

10

✓

## MEDIDAS ELÉCTRICAS

Curso 2023 (Primer semestre) – Evaluación Parcial Módulo A – 03 / 05 / 23

Apellido y nombres: Balbona Delfino Alumno N°: 4234318  
 Comisión N°: 33 Cant. de hojas: 4

## Unidad temática N° 1

## Ejercicio 1

Se midió una resistencia de valor aproximado  $2\ \Omega$ , empleando el método de voltímetro amperímetro, conexión corta. Se quiere obtener el mínimo error con los instrumentos empleados, que fueron:

V: Voltímetro digital, 50.000 cuentas, alcance usado 5 V,  $E_u = \pm(0,025\%U_m + 2\text{díg.})$ ,  $R_v = 10\ \text{M}\Omega$

A: Amperímetro digital, 50.000 cuentas, alcance usado 500 mA,  $E_i = \pm(0,15\%I_m + 1\text{díg.})$ ,  $R_A = 0,04\ \Omega$

49999

Como las resistencias de contacto se estimaron del orden de uno o dos  $\text{m}\Omega$ , el encargado de la medición empleó una conexión con 4 terminales, disponible en la resistencia incógnita. Por otra parte, como la medición presentaba cierta inestabilidad, el operario tomó seis lecturas de tensión y corriente:

$U_m$ [V]	1,0012	1,0015	1,0000	1,0021	1,0000	1,0008
$I_m$ [mA]	489,42	489,23	489,55	489,00	489,07	488,95

a.- ¿Cuál sería el inconveniente de medir la resistencia empleando una conexión con solo dos terminales? Justificar.

b.- Dibuje el circuito usado. Empleando el método de la Guía ISO, calcule el valor de  $R$  y exprese el resultado en la forma  $[R \pm U_R]$ , para un intervalo de confianza del 95%.

c.- Fue adecuada la elección de conexión corta o debió usarse conexión larga? Justificar.

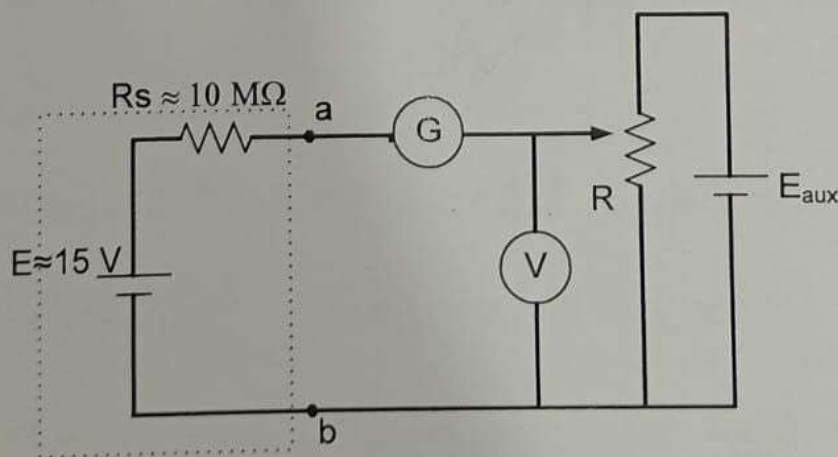
d.- ¿Mejoraría la medición una fuente más estable? Justificar.

## Ejercicio 2

El circuito de la figura se usará para medir la tensión  $E$  de la fuente cuyos bornes accesibles son a y b. El voltímetro empleado es digital, 4.000 cuentas,  $E_u = \pm(0,2\%U_m + 1\text{díg.})$ ,  $R_v = 10\ \text{M}\Omega$ , alcances: 40 mV, 400 mV, 4 V, 40 V, 400 V y 1000 V.  $E_{\text{aux}}$  es una fuente fija de 20 V con  $R_i$  despreciable;  $G$  es un galvanómetro  $\Delta I_g = 0,02\ \mu\text{A/div}$ ,  $R_{\text{es}} = 0,05\ \Omega$ ,  $R_g = 150\ \Omega$ ;  $R$  es un resistor de cursor,  $5000\ \Omega$ ,  $P$  admisible 200 W, longitud 30 cm, mínima regulación estable 2 mm.

a.- Detalle claramente los pasos necesarios para efectuar la medición, enumerando todos los errores presentes.

b.- Deduzca y calcule el error de insensibilidad. ¿Es despreciable o debe considerarse al calcular el error final de la medición?



