

Transformadores de Medida

Transformadores destinados a alimentar instrumentos de medida, registradores, etc.

- ✓ La relación de división de corrientes o tensiones es, a los fines prácticos y dentro de ciertos límites, independiente de la frecuencia.
- ✓ Permiten efectuar mediciones con varios instrumentos simultáneamente (a pesar de que el consumo de los mismos sea importante).
- ✓ Pueden hacerse medidas a distancias considerables.
- ✓ En instalaciones de tensiones elevadas, brindan separación galvánica entre el circuito de potencia y los instrumentos.

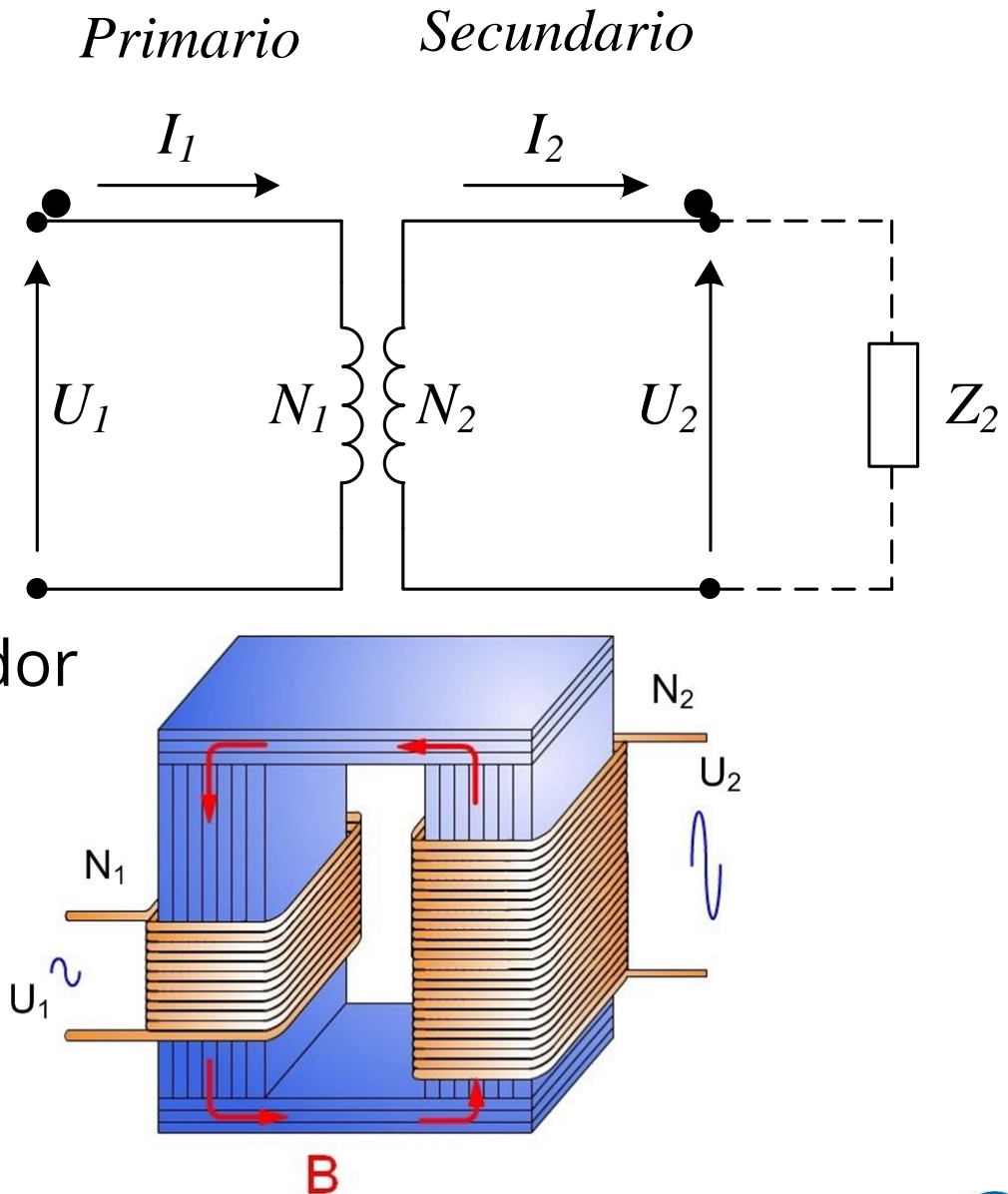
Datos Básicos de Funcionamiento

Primario: circuito por el que se excita al transformador

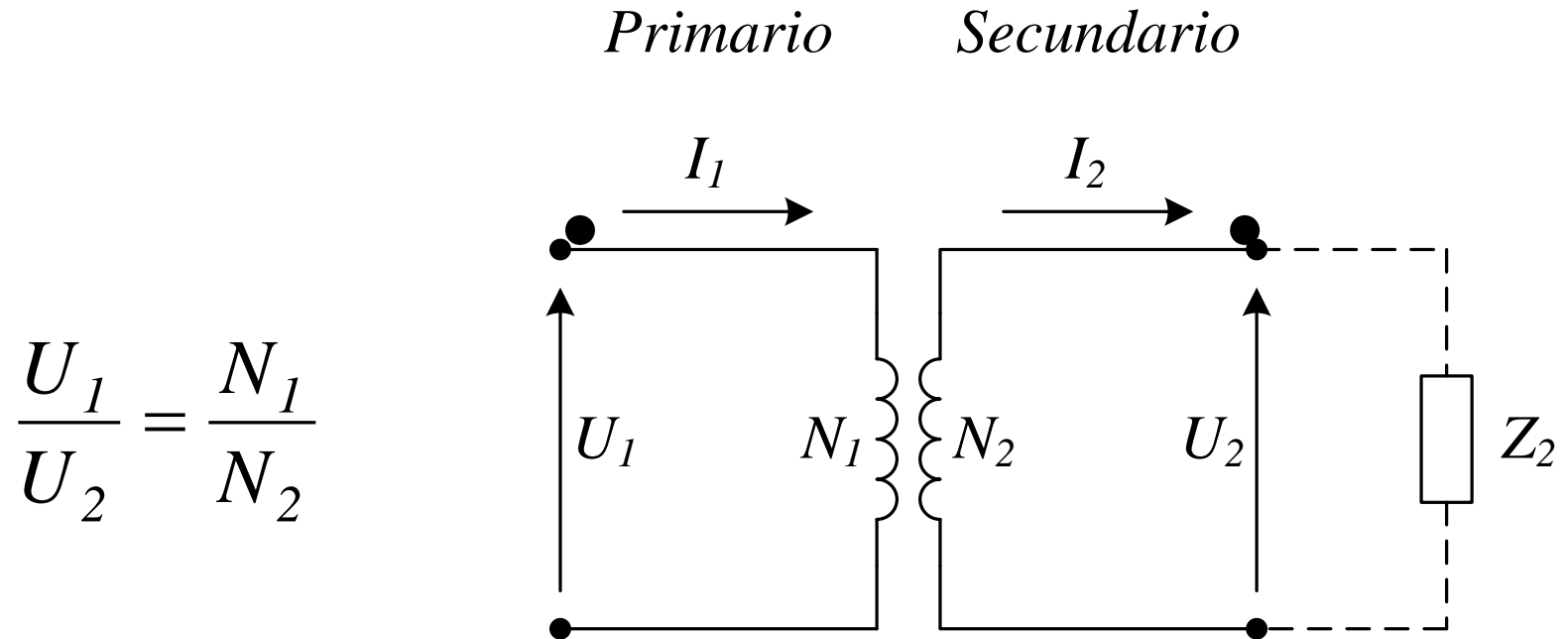
Secundario: circuito que alimenta a las cargas conectadas al transformador

