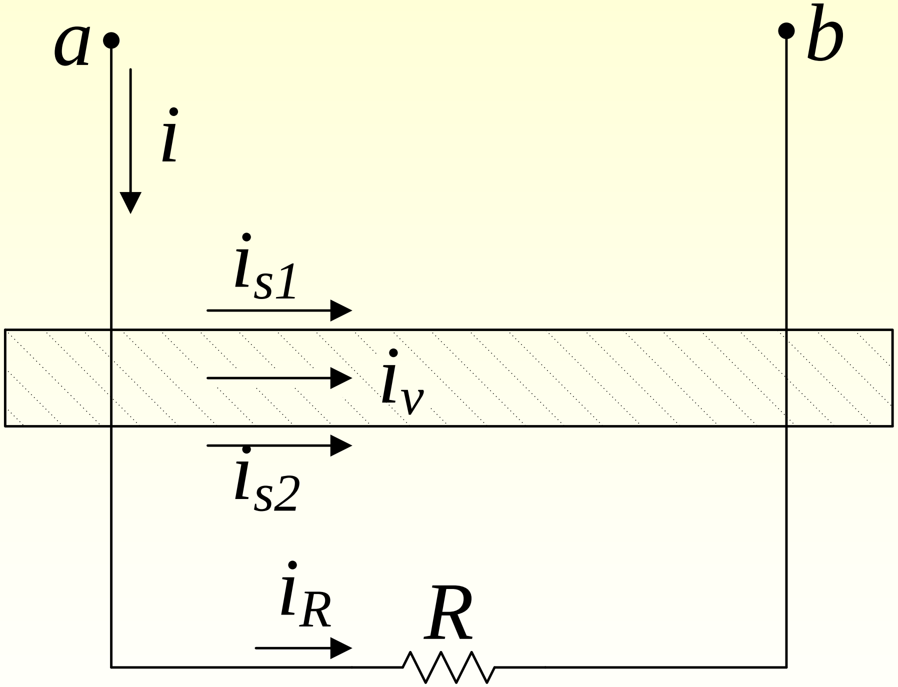
RESISTORES DE MUY ALTO VALOR

Resistencia R a medir montada en su soporte aislante



Vemos que por los bornes *a* y *b, además de la corriente* I_R *circulan otras, que van por el aislante.*

- Podemos definir:
- **resistencia de superficie**:

$$R_s = \frac{U}{\left(i_{s_1} + i_{s_2}\right)}$$

- **de volumen**:

$$R_v = \frac{U}{i_v}$$

- **resistencia de aislación**

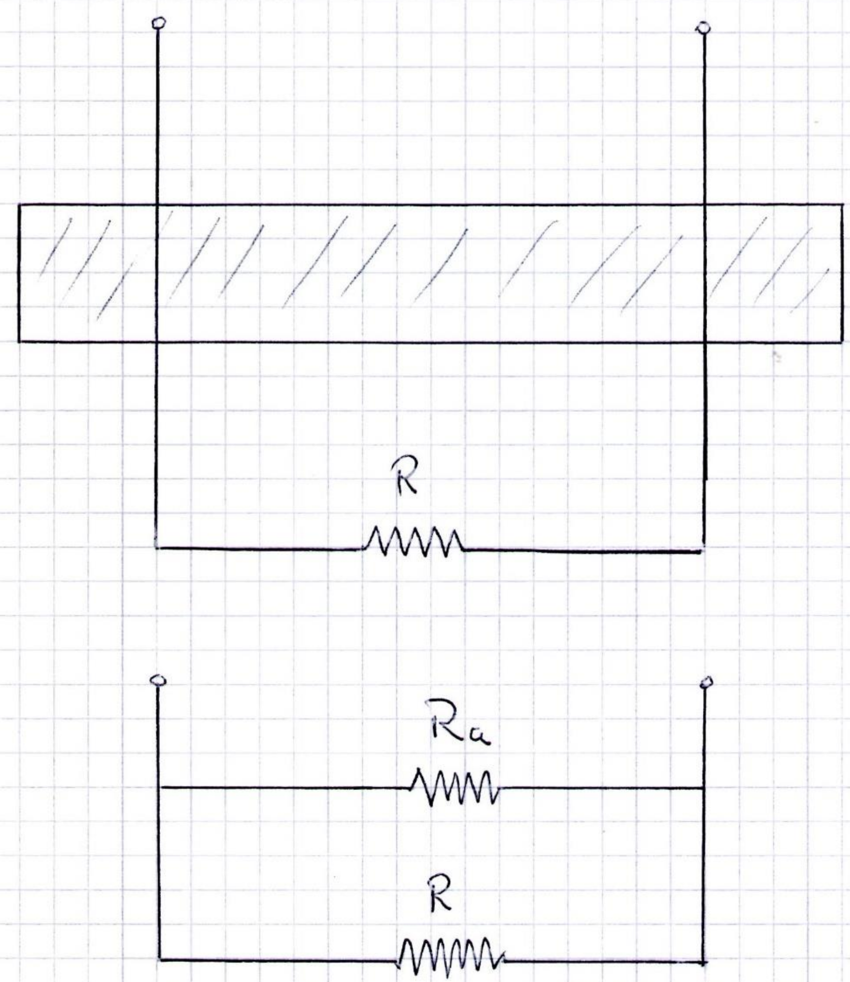
$$R_a = \frac{U}{\left(i_{s_1} + i_{s_2} + i_v\right)} = \frac{U}{i_a}$$

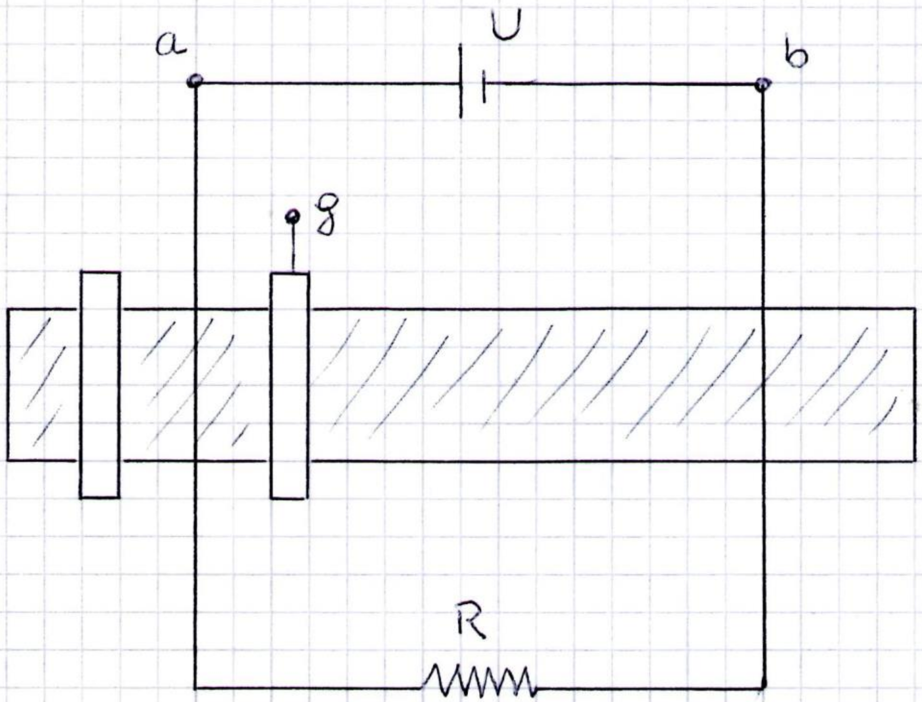
- Si no se toma ningún recaudo, la medición desde los bornes a y b dará como resultado:

$$Rm = \frac{U}{(i_R + i_a)} = R // Ra$$

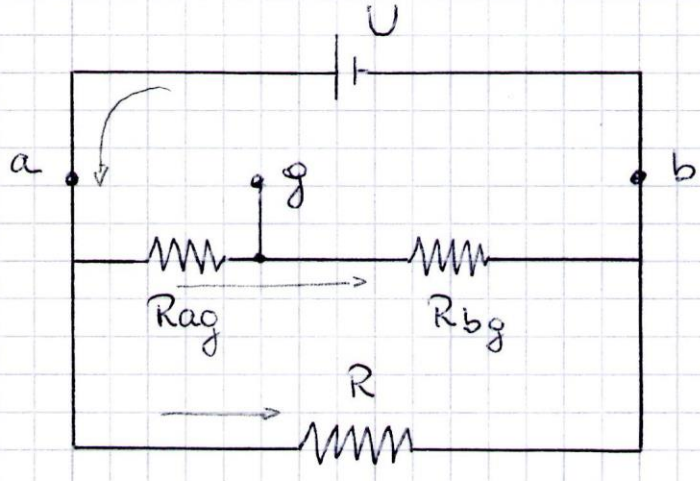
- esto acarrea un error sistemático dado por:

$$eR = -\frac{R}{(R + R_a)}$$

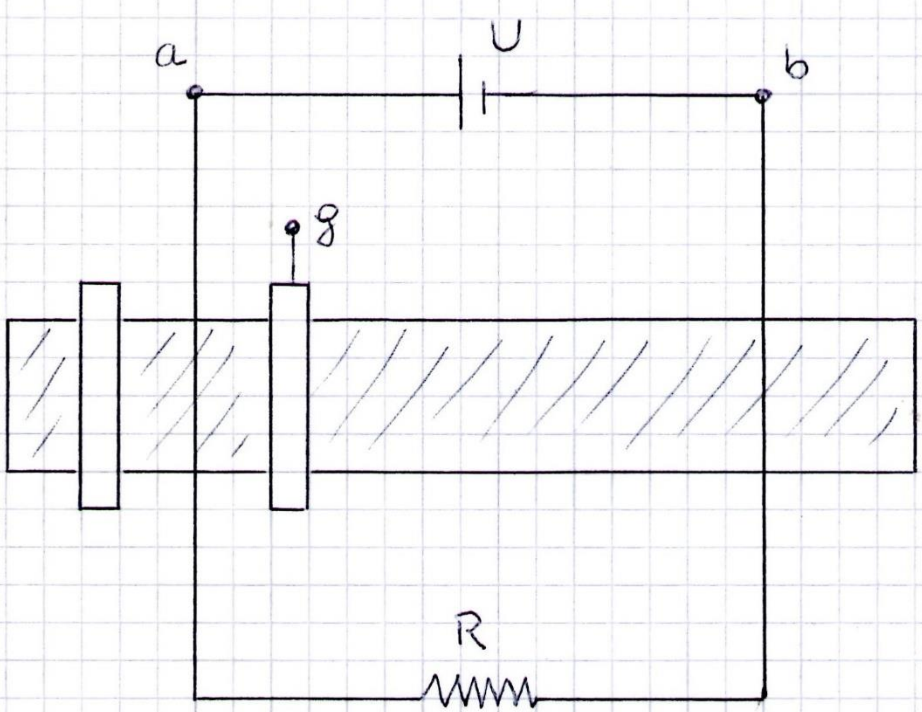

R
Ra
R



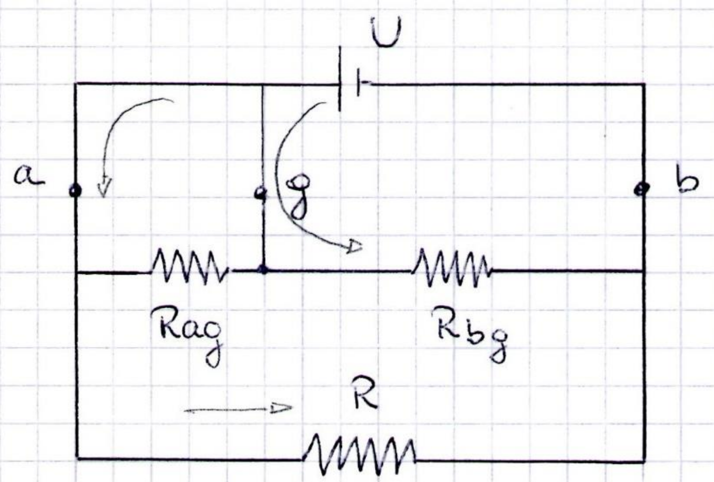
a
U
b
g
R



U
a
g
b
Rag
Rbg
R

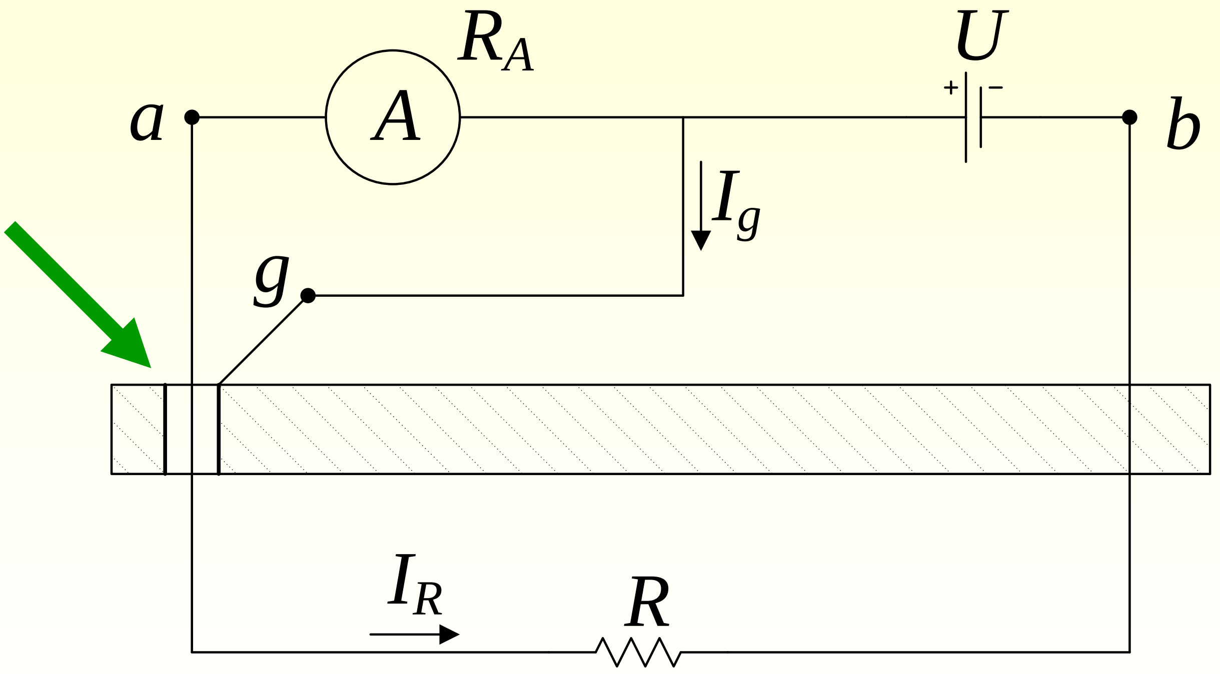


a
U
b
g
R



U
a
g
b
Rag
Rbg
R

Como podemos mejorar el problema presentado?



Ejemplo

Sea una resistencia de 50 MΩ, montada en un material aislante que presenta una resistencia de aproximadamente 5000 MΩ.

¿Se trata de una resistencia de dos o tres terminales?

Para contestar tal pregunta, se hace necesario definir el error con que se necesita conocer a R.

Supongamos que necesitamos conocer la resistencia con un error del ±10%.

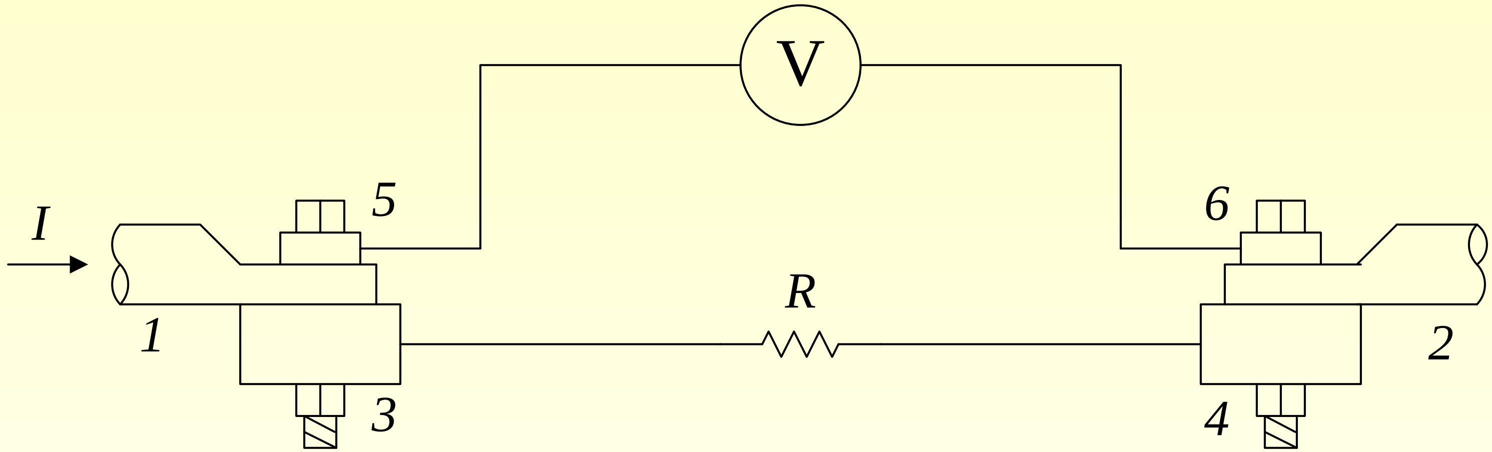
Dado que en la medición existirá un error sistemático, y que sabemos que sabemos que lo podemos despreciar cuando su valor absoluto es menor que el fortuito dividido diez, lo calculamos:

$$e_R = -\frac{50}{50 + 5000} . 100 = -1\%$$

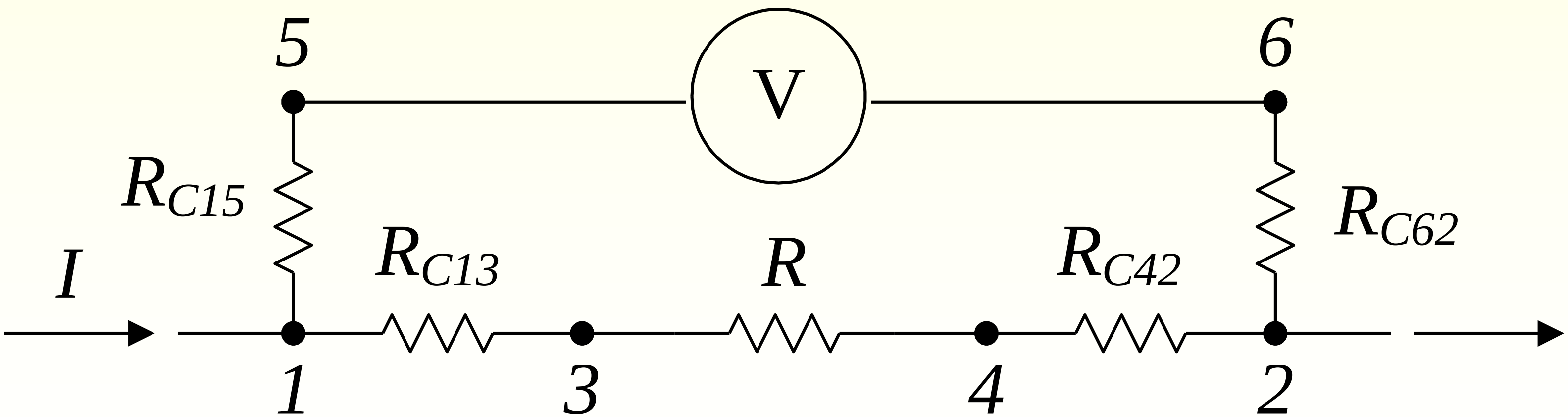
$$|e_s| \ll |e_R|$$

Se trata de una resistencia de dos terminales

Resistores de muy bajo valor



disposición física



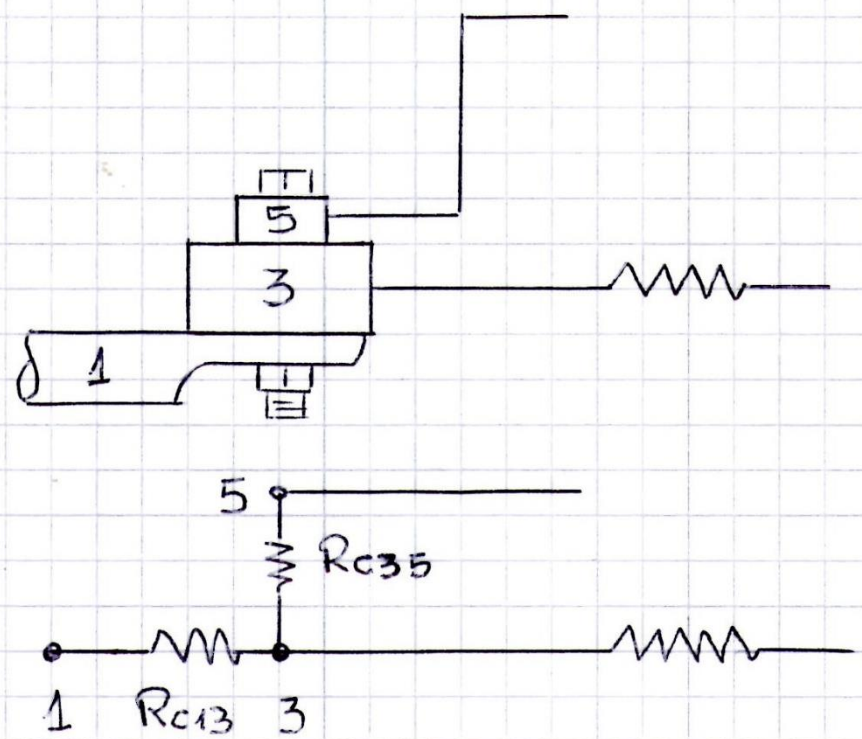
circuito equivalente

- Si no se toma ningún recaudo, la medición desde los bornes 1 y 2 dará como resultado:

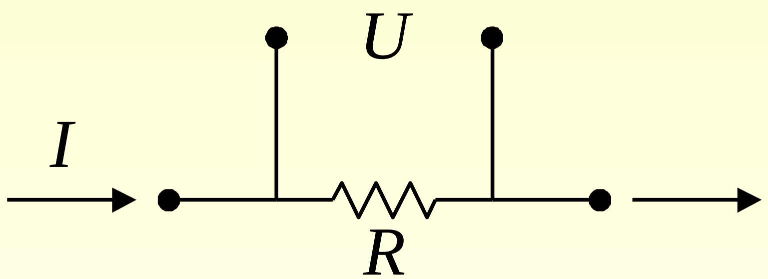
$$Rm = Rc13 + R + Rc42$$

- esto acarrea un error sistemático dado por:

$$eR = \frac{Rc13 + Rc34}{R}$$

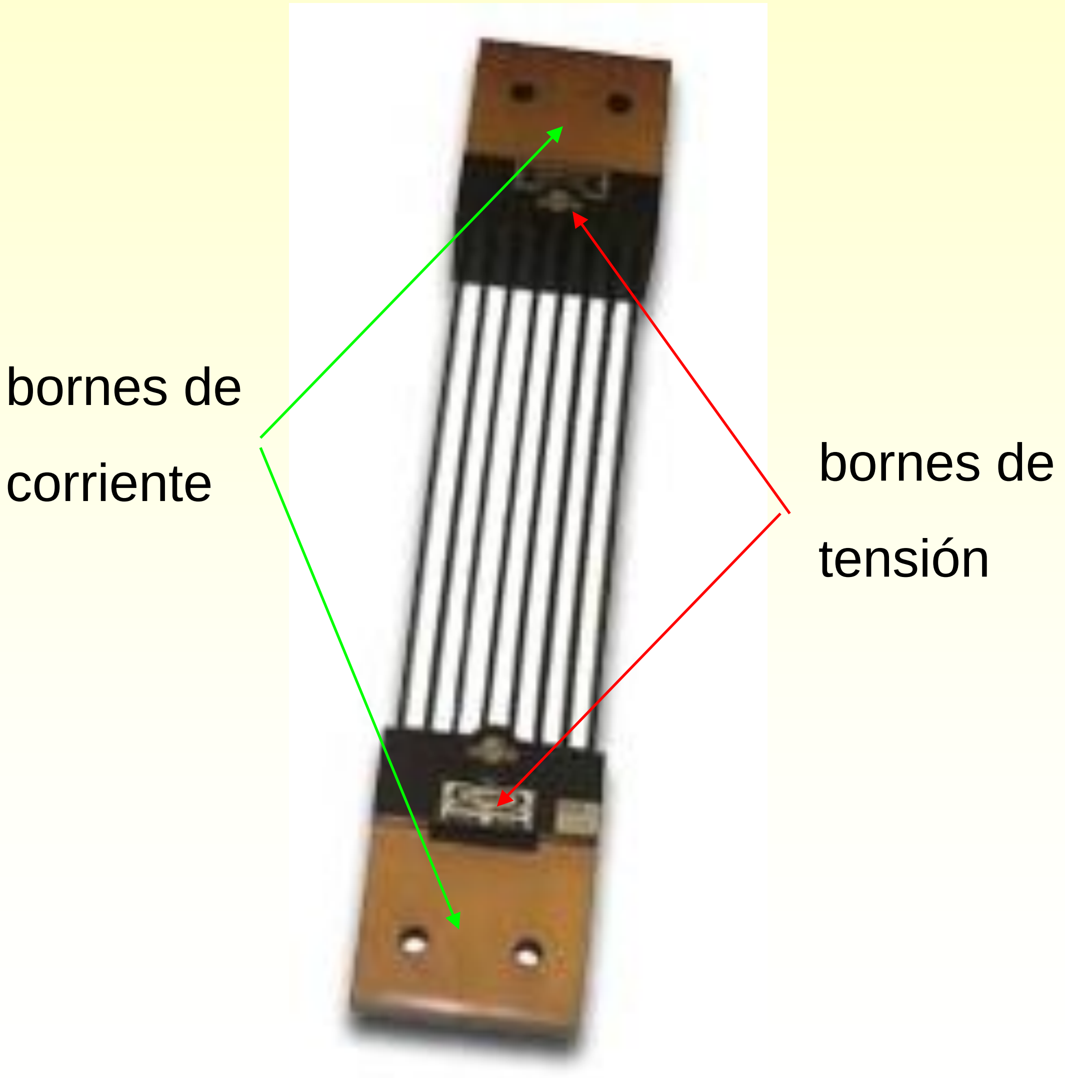

5
3
1
5
Rc35
1
Rc13
3

- Símbolos utilizados para dibujar una resistencia de 4 terminales

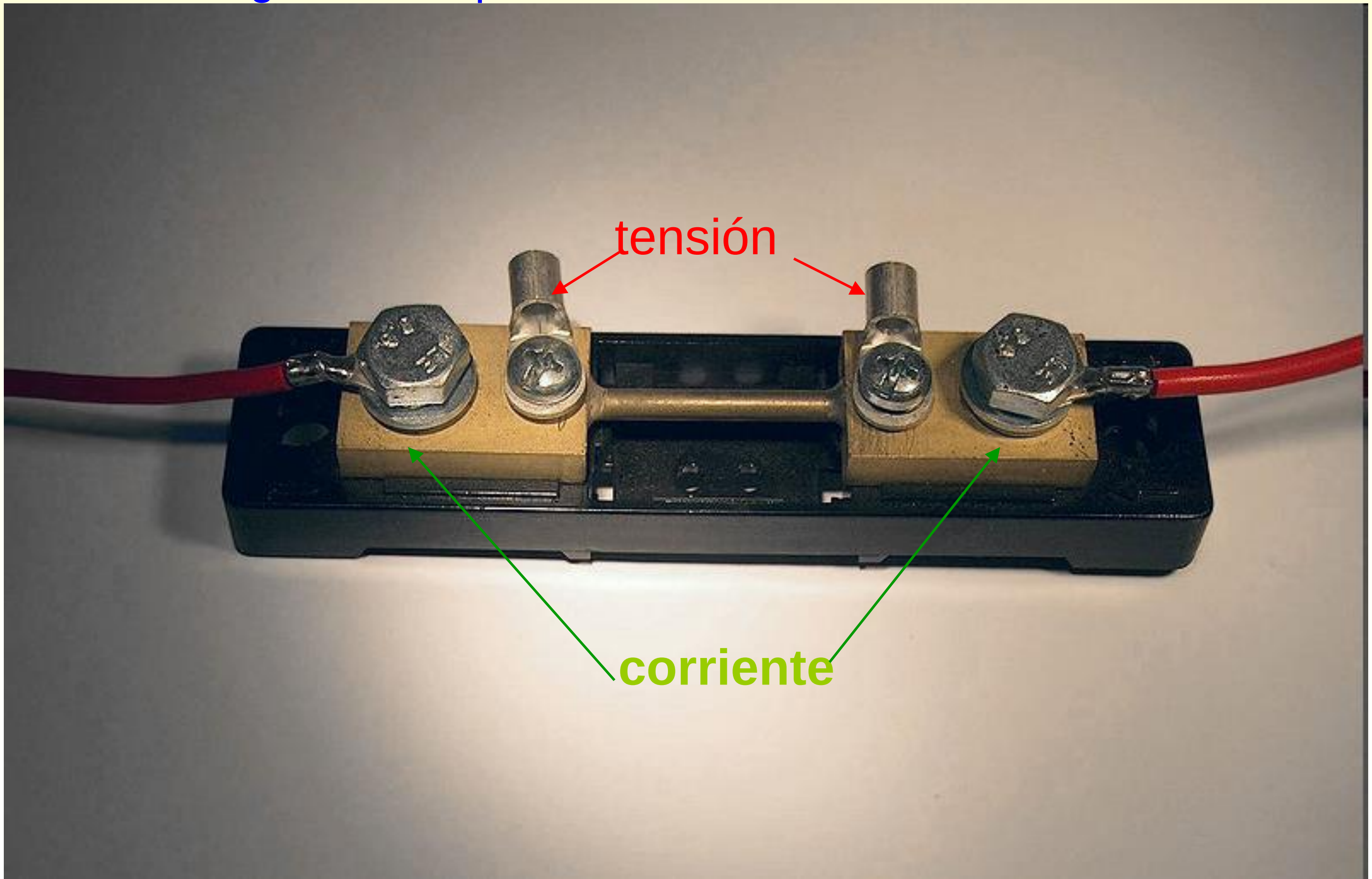


bornes separados

- Solución: Construir cuatro terminales, de modo de poder eliminar el efecto de las resistencias de contacto, como se aprecia en la siguiente fotografía de un resistor real de bajo valor (derivador).
- En el caso aquí presentado se los provee de fábrica. En otros los deberá construir el usuario