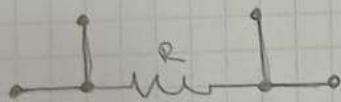
4000

U1

1 -  $R \approx 2 \Omega$

metodo de voltmetro ampermetro conexi en corta  
use una resistencia con 4 terminales para medir

2 - como es necesario medir una resistencia  
de valor chico, la manera de hacer la medicion  
con el menor error posible es usando  
cuatro terminales

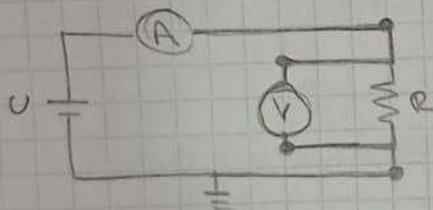


esto se hace por que  
la resistencia que  
existe entre en el borne  
al momento de medir  
puede ser comparable  
con la resistencia que  
se quiere medir.

si se efectua la medicion con 2 terminales  
las resistencias de contacto me generarian un  
error grande.

¿cómo lo sabe?

b -



calculo el valor de la R en cada medicion

$$R = \frac{U_m}{I_m}$$

$$R [\Omega] \mid 2,045 \mid 2,047 \mid 2,043 \mid 2,049 \mid 2,045 \mid 2,047$$

$$\bar{R} = 2,046 \Omega$$

$$s(R) = 2,0976 \cdot 10^{-3}$$

incertidumbre tipo A

$$MA(R) = \frac{s(R)}{\sqrt{6}} = \frac{2,0976 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{6}}$$

$$MA(R) = 0,000856$$



el error que se comete por usar el método de voltímetro amperímetro conexión corta es

$$e_R = \left(1 - \frac{R}{R_V}\right) (e_U + e_I)$$

como  $\left(1 - \frac{R}{R_V}\right) = 1 \Rightarrow$  el error solo será el error fortuito de los instrumentos usados.

incertidumbre tipo B

5,0000

voltímetro  $\rightarrow$  uso el alcance de 5V

$$E_U = \pm (0,025\% \cdot 1,001 + 2 \cdot 0,0001)$$

$$E_U = \pm 0,00045 \text{ V}$$

$$\text{Resolución} = \frac{0,0001}{2} = 0,00005 \text{ V}$$

suponiendo distribución rectangular.

$$\mu_1(E_U) = \frac{0,00045}{\sqrt{3}} = 0,00026$$

$$\mu_2(\text{res}) = \frac{0,00005}{\sqrt{3}} = 0,000028$$

Amperímetro  $\rightarrow$  alcance 500 mA

499,9  
0,01

$$E_I = \pm (0,15\% \cdot 489,2 \text{ mA} + 1 \cdot 0,01)$$

$$E_I = \pm 0,0744 \text{ mA}$$

$$\text{Resolución} = \frac{0,01}{2} = 0,005 \text{ mA}$$

$$\mu_3(E_I) = \frac{0,0744 \text{ mA}}{\sqrt{3}} = 0,00043$$

$$\mu_4(\text{res}) = \frac{0,005 \text{ mA}}{\sqrt{3}} = 0,000003$$

coef de sensibilidad.