$$S = U_1 * I_1 = U_2 * I_2$$

$$N_1 * I_1 = N_2 * I_2$$



Datos Básicos de Funcionamiento

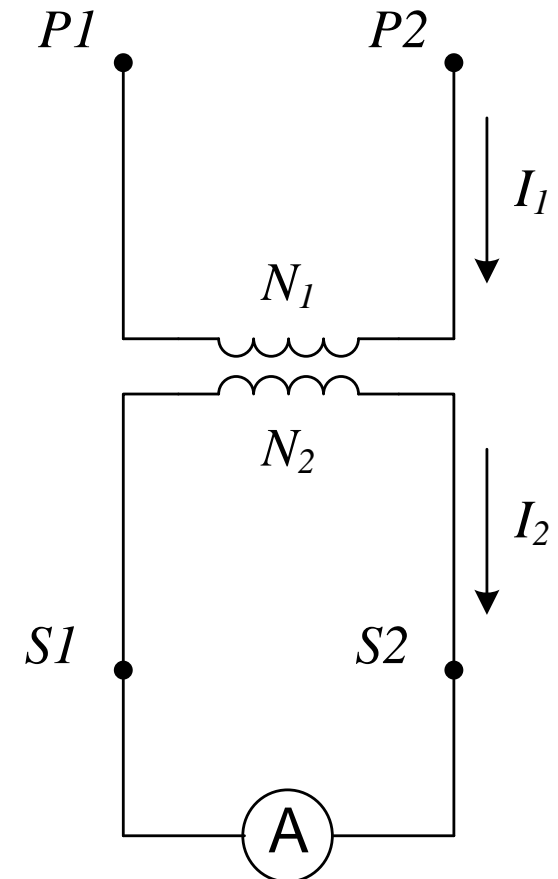
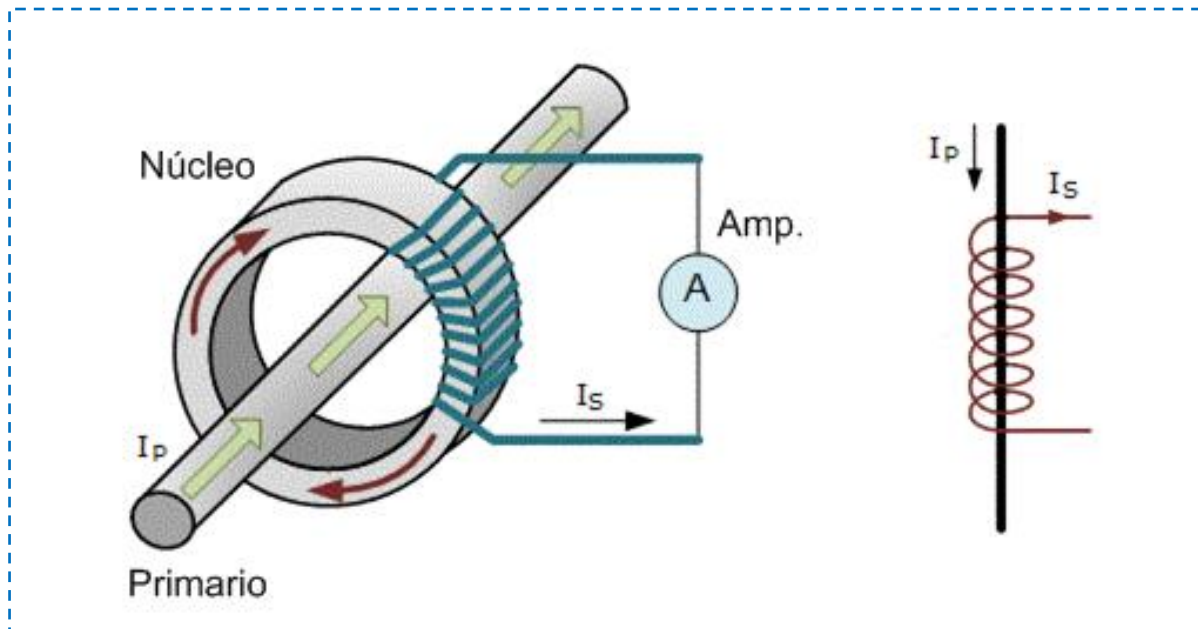


$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{U_1}{U_2} = k_U$$

$$\frac{I_1}{I_2} = k_I$$

Transformadores de Corriente (TA o TI)



$P1$ y $S1$ (al igual que $P2$ y $S2$): bornes homólogos

Transformadores de Corriente (TA)