Si bien puede demostrarse teóricamente que los bornes de tensión y corriente pueden ser intercambiables, en la práctica, en los dispositivos ya construidos no sucede así, en virtud de que los de corriente están previstos para manejar valores altos de la misma y los de tensión sólo las pequeñas intensidades requeridas por los circuitos voltimétricos, como se aprecia en el siguiente esquema



Resumiendo:

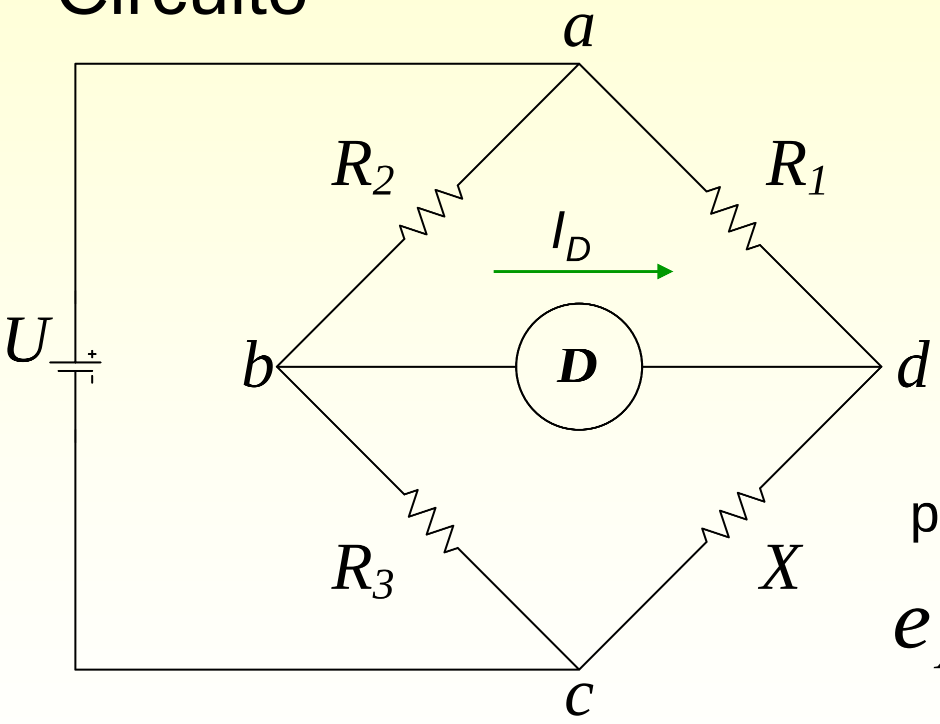
- R < algún Ω : 4 terminales
- …10 Ω < R < algún $M\Omega$: 2 terminales
- …algún $M\Omega$ < R : 3 terminales

Resistores de valores no muy bajos o normales, pero de alta exactitud, pueden requerir 4 terminales

Otros métodos de medición de resistencias.