$$C_U = \frac{dR}{dU_m} = \frac{d \frac{U_m}{I_m}}{dU_m} = \frac{1}{I_m}$$

$$C_I = \frac{dR}{dI_m} = -\frac{U_m}{I_m^2}$$

$$\mu_B = \sqrt{\left(\frac{1}{I_m}\right)^2 (\mu_1(E_U)^2 + \mu_2(P_{EB})^2) + \left(\frac{U_m}{I_m^2}\right)^2 (\mu_3(E_F)^2 + \mu_4(P_{EB})^2)}$$

$$\mu_B = \sqrt{\left(\frac{1}{489,2 \text{ mA}}\right)^2 (0,00026^2 + 0,000028^2) + \left(\frac{1,00 \text{ V}}{(489,2 \text{ mA})^2}\right)^2 (0,00013^2 + 0,00003^2)}$$

$$\mu_B = 0,0018$$

$$\mu(R) = \sqrt{\mu_B^2 + \mu_A^2} = 0,002$$

calculo los grados de libertad para calcular la incertidumbre expandida.

$$\nu_{\text{eff}} = \frac{\nu(R)^4}{\frac{\nu_A^4}{6} + \frac{\nu_B^4}{\cancel{6}}} = 31,9$$

→ para un intervalo de confianza de 95%

$$k = 2,04$$

$$\nu(R) = 0,002 \cdot 2,04 = 0,004$$

$$R = (2,046 \pm 0,004) \Omega$$



c) en general para resistencias de bajo valor se usa conexi3n corta pero para verificar que la mejor opci3n era esta conexi3n calculo la resistencia y lo compare con la R que deba medir

$$R_c = \sqrt{R_A R_V} = \sqrt{0,04\Omega \cdot 10M\Omega} = 632,5\Omega$$

en este caso  $R = 2\Omega < 632,5\Omega$

∴ es adecuada la elecci3n de usar conexi3n corta ya que asi tendremos un menor error al efectuar la medici3n.

⊗

d) si la fuente fuera m3s estable la incertidumbre tipo A ser3a menor, y el calculo de la incertidumbre expandida depender3a m3s de la incertidumbre tipo B

en este caso la incertidumbre tipo A es casi 10 veces menor que la tipo B por lo tanto no esta afectando mucho en la incertidumbre expandida.

en conclusi3n si tengo una fuente estable tengo una incertidumbre tipo A m3s baja. y por lo tanto se pod3a despreciar en el calculo de la incertidumbre expandida total.

⊗

conexi3n corta

$$e_R = \left(1 - \frac{R}{R_V}\right) (e_u + e_z)$$

$$e_R = (e_u + e_z)$$

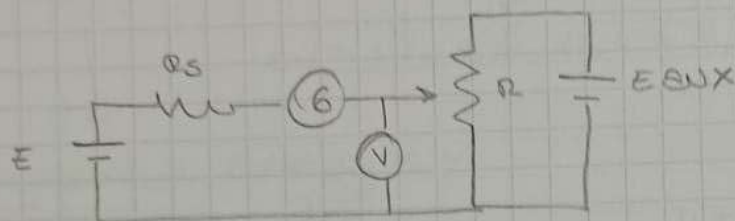
conexi3n larga

$$e_R = \left(1 - \frac{R_A}{R}\right) (e_u + e_z)$$

$$e_R = 0,98 (e_u + e_z)$$

se ve que el error al usar conexi3n corta es un poco mejor al error de usar conexi3n larga.

2- mido la tensión  $E$  de la fuente



$$E_{AUX} = 20V$$

$$E \approx 15V$$

$$r_s = 10 \Omega$$

el galvanómetro se utiliza como detector de cero. Se mide la tensión  $E$  usando el método de oposición por que la resistencia  $r_s$  es igual que la resistencia del voltímetro  $R_V$ .

entonces si midiera el valor de  $E$  de forma directa tendría un error de inserción muy alto.

el método de oposición mejora esto y me permite medir  $E$  con un menor error.

a) el primer paso es ajustar la resistencia variable hasta que el galvanómetro marque cero, lo que significa que en el voltímetro se está midiendo el valor de  $E$  usando el circuito auxiliar, y por lo tanto sin error de inserción.

los errores que voy a tener en la medición serán

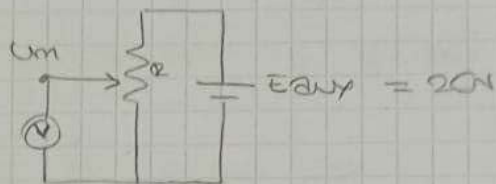
- el error fortuito del instrumento (v)
- el error de insensibilidad. (G)

el error de insensibilidad se da ya que el galvanómetro no indicará un cero absoluto.