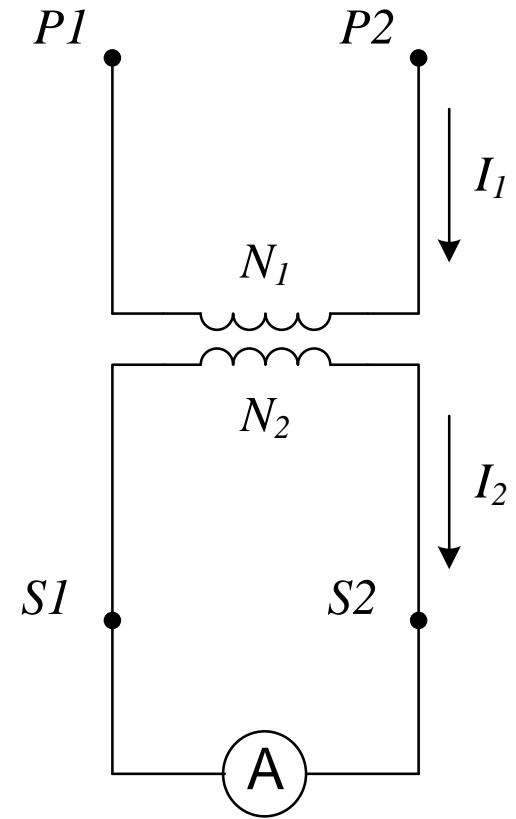
I_{1n} : Corriente Primaria Nominal

I_{2n} : Corriente Secundaria Nominal
(valores más comunes: 1 y 5 A)

$\frac{I_{1n}}{I_{2n}} = k_{I_n}$: Relación Nominal

c : Clase de Exactitud

S_n : Prestación o Potencia Nominal

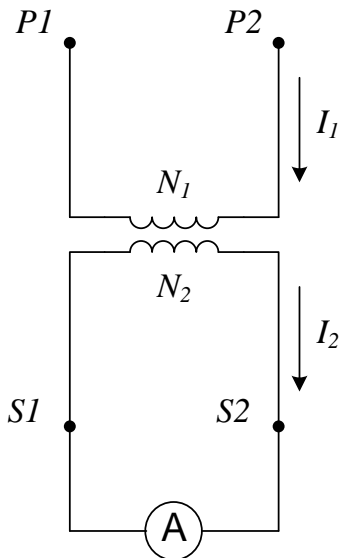


$P1$ y $S1$ (al igual que $P2$ y $S2$):
bornes homólogos

Errores de los TA

- \mathbf{B} no es una función lineal (corriente de magnetización)
- Pérdidas por histéresis, corrientes de circulación y efecto Joule en los arrollamientos ($I^2.R$)
- Flujo de dispersión (pérdidas en el circuito magnético)

$$\Rightarrow k_{I_n} = f(I_1, S_2, f, etc) \quad \text{(nro. complejo; cte. real sólo en forma aproximada)}$$



$$I_1 = k_{I_n} * I_2 \quad \text{y} \quad e_{I_1} = \pm (\eta + e_{I_2})$$

e_{I_2} : error de indicación del amperímetro

η : error de relación del TA

En el caso de conectar un vatímetro
(*instrumento sensible a fase*):

$$P_1 = U * I_1 * \cos \varphi$$

$$P_2 = U * I_2 * \cos \varphi$$

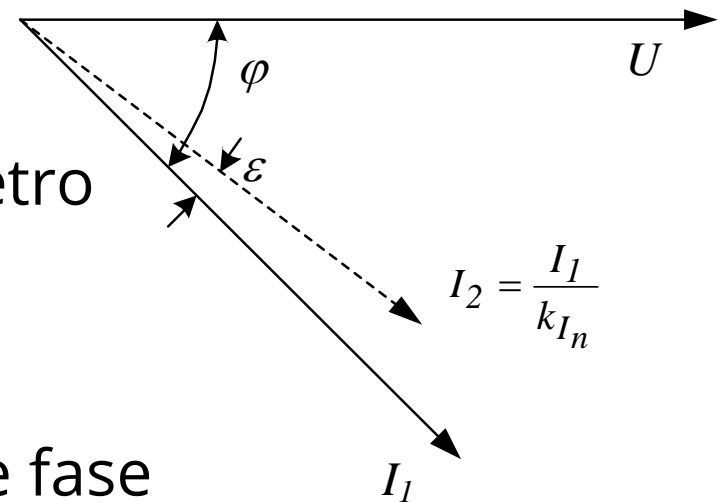
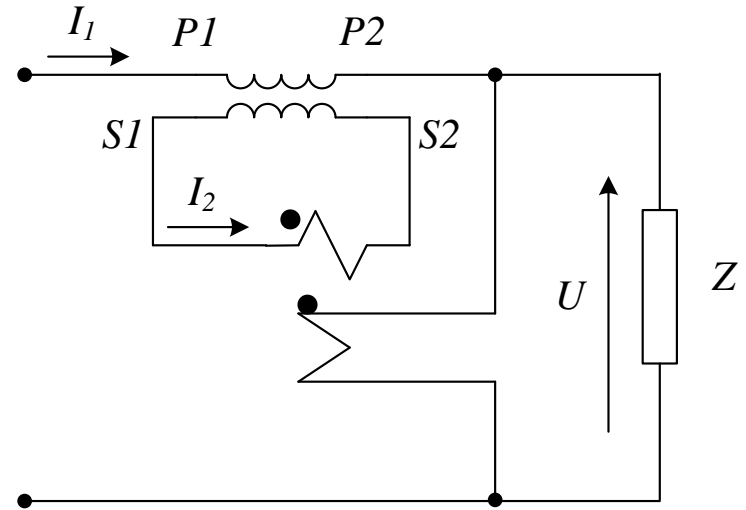
$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{I_1}{I_2} = k_{I_n} \Rightarrow P_1 = k_{I_n} * P_2 \quad (k_{I_n}, \text{ número complejo})$$

$$\Rightarrow e_{P_1} = \pm (\eta + e_{fase} + e_{P_2})$$

e_{P_2} : error de indicación del vatímetro

η : error de relación del TA

$$e_{fase} = \pm (\varepsilon * \operatorname{tg} \varphi): \text{ error de fase}$$



Errores de Relación y Fase para Transformadores de Corriente clases 0,1 a 1 (IRAM - IEC)

Clase	Error de relación a distintos porcentajes de I_n $\pm \eta$				Error de fase a distintos porcentajes de I_n $\pm \varepsilon$							
					[minutos]				[centirradianes]			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	15	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15
0,2	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3
0,5	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9
1	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8

Notar que ε y η son errores sistemáticos pero serán tratados como fortuitos, pues sólo se conocerá su valor límite

Errores de Relación y Fase para Transformadores de Corriente clases 0,2S y 0,5S (IRAM - IEC)

Clase	Error de relación a distintos porcentajes de I_n $\pm \eta$					\pm Error de fase a distintos porcentajes de I_n $\pm \varepsilon$									
						[minutos]					[centirradiares]				
	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120	1	5	20	100	120
0,2 S	0,75	0,35	0,2	0,2	0,2	30	15	10	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3	0,3
0,5 S	1,5	0,75	0,5	0,5	0,5	90	45	30	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9	0,9

Nota: Las dos tablas anteriores son válidas para valores de prestación comprendidos entre el 25% y el 100% de la nominal, a $\cos \varphi = 0,8$ ind., excepto para prestaciones nominales inferiores a 5 VA, en que se establece $\cos \varphi = 1$.

