONDA CUADRADA

$$V_{DC} = V_{med} = 0.3 \cdot 5V + 0.7 \cdot (-5V) = -2V$$

$$V_{AC} = V_{med_{rectificado}} \cdot ff = 5V \cdot 1.11 = 5,55V$$

#### ONDA SENOIDAL

$$V_{DC} = V_{med} = \int_0^{10} 5 \cdot \sin(x \cdot \frac{2\pi}{10}) dx / 10 = 0V$$

$$V_{AC} = V_p / \sqrt{2} = 5V / \sqrt{2} = 3,54V$$

#### ONDA TRIANGULAR

$$V_{DC} = V_{med} = \int_0^{2.5} 2x dx + \int_{2.5}^{7.5} -2x + 10 dx + \int_{7.5}^{10} 2x - 20 dx = 0V$$

$$V_{AC} = V_{med_{rectificado}} \cdot ff$$

$$V_{AC} = \left( \int_0^{2.5} 2x \, dx + \int_{2.5}^5 -2x + 10 \, dx + \int_5^{7.5} 2x - 15 \, dx + \int_{7.5}^{10} -2x + 20 \, dx \right) \cdot 1.11 = 2,77V$$

## DVM

### ONDA CUADRADA

$$V_{DC} = V_{med} = 0.3 \cdot 5V + 0.7 \cdot (-5V) = -2V$$

$$V_{AC} = V_{med_{rectificado}} \cdot 1.11 = (0.3 \cdot (5V + 2V) + 0.7 \cdot |(-5V + 2V)|) \cdot 1.11 = 4,662V$$

### ONDA SENOIDAL

$$V_{DC} = \int_0^{10} 5 \cdot \sin(x \cdot \frac{2\pi}{10}) dx / 10 = 0V$$

$$V_{AC} = V_p / \sqrt{2} = 5V / \sqrt{2} = 3,54V$$

### ONDA TRIANGULAR

$$V_{DC} = V_{med} = \int_0^{2.5} 2x \, dx + \int_{2.5}^{7.5} -2x + 10 \, dx + \int_{7.5}^{10} 2x - 20 \, dx = 0V$$

$$V_{AC} = V_{med_{rectificado}} \cdot ff$$

$$V_{AC} = \left( \int_0^{2.5} 2x \, dx + \int_{2.5}^5 -2x + 10 \, dx + \int_5^{7.5} 2x - 15 \, dx + \int_{7.5}^{10} -2x + 20 \, dx \right) \cdot 1.11 = 2,77V$$

## TRUE RMS

### ONDA CUADRADA

$$V_{DC} = V_{med} = 0.3 \cdot 5V + 0.7 \cdot (-5V) = -2V$$

$$V_{AC} = \sqrt{\frac{1}{10} \left( \int_0^3 49 \, dx + \int_3^{10} 9 \, dx \right)} = 4.58V$$

### ONDA SENOIDAL

$$V_{DC} = V_{med} = \int_0^{10} 5 \cdot \sin(x \cdot \frac{2\pi}{10}) dx / 10 = 0V$$

$$V_{AC} = V_p / \sqrt{2} = 5V / \sqrt{2} = 3.54V$$

$$V_{AC+DC} = V_p / \sqrt{2} = 5V / \sqrt{2} = 3.54V \leftarrow \text{Pues no hay continua}$$

## ONDA TRIANGULAR

$$V_{DC} = V_{med} = \int_0^{2.5} 2x \, dx + \int_{2.5}^{7.5} -2x + 10 \, dx + \int_{7.5}^{10} 2x - 20 \, dx = 0V$$

$$V_{AC} = V_p / \sqrt{3} = 5V / \sqrt{3} = 2.89V$$

$$V_{AC+DC} = V_p / \sqrt{3} = 5V / \sqrt{3} = 2.89V \leftarrow \text{Pues no hay continua}$$