calculo el valor de  $\Delta L$  para tener un cero como indicación del galvanómetro.

$$R = 5000 \Omega \cdot \frac{\Delta L}{30 \text{ cm}}$$



$$U_m = \frac{E_{aux}}{R} \cdot R \cdot \frac{\Delta L}{L}$$

$$U_m = E_{aux} \cdot \frac{\Delta L}{L} = 15 \text{ V}$$

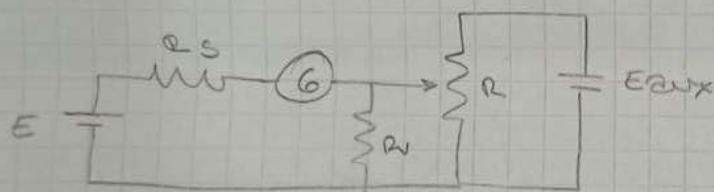
$$\Delta L = 15 \text{ V} \cdot \frac{30 \text{ cm}}{20 \text{ V}} = 22,5 \text{ cm}$$

$$R = 5000 \Omega \cdot \frac{22,5 \text{ cm}}{30 \text{ cm}} = 3750 \Omega$$

ajusto la resistencia para obtener como caída de tensión en R el valor aproximado que tiene la fuente que se quiere medir

$$E = 15 \text{ V}$$

b) error de insensibilidad



el galvanómetro indica que la diferencia de tensión es cero

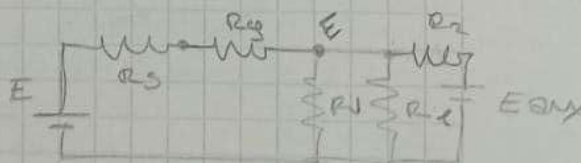
$$R_1 = 1250$$

$$R_2 = 3750$$

$$U_{ind} = E - I(R_s + R_g) - E$$

$$U_{ind} = -I \cdot (R_s + R_g)$$

→ como  $R_g \ll R_s$   
puedo aproximar  
 $U_{ind} = -I R_s$



para calcular el error de insensibilidad supongo que  $I$  es la mínima corriente que puede detectar el galvanómetro.

$$E_{insensibilidad} = - I_{ig} \cdot R_s \cdot R_s$$

$$E_{insens} = - 0,02 \mu\text{A} \cdot 0,05 \text{ div} \cdot 10 \text{ m}\Omega$$

$$|e_{insens}| = 0,01 \text{ V}$$

calculo el error fortuito del voltímetro  
a 10V

$$\varepsilon_v = \pm (0,2\% \cdot 15V + 1,0,01) = 0,04V$$

$$e_v = 0,26\%$$

el error de insensibilidad es comparable al error  
del voltímetro

∴ no lo puedo despreciar y se debe considerar  
para el error final de la medición.

$$e_{insensibilidad} = 1\% > e_v = 0,26\%$$



## Medidas Eléctricas

Curso 2023 (primer semestre) - Evaluación Parcial del Módulo A - 03/05/23

Apellido y nombre: Salbana Deluna

Alumno Nro.: 7234218

Comisión Nro.: 33

Cantidad de hojas: 3

### Unidad Temática Nro. 2

Se requiere caracterizar un rectificador trifásico contenido en un dispositivo, y para ello es necesario medir el valor medio de tensión  $V_1$ , y el valor eficaz de la componente de alterna  $V_2$  del circuito de la Fig. 1.

Para ello, un operador utiliza un multímetro HP-972A, con el esquema de medida que puede observarse en la Fig. Nro. 1, colocando el instrumento sobre una placa conductora referenciada a tierra. Los únicos bornes accesibles para realizar la medición son los a y b allí indicados. Se sabe que existe una tensión de modo común de alterna que no supera lo especificado para  $V_3$ . (Los valores estimados se encuentran expresados en valor eficaz en la Tabla 1).