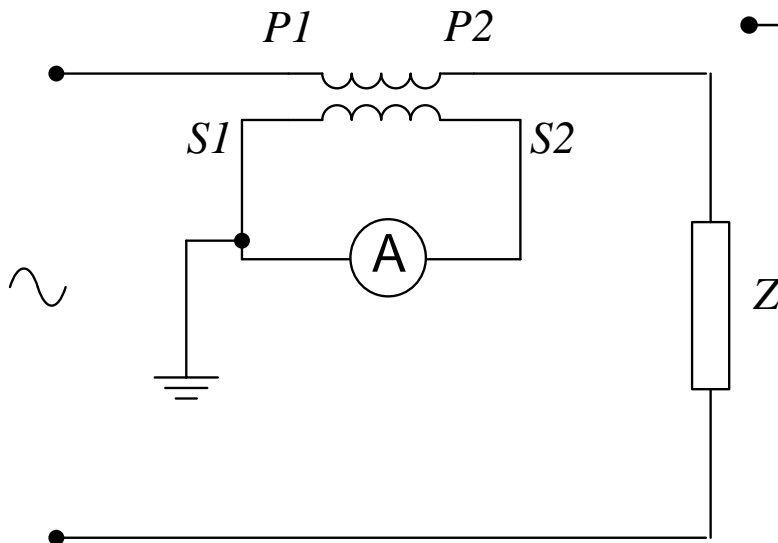
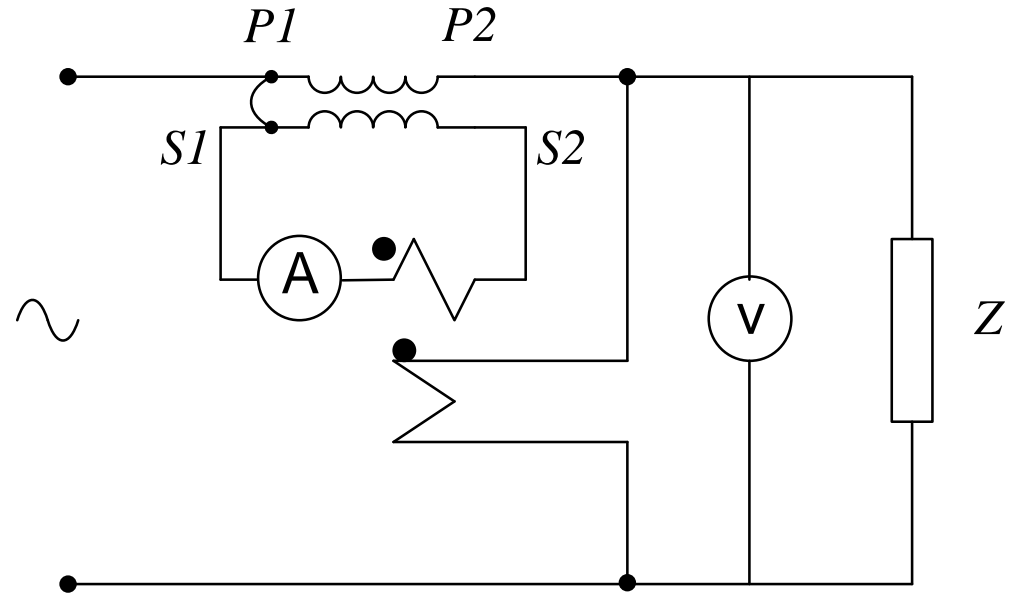
Errores de relación y fase para Transformadores de Corriente clases 3 y 5 (IRAM - IEC)

Clase	Error de relación a distintos porcentajes de I_n $\pm \eta$	
	50	120
3	3	3
5	5	5

Para estas clases no se establecen límites para los errores de fase.

Esquemas Típicos de Conexión de Transformadores de Medida

Transformador de Corriente en un Circuito de Baja Tensión



Transformador de Corriente en Media o Alta Tensión



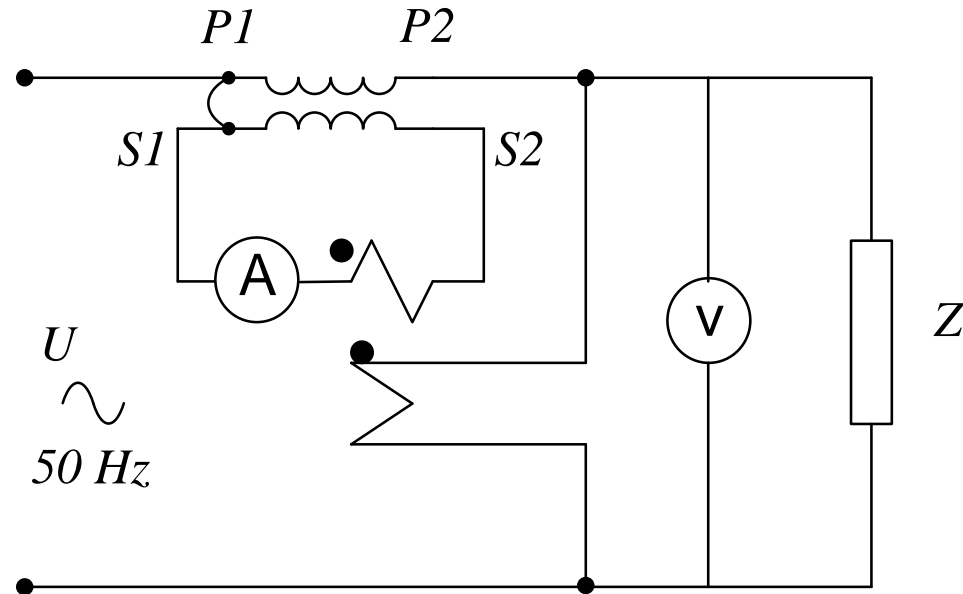


Ejemplo: Determinar la potencia activa de la carga Z , con su error límite.