Puente de Wheatstone

Circuito



Es un *método de cero, y como tal participa de todas sus ventajas.*

Si $I_D = 0$:

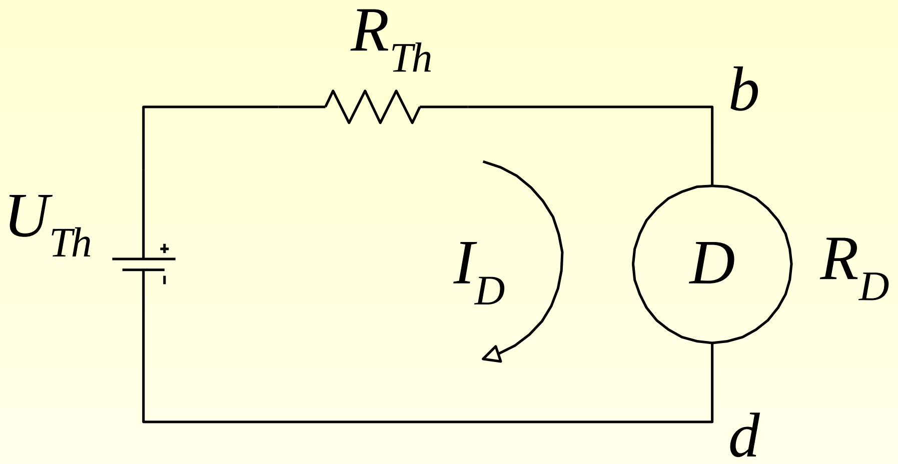
$$R_1 * R_3 = R_2 * X$$

$$X = \frac{R_1}{R_2} * R_3$$

por lo que el error límite:

$$e_X = \pm(e_{R_1} + e_{R_2} + e_{R_3} + e_i)$$

Aparece un nuevo error, típico de los métodos de cero, el ***error de insensibilidad,*** provocado por la incertidumbre en el valor real de resistencia que provoca un cero en el detector. Para su cálculo, aplicamos el teorema de Thévenin en bornes del detector



$$U_{Th} = \frac{U * R_2 * \Delta X}{(R_1 + X) * (R_2 + R_3)}$$

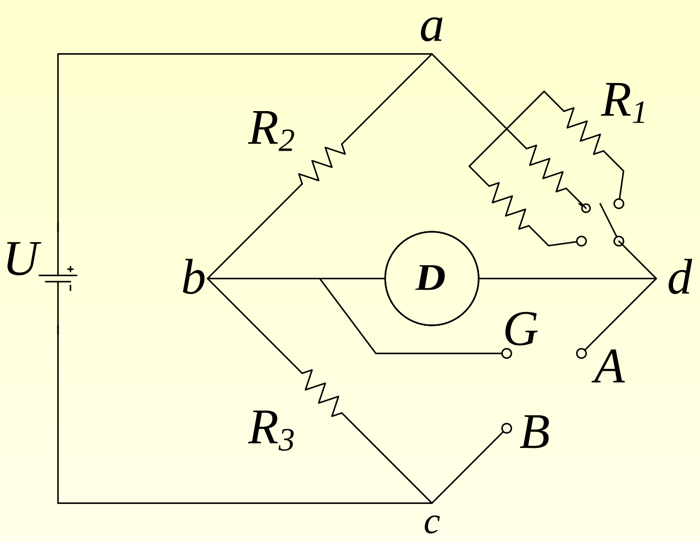
$$R_{Th} = \frac{R_1 * X}{(R_1 + X)} + \frac{R_2 * R_3}{(R_2 + R_3)}$$

$$I_D = \frac{U * R_2 * \Delta X}{(R_1 + X) * (R_2 + R_3) * (R_D + R_{Th})}$$

En el límite, cuando $I_D \longrightarrow \Delta_{0ID}$; $\Delta_X \longrightarrow \Delta_{Xi}$ *, a partir de la cual se puede calcular el error relativo de insensibilidad*

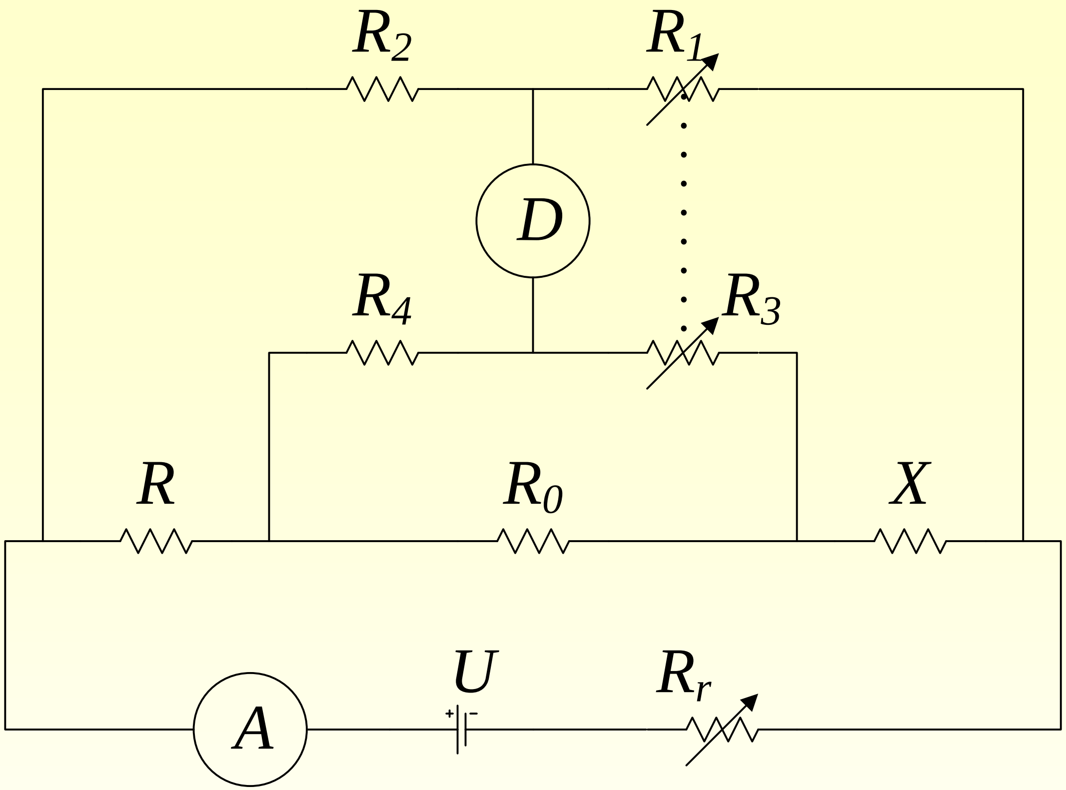
$$e_i = \frac{(\Delta X)_i}{X} = \frac{\Delta_0 I_D * (R_1 + X) * (R_2 + R_3) * (R_D + R_{Th})}{U * R_2 * X}$$