- a) ¿Está de acuerdo con el instrumento elegido? ¿Puede realizar las medidas? Si Ud. Cree que para realizar esta medición necesita un instrumento de valor eficaz verdadero, y sin desacople de continua, también dispone de un HP974. Debe justificar su decisión.

Explique de forma clara y sencilla como haría esta medición, detallando modos y alcances elegidos. Analice los errores que intervienen, indicando si son despreciables o no, y acote los resultados suponiendo que el valor indicado en cada caso por el instrumento coincide con el valor estimado de la señal, utilizando propagación de errores límites.

- b) ¿Puede reducir los efectos de las señales espurias modificando algunas de las conexiones del instrumento?
- c) Un operador asegura que debe seleccionar el mayor de los alcances en todos los casos para medir adecuadamente, debido al factor de cresta. ¿Ud. qué opina?

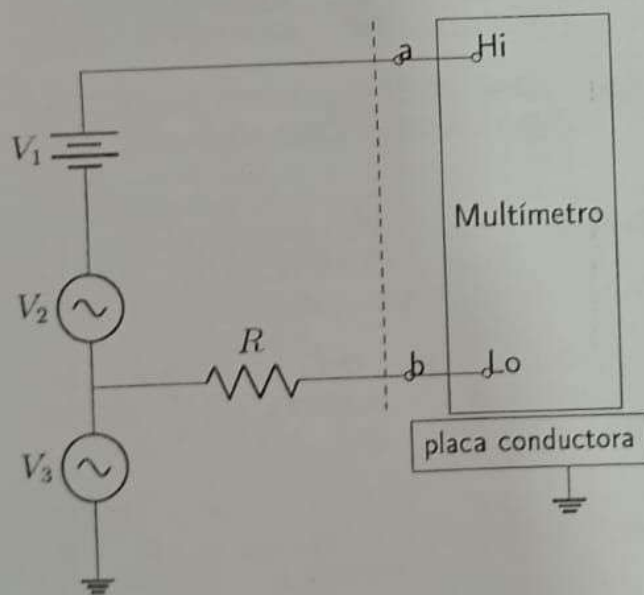


Figura Nro. 1

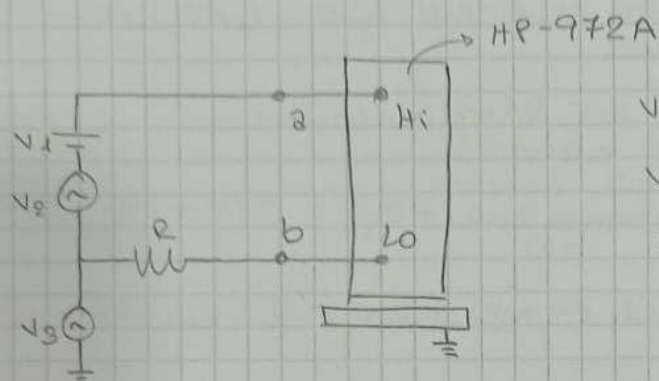
Valores			Frec.
$V_1$	440	V	DC
$V_2$	50	V	150 Hz
$V_3$	500	V	50 Hz
R	500	$\Omega$	--

Tabla 1

Nota: Si no cuenta con las especificaciones de los instrumentos puede solicitar una copia al docente.

U2

medir  $\rightarrow$  valor medio de tensión  $V_1$   
 $\rightarrow$  valor eficaz de la componente de  
 alterna  $V_2$



$$V_1 = 440V$$

$$V_2 = 50V \quad 150Hz$$

$$V_3 = 500V \quad 150Hz$$

$$R = 500\Omega$$

2) el instrumento elegido en su función de  
 voltímetro es un instrumento basado en  
 valor medio.

este instrumento mide la tensión eficaz  
 calculando el valor medio y multiplicándolo  
 por un factor de forma de onda, este  
 FFO es el de una onda sinusoidal.

en este caso se necesita medir una onda  
 sinusoidal, por lo tanto no existirá error  
 por forma de onda.