$S \cong 2,0 \text{ kVA}$; $\cos \varphi \cong 0,8$ (ind)

$U = 220 \text{ V}$

(Cable del circuito amperométrico:
10 m, Cu, $2,5 \text{ mm}^2$).



- Vatímetro: U_n : 240 V, I_n : 5 A, c : 1, $\cos \varphi_n$: 1, R_{VW} : $133 \Omega/V$; Z_{AW} : 1 VA, $\cos \varphi = 0,8$ a 5 A.
- Voltímetro: Alcance: 240 V, R_V : 1 k Ω/V , c : 1
- Amperímetro: Alcance: 5 A, Z_A : 1 VA, $\cos \varphi = 0,8$ a 5 A.
- TA: I_{1n} : 10 A, I_{2n} : 5 A, S_n : 5 VA, c : 1.

En primera aproximación,
la potencia activa de la
carga y la corriente serían:

$$I_1 = \frac{S}{U} = \frac{2,0 \text{ kVA}}{220 \text{ V}} = 9,1 \text{ A}$$

$$P_1 = S \cdot \cos \varphi = 2,0 \text{ kVA} \cdot 0,8 = 1,6 \text{ kW}$$

Y la corriente en el
secundario del TA:

$$I_2 = \frac{I_1}{k_{I_n}} = \frac{9,1 \text{ A}}{10/5} = 4,55 \text{ A}$$

Por otra parte, la indicación
del vatímetro sería:

$$P_2 = \frac{P_1}{k_{I_n}} = \frac{1,6 \text{ kW}}{10/5} = 0,8 \text{ kW}$$

Y el error límite en la
determinación de P_1 se
podrá calcular como:

$$e_{P_1} = \pm (e_{P_2} + \eta + \varepsilon \cdot \operatorname{tg} \varphi)$$

Antes de iniciar el cálculo de cada uno de los términos de la ecuación anterior, verificaremos la carga del secundario del TA:

$$\dot{S}_2 = \dot{S}_A + \dot{S}_{AW} + P_{cable}$$

- Instrumentos (*W* y *A*):

$$Z_A; Z_{AW}: 1 \text{ VA}, \cos\varphi = 0,8 \text{ a } 5 \text{ A}$$

$$\Rightarrow \dot{S}_A = \dot{S}_{AW} = 1 \text{ VA } e^{j36,9^\circ} = 0,8 \text{ W} + j 0,6 \text{ VAr}$$

- Cable:

$$R_{cable} = \rho \frac{l}{S_{ecc.}} = \frac{1}{57} \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{10 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,070 \Omega$$

$$\Rightarrow P_{cable} = (5 \text{ A})^2 0,070 \Omega = 1,75 \text{ W}$$

Entonces:

$$\dot{S}_2 = (2 * 0,8 + 1,75)W + j(2 * 0,6)VA_r = 3,6 VA e^{j19,7^\circ}$$

$$\Rightarrow \dot{S}_2 : 3,6 VA , \cos \varphi = 0,9$$

Que, referida a la prestación nominal del TA, permite obtener:

$$\frac{S_2}{S_n} * 100 = \frac{3,6 VA}{5 VA} * 100 = 72 \% \quad (\text{Valor comprendido dentro de los límites admisibles})$$

En cuanto al cálculo de los errores límites, comenzaremos con el correspondiente al de indicación del vatímetro:

$$e_{P_2} = \pm c \frac{P_f}{P_2} = \pm 1 \% \frac{240 V \cdot 5 A}{0,8 kW} = \pm 1,5 \%$$

Y los errores del TA serán:

- ♦ η : en la Tabla, para **clase 1** y relación de corrientes

$$\frac{9,1 \text{ A}}{10 \text{ A}} * 100 = 91 \% I_n$$

Interpolando linealmente:

$$\frac{100 - 20}{1,0 - 1,5} = \frac{100 - 91}{1,0 - \eta} \Rightarrow \eta = \pm 1,06 \%$$

- ♦ e_{fase} : en la Tabla, para las mismas condiciones anteriores

$$\frac{100 - 20}{1,8 - 2,7} = \frac{100 - 91}{1,8 - \varepsilon} \Rightarrow \varepsilon = \pm 1,9 \text{ centirradianes}$$

$$\begin{aligned} \therefore e_{fase} &= \pm \varepsilon * \operatorname{tg} \varphi = \pm 1,9 \text{ centirradianes} * \operatorname{tg} (\arccos 0,8) = \\ &= \pm (1,9 * 0,75) \% = 1,43 \% \end{aligned}$$

Clase	Error de relación a distintos porcentajes I_n $\pm \eta$				Error de fase a distintos porcentajes I_n $\pm \varepsilon$							
					[minutos]				[centirradianes]			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	15	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15
0,2	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3
0,5	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9
1	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8

Entonces:

$$e_{P_1} = \pm (e_{P_2} + \eta + e_{fase}) = \pm (1,5 + 1,06 + 1,43) = \pm 4,0 \%$$

$$\Rightarrow E_{P_1} = \pm \frac{e_{P_1}}{100} * P_1 = \pm \frac{4,0}{100} * 2,0 \text{ kVA} * 0,8 = \pm 0,06 \text{ kW}$$

Restaría aún analizar el consumo propio de los instrumentos (sólo influyen el voltímetro y la bobina voltimétrica del vatímetro):

$$\begin{aligned} \text{Consumo de los circuitos voltimétricos del V y el W} &= \frac{U^2}{R_{VW} // R_V} = \\ &= \frac{(220 \text{ V})^2}{\left(133 \frac{\Omega}{V} * 240 \text{ V} \right) // \left(1 \frac{k\Omega}{V} * 240 \text{ V} \right)} = 1,7 \text{ W} \end{aligned}$$