Adaptaciones del puente de Wheatstone para medición de resistencias de valores extremos



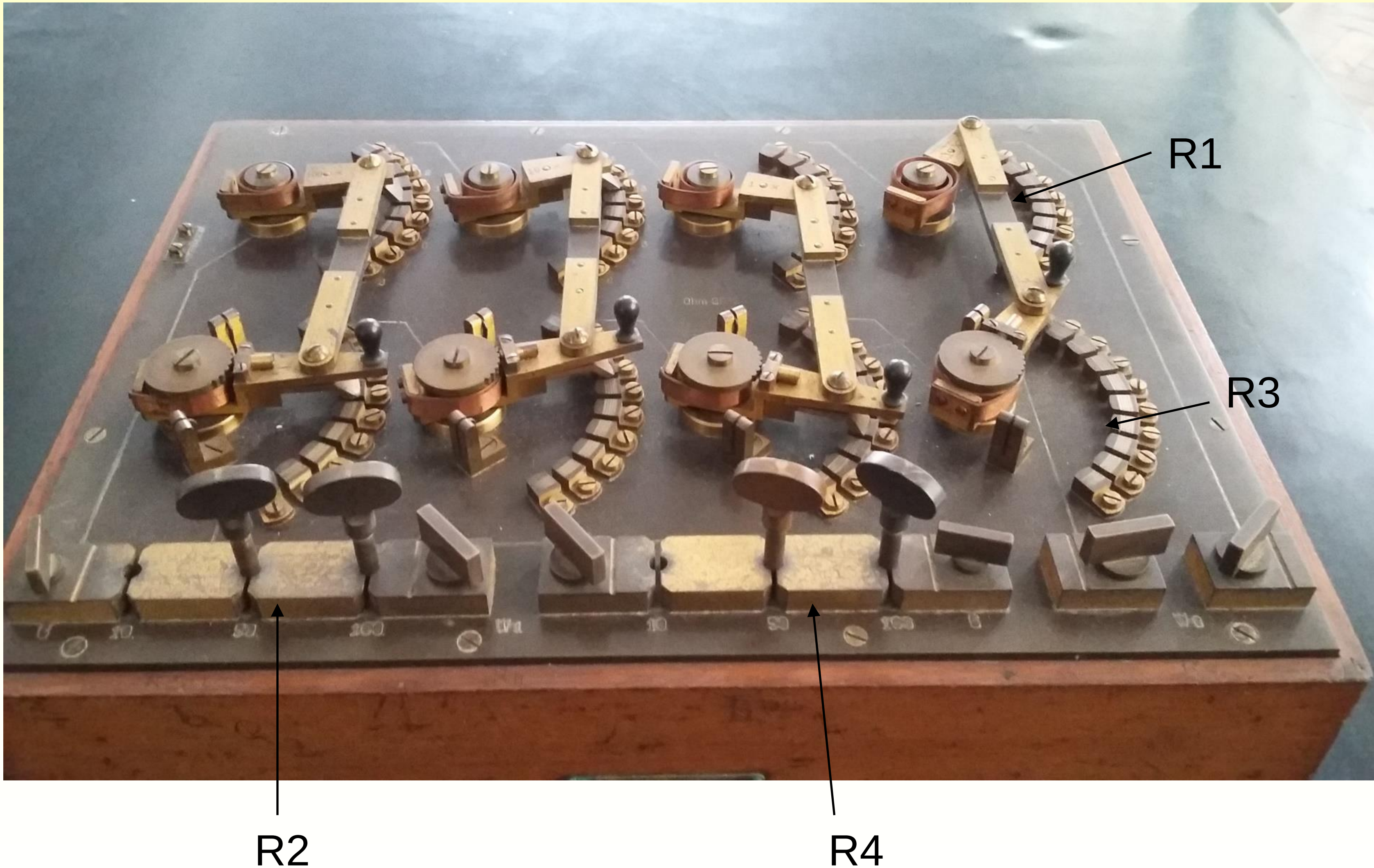
Puente megóhmetro

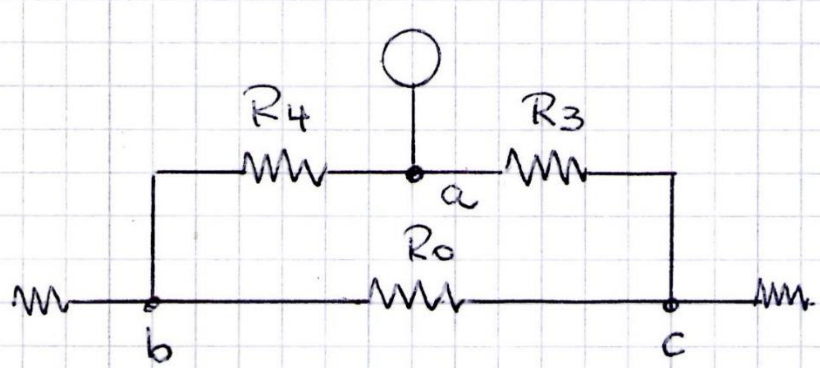
Es una adaptación del anterior para medir resistores de muy alto valor. Se aprecia la colocación del necesario terminal de guarda, y la configuración de los resistores de modo de poder lograr que el producto de las R de brazos opuestos sea lo más grande posible, lo que obliga a usar R fijas en algunas ramas