$\Rightarrow$  el instrumento es correcto y se puede realizar  
 las medidas pedidas.

un instrumento de valor verdadero sería  
 más adecuado que el de valor medio si  
 la señal a medir no fuera sinusoidal.

el momento de medir la tensión alterna  
 más la continua mide con un menor  
 error si lo hago por separado ~~(X)~~ NO GENERALIZAR

primero mide DC y luego AC, ya que  
 si quiero medir AC+DC tendré un  
 mayor error.

en este caso se desea medir la tensión  
 continua de  $V_1$  y la tensión alterna de  $V_2$



entonces no sería necesario medir  $AD+DC$ . ✓

1<sup>ro</sup> medir el valor medido de tensión  $V_1$

$$V_1 = 440V$$

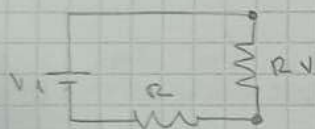
uso el voltímetro en modo DC ✓  
con un alcance de 600V

en esta primera parte tendremos que considerar los siguientes errores

- error fortuito del instrumento.
- error de modo normal
- error de modo común
- error de inserción

$$E_v = \pm(0,2\% \cdot 440V + 1,1) = \pm 1,88V \checkmark \rightarrow e_v = 0,43\%$$

error de inserción



$$U_{ind} = \frac{V_1}{R_v + R} \cdot R_v$$

$$R_v = 10M\Omega$$

$$e_{insercion} = \frac{U_{ind} - V_1}{V_1} = \frac{U_{ind}}{V_1} - 1$$

$$e_{insercion} = \frac{R_v}{R_v + R} - 1 = \frac{R_v - R_v - R}{R_v + R} = \frac{-R}{R_v + R}$$

$$e_{insercion} = \frac{-500\Omega}{10M\Omega + 500\Omega} = -0,00005 \checkmark$$

$$e_{insercion} = -0,005\% \checkmark$$

Para ver si puedo despreciar este error lo comparo con el error fortuito del voltímetro, ya que este es el menor error con el que puedo medir.

$$e_{insercion} = -0,005\% < \frac{e_v}{10} = 0,043\% \checkmark$$

como se cumple que  $e_{insercion} < \frac{e_v}{10}$  ✓

se puede despreciar este error.

error de modo normal

$$NMRR > 60 \text{ dB} \rightarrow 20 \log \left( \frac{V_{2 \text{ max}}}{F_{\text{vista}}} \right) = 60 \text{ dB}$$

$$(*) \quad F_{\text{vista}} = \frac{V_{2 \text{ max}}}{10^3} = \frac{50 \sqrt{2}}{10^3}$$

$$F_{\text{vista}} = 0,07 \text{ V}$$

$$\text{como } F_{\text{vista}} = 0,07 \text{ V} < \frac{E_U}{10} = 0,188 \text{ V}$$

se puede despreciar este error

error de modo común.

uso el rechazo de modo común efectivo ya que la señal de modo común es una alterna y yo estoy midiendo una tensión continua.

$$ECMRR > 120 \text{ dB}$$

$$\text{con } I_{\text{UE}} \text{ de } 10 \text{ mV} \quad 20 \log \left( \frac{V_{3 \text{ max}}}{F_{\text{vista}}} \right) = 120 \text{ dB}$$

$$10 \text{ mV} \rightarrow 0,0007 \text{ V} \quad F_{\text{vista}} = \frac{V_{3 \text{ max}}}{10^6} = \frac{500 \sqrt{2}}{10^6}$$

$$500 \text{ mV} \rightarrow 0,00035 \text{ V}$$

$$F_{\text{vista}} = 0,0007 \text{ V}$$

$$F_{\text{vista}} = 0,00035 \text{ V} < \frac{E_U}{10} = 0,188 \text{ V}$$

→ se puede despreciar el error.

al medir continua mido solo con el error fortuito del instrumento

$$V_1 = (440 \text{ V} \pm 2) \text{ V}$$

(\*) la hoja de datos me dice que el rechazo es mayor a 60 dB para frecuencias de 50 o 60 Hz, pero puedo usar el dato aunque  $V_2$  es de 150 Hz ya que 150 Hz es múltiplo de 50 Hz → se que en 150 Hz el rechazo será mayor que 60 dB. por esto puedo usar el dato especificado en la hoja.