Despreciable frente a E_{P_1}

Y el resultado final sería: $P_1 = (1,60 \pm 0,06) \text{ kW}$

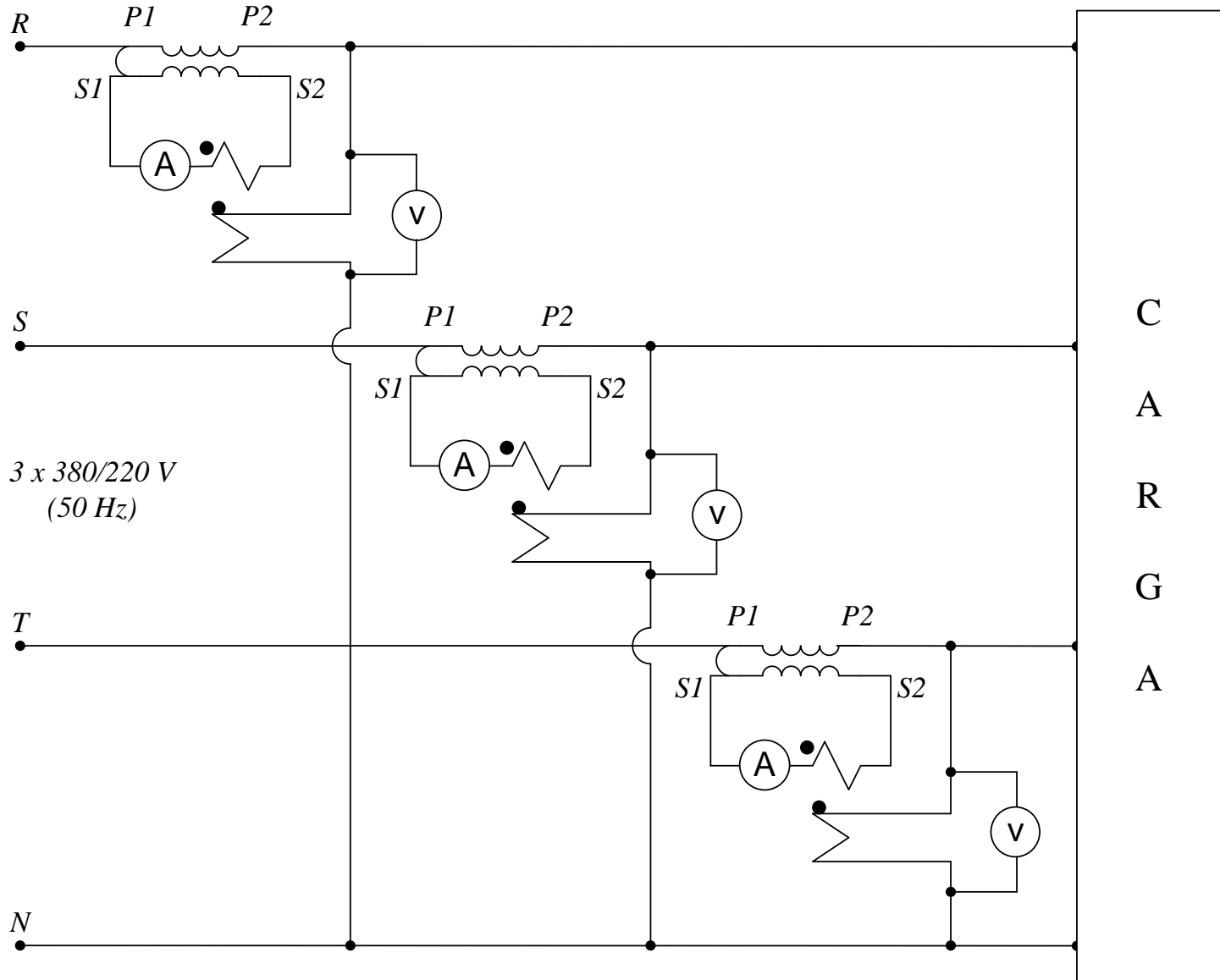
Ejemplo: determinar la potencia *activa total* y *por fase* de una carga Z (que puede considerarse aproximadamente perfecta), de 50 kVA, $\cos \varphi \cong 0,9$ (ind), $I_{fase} < 120$ A, alimentada por un sistema de generador perfecto De 3 x 380 / 220 V (tetrafilar).

(Nota: La medición debe efectuarse a $\approx 2,5$ m de distancia y los instrumentos se conectarán con cable de cobre 2,5 mm² de sección)

Elementos disponibles (3 de cada uno):

- Watímetro: U_n : 230 y 400 V, I_n : 5 A, c : 1, $\cos \varphi_n$: 1, R_{VW} : 133 Ω/V ; Z_{AW} : 1,5 VA, $\cos \varphi = 0,7$ a 5 A.
- Amperímetro: Alcance: 5 A, c : 1, Z_{AW} : 1,5 VA, $\cos \varphi = 0,7$ a 5 A
- Voltímetro: Alcance: 230 y 400 V, c : 1, R_V : 133 Ω/V
- TA: I_{1n} : 100 A, I_{2n} : 5 A, S_n : 5 VA, c : 1

Circuito propuesto para la medición de P



$$P_{Total} = P_{R(RN)} + P_{S(SN)} + P_{T(TN)}$$

$$E_{P_{Total}} = \pm (E_{P_{R(RN)}} + E_{P_{S(SN)}} + E_{P_{T(TN)}})$$

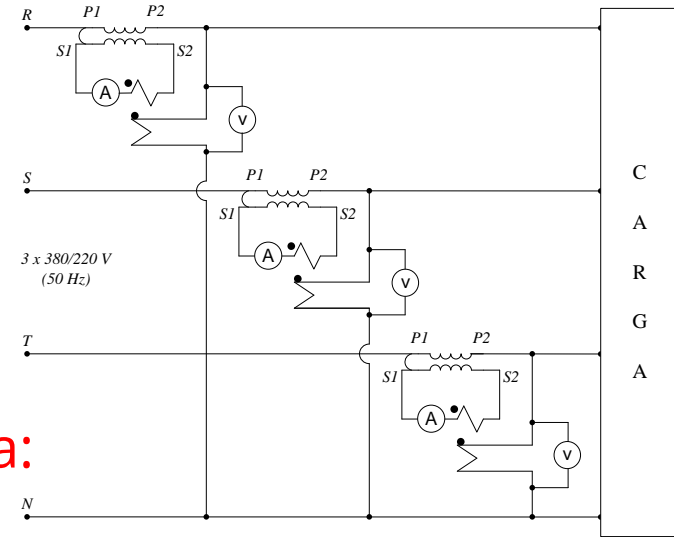
Suponiendo carga aproximadamente perfecta:

$$S = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I_f \Rightarrow I_f = \frac{50 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 380 \text{ V}} \approx 76 \text{ A}$$

$$^y P_{R(RN)} = P_{S(SN)} = P_{T(TN)} = \frac{S}{3} \cos \varphi = \frac{50 \text{ kVA}}{3} * 0,9 = 15 \text{ kW}$$