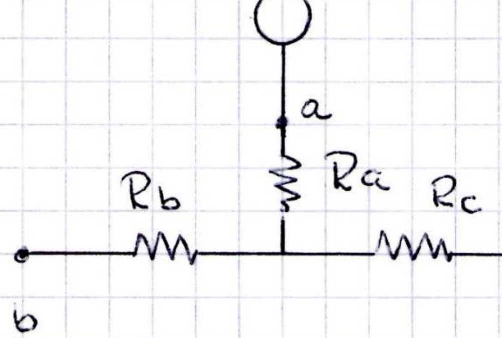


Circuito final

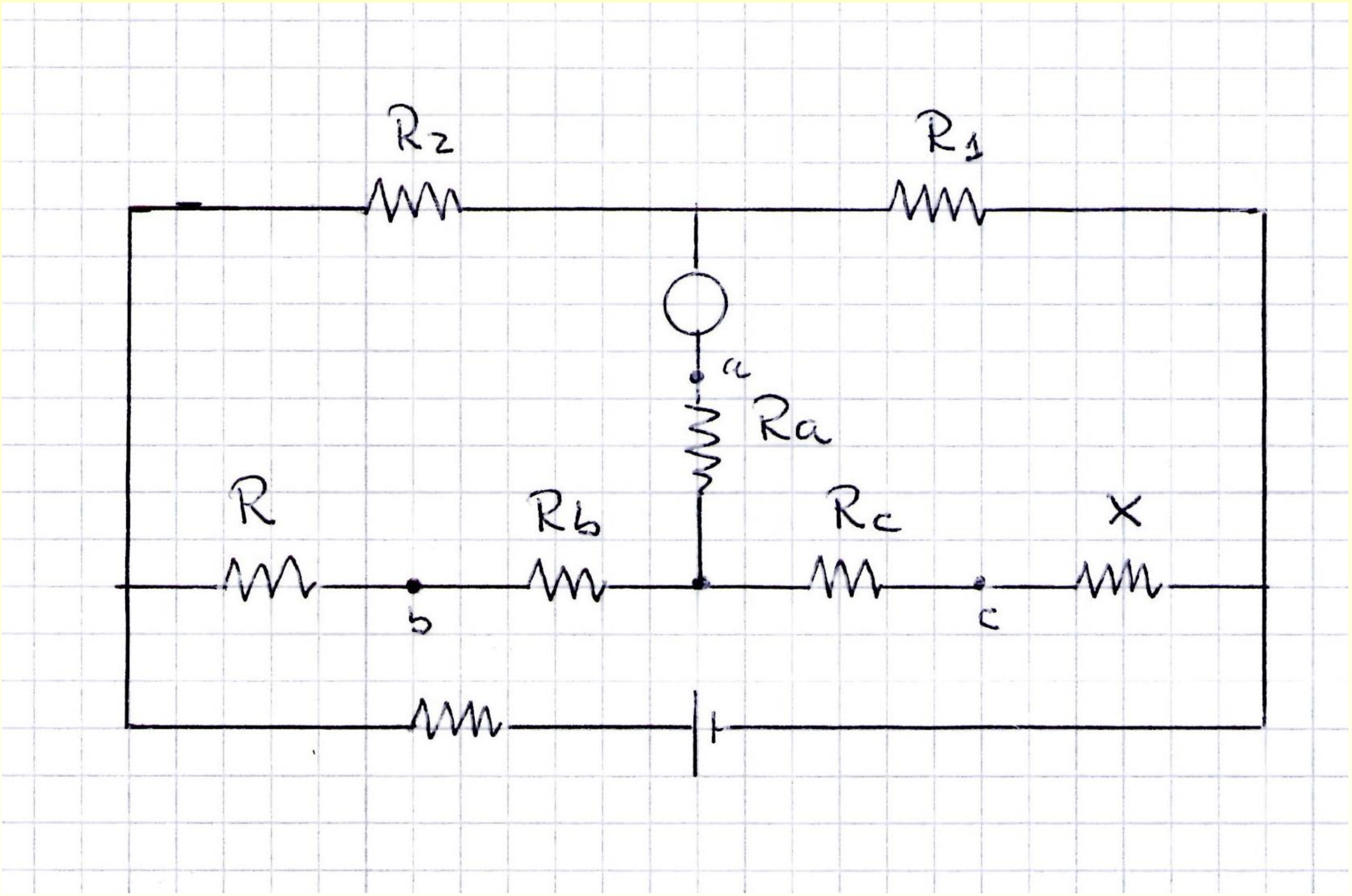
$$donde\ R_2 = R_4\ y\ R_1 = R_3$$


R1
R3
R2
R4


R4
R3
a
Ro
b
c


a
Ra
Rb
Rc
b
c

- $R_a + R_b = \frac{R_4\ (R_3+R_0)}{R_4+R_0+R_3}$
- $R_a + R_c = \frac{R_3\ (R_4+R_0)}{R_4+R_0+R_3}$
- $R_b + R_c = \frac{R_0\ (R_3+R_4)}{R_4+R_0+R_3}$

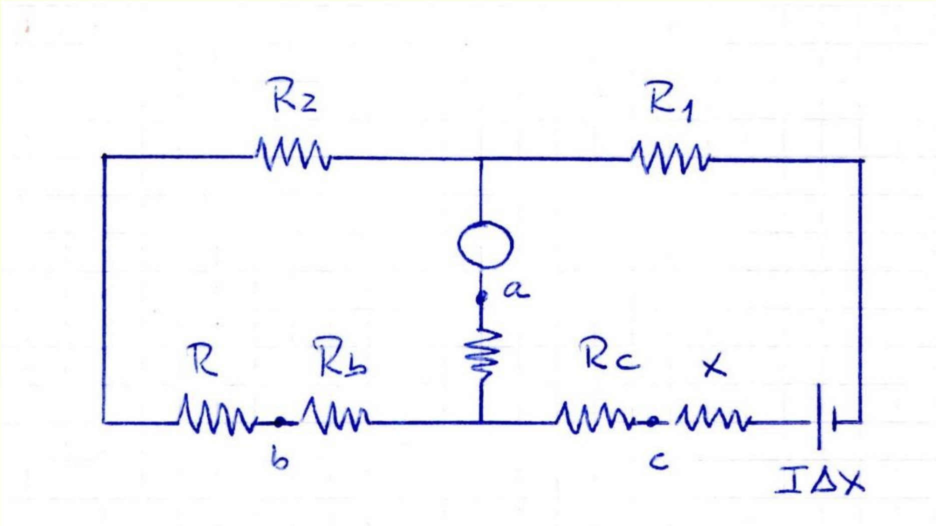


- $(R_c+X)R_2 = R_1(R + R_b)$

- $X = \frac{R_1}{R_2} * R + R_0 * \frac{R_4}{R_0+R_3+R_4} * \left(\frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4}\right)$
- $Como\ R_1 = R_3\ y\ R_2 = R_4$
- $X = \frac{R_1}{R_2} * R$
- $En\ realidad\ R_1 = R_3\ y\ R_2 = R_4\ son\ iguales\ solo$
- $nominalmente$
- $entonces$
- $X = \frac{R_1}{R_2} * R + E$
- $Aparece\ entonces\ el\ error\ de\ acoplamiento$
- $e_a = \pm \frac{E}{X} * 100$

- $Para\ encontrar\ su\ expresión$
- $\frac{R_1}{R_2} - \frac{R_3}{R_4} = \frac{R_{1n}(1+e)}{R_{2n}(1-e)} - \frac{R_{3n}(1-e)}{R_{4n}(1+e)} = \frac{R_{1n}}{R_{2n}} \frac{4e}{(1-e^2)}$
- $e_a = 4e\frac{R_0}{(X+R)}100$

Al tratarse de una fuente de corriente constante, en el equilibrio, la variación de corriente en el detector, debido a una variación de resistencia ΔX , se puede pensar como debido a una fuente de tensión igual a $I.\Delta X$



$$R_p = (R_{2+}R + R_b)paralelo\ (R_a + R_d)$$

$$\Delta I_d = \frac{I.\Delta X}{R_p + R_c + R_1 + x} . \frac{R_p}{R_a + R_d}$$

Error de insensibilidad

- $$\frac{\Delta X}{X} = \frac{\Delta_0 I_d.(R_g + 2R_1//R_2)}{I.X} \frac{(R_2 + R_1)}{R_2}$$