2do modo el valor en c.a. de la tensión  $V_2$

$$V_2 = 50V$$

uso el voltímetro en modo AC  
(condensador de continua)  
en el alcance de 400V

errores que podrían estar presentes en la medición

- error fortuito del instrumento.
- error de inserción
- error de modo común.

399,9

$$E_U = \pm (0,5\% \cdot 50V + 2 \cdot 0,1) = 0,45V \quad e_U = 0,9\%$$

el error de inserción será el mismo que el calculado para la medición de continua. ya que la  $R_U$  es la misma en este caso.

$$e_{\text{inserción}} = -0,005\%$$

$$e_{\text{inserción}} = 0,005\% < \frac{e_U}{10} = 0,09\% \quad \checkmark$$

se puede despreciar el error de inserción

error de modo común.

en este caso se usa el rechazo a perturbaciones de modo común, por que ahora se mide tensión alterna

$$CMRR > 60dB$$

con  $1k\Omega$  de desbalance en  $10V$

$$\rightarrow 20 \log \left( \frac{V_{2\text{max}}}{F_{\text{vista}}} \right) = 60dB$$

$$1k\Omega \rightarrow 0,7V$$

$$F_{\text{vista}} = \frac{V_{2\text{max}}}{10^3} = \frac{500 \sqrt{2}}{10^3}$$

$$500\Omega \rightarrow 0,35V$$

$$\rightarrow F_{\text{vista}} = 0,35V \quad \checkmark$$

$F_{\text{vista}} = 0,35V$  es comparable con  $E_U = 0,45V$

∴ no se puede despreciar el error.

el error de modo común es un error sistemático, no es correcto sumar errores fortuitos con errores sistemáticos. Por esto detallo el resultado de la medición indicando los errores por separado

$$V_2 = (50,0 \text{ V} \pm 0,5 \text{ V})$$

con un error sistematico de  $0,35 \text{ V}$

si es necesario dar una cota de error se podria agrandar el error sumando el sistematico

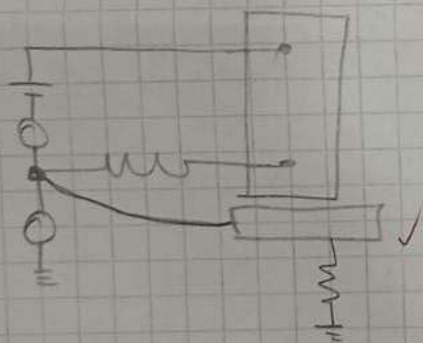
siendo el resultado  $V_2 = (50,0 \pm 0,9) \text{ V}$

aunque no es lo ideal

$$E_{V_2} = \pm 0,5 \text{ V} + 0,35 \text{ V} = \pm 0,9 \text{ V}$$

si se quisiera desafectar el error de la señal de modo comun se podria usar un instrumento con un mayor rechazo.

b) se podria modificar el efecto de la señal de modo comun conectando la placa conductora como se muestra en el grafico



pero en este caso se indica que los unicos bornes accesibles para realizar la medicion son a y b, por lo tanto no se podria reducir el efecto de la señal de modo comun de esta manera.

se podria medir la tension dando vuelta las puntas y tener ahora el desbalance en el borne H<sub>i</sub> para reducir el efecto de la señal comun

pero no se puede desafectar el error de esta manera, solo se podria reducir.

aunque en la hoja de datos no se detalla cual es el rechazo con el desbalance en H<sub>i</sub> por lo tanto no se podria calcular exactamente la f.vista por el instrumento.



c). como en este caso se llevaron a cabo las mediciones con el multímetro HP-972A que es un instrumento basado en el valor rms, no es un impedimento el factor de cresta que tenga el instrumento.

debemos tener en cuenta el FC al momento de elegir el alcance si usara un voltímetro de valor verdadero.