Con lo cual, la indicación de cada vatímetro será:

$$P_{2R(RN)} = P_{2S(SN)} = P_{2T(TN)} = \frac{15 \text{ kW}}{k_{I_n}} = \frac{15 \text{ kW}}{100/5} = 0,75 \text{ kW}$$



Analicemos ahora la carga de los TA, que son de $S_n = 5 \text{ VA}$:

$$S_2 = S_A + S_{AW} + P_{cable}$$

- Instrumentos (*W* y *A*):

$$Z_A ; Z_{AW} : 1,5 \text{ VA}, \cos \varphi = 0,7 \text{ a } 5 \text{ A}$$

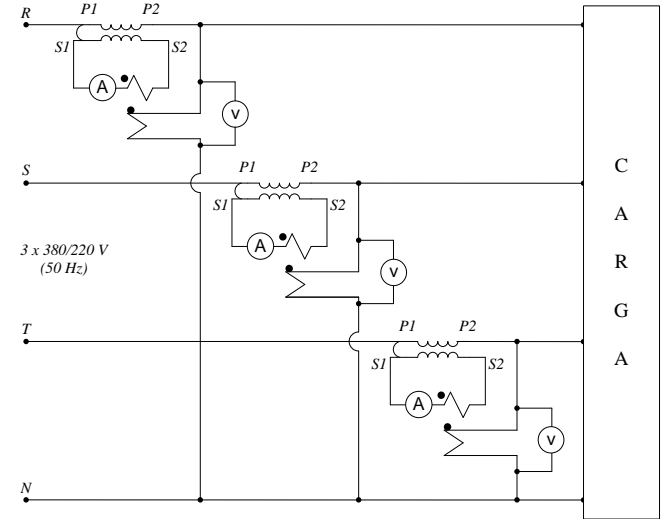
$$\Rightarrow Z_A = Z_{AW} = (0,042 + j 0,043) \Omega$$

- Cable:

$$R_{cable} = \frac{1}{57} \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} * \frac{5 \text{ m}}{2,5 \text{ mm}^2} = 0,035 \Omega$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow S &= (5 \text{ A})^2 * [2 * 0,042 + 0,035 + j (2 * 0,043)] \Omega \\ &= 3,7 \text{ VA}, \cos \varphi = 0,81 \end{aligned}$$

Comparando con S_n : $\frac{3,7 \text{ VA}}{5 \text{ VA}} * 100 = 74 \%$



Analicemos ahora los errores límites (lo haremos sólo para $P_{R(RN)}$ pues las dos restantes son completamente análogas):

- Sabemos que:

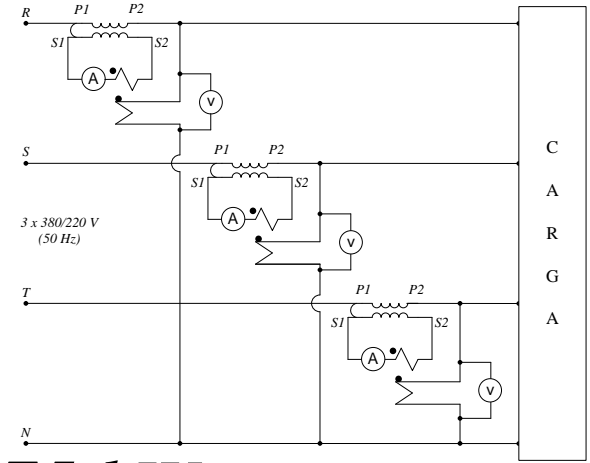
$$P_{R(RN)} \approx 15,0 \text{ kW} \Rightarrow P_{2R(RN)} \approx 0,75 \text{ kW}$$

¿Cuánto vale entonces $e_{P_{R(RN)}}$?

$$e_{P_{R(RN)}} = \pm (e_{P_{2R(RN)}} + \eta + e_{fase})$$

$$\blacklozenge e_{P_{2R(RN)}} = \pm c \frac{P_f}{P_{2R(RN)}} = \pm 1\% \frac{230 \text{ V} \cdot 5 \text{ A}}{0,75 \text{ kW}} =$$

$$= \pm 1\% \frac{1,15 \text{ kW}}{0,75 \text{ kW}} = \pm 1,53\%$$



- ♦ η : en la Tabla, para **clase 1** y relación de corrientes

$$\frac{76 \text{ A}}{100 \text{ A}} * 100 = 76 \% I_n$$

Interpolando linealmente:

$$\frac{100 - 20}{1,0 - 1,5} = \frac{100 - 76}{1,0 - \eta} \Rightarrow \eta = \pm 1,15 \%$$

Clase	Error de relación a distintos porcentajes $I_n \pm \eta$				Error de fase a distintos porcentajes $I_n \pm \varepsilon$							
					[minutos]				[centirradiares]			
	5	20	100	120	5	20	100	120	5	20	100	120
0,1	0,4	0,2	0,1	0,1	15	8	5	5	0,45	0,24	0,15	0,15
0,2	0,75	0,35	0,2	0,2	30	15	10	10	0,9	0,45	0,3	0,3
0,5	1,5	0,75	0,5	0,5	90	45	30	30	2,7	1,35	0,9	0,9
1	3,0	1,5	1,0	1,0	180	90	60	60	5,4	2,7	1,8	1,8

- ♦ e_{fase} : en la Tabla, para las mismas condiciones anteriores

$$\frac{100 - 20}{1,8 - 2,7} = \frac{100 - 76}{1,8 - \varepsilon} \Rightarrow \varepsilon = \pm 2,07 \text{ centirradiares}$$

$$\begin{aligned} \therefore e_{fase} &= \pm \varepsilon * \operatorname{tg} \varphi = \pm 2,07 \text{ centirradiares} * \operatorname{tg} (\arccos 0,9) = \\ &= \pm 2,07 \% * 0,48 = \pm 0,99 \% \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} e_{P_{R(RN)}} &= \pm (e_{P_{2R(RN)}} + \eta + e_{fase}) = \\ &= \pm (1,53 + 1,15 + 0,99) \% = \pm 3,7 \% \end{aligned}$$

y

$$\begin{aligned} E_{P_{R(RN)}} &= \pm \frac{e_{P_{R(RN)}}}{100} P_{R(RN)} = \\ &= \pm \frac{3,7}{100} 15,0 \text{ kW} = \pm 0,55 \text{ kW} \end{aligned}$$

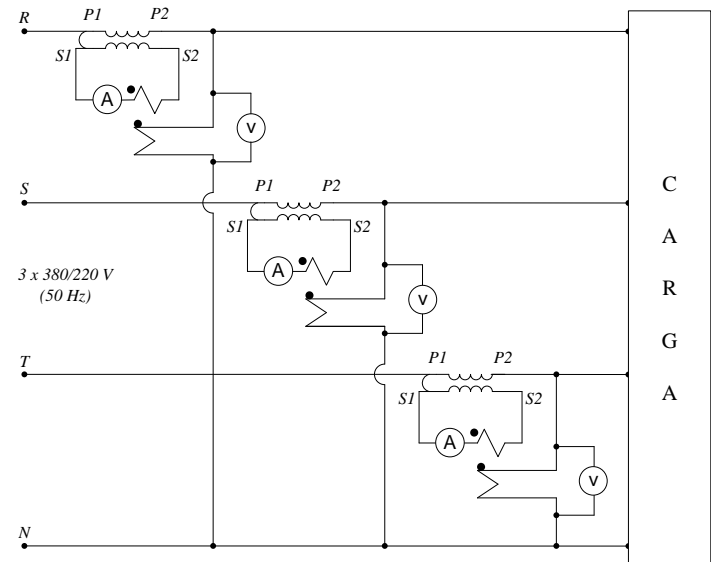
Restaría aún analizar el consumo propio de los instrumentos
(sólo influyen los V y las voltimétricas de los vatímetros):

$$\text{Consumo de los circuitos voltimétricos de } 1 W + 1 V = \frac{U^2}{R_{VW} // R_V} =$$

$$= \frac{(220 V)^2}{(133 \frac{\Omega}{V} * 230 V) / 2} = 0,003 kW$$

Despreciable frente a

$$E_{PR(RN)} = \pm 0,55 kW$$



Concluyendo:

$$P_{Total} = 3 * P_{R(RN)} = \pm 45,0 \text{ kW}$$

y

$$E_{P_{Total}} = 3 * E_{P_{R(RN)}} = \pm 1,8 \text{ kW}$$

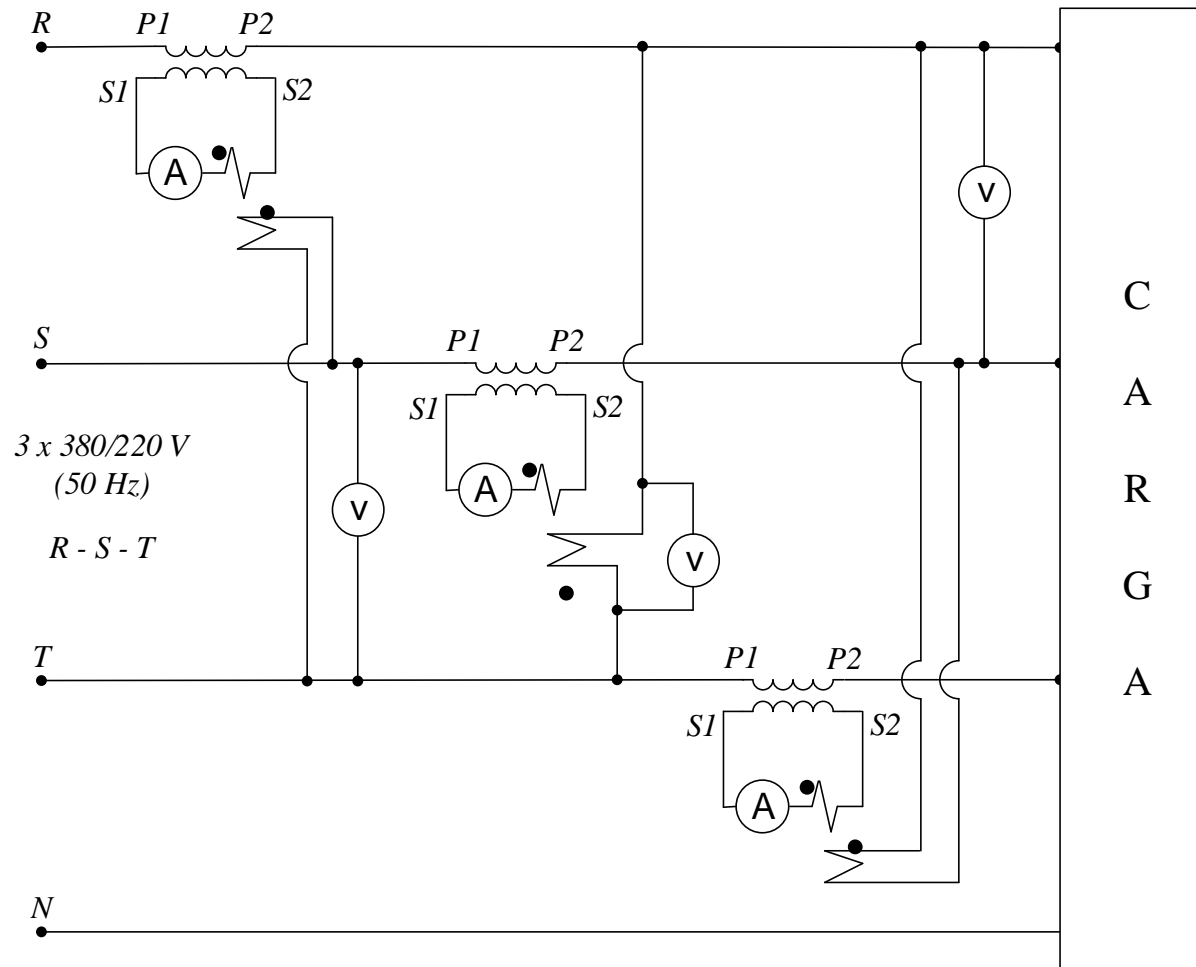
Entonces:

$$P_{Total} = (45 \pm 2) \text{ kW}$$

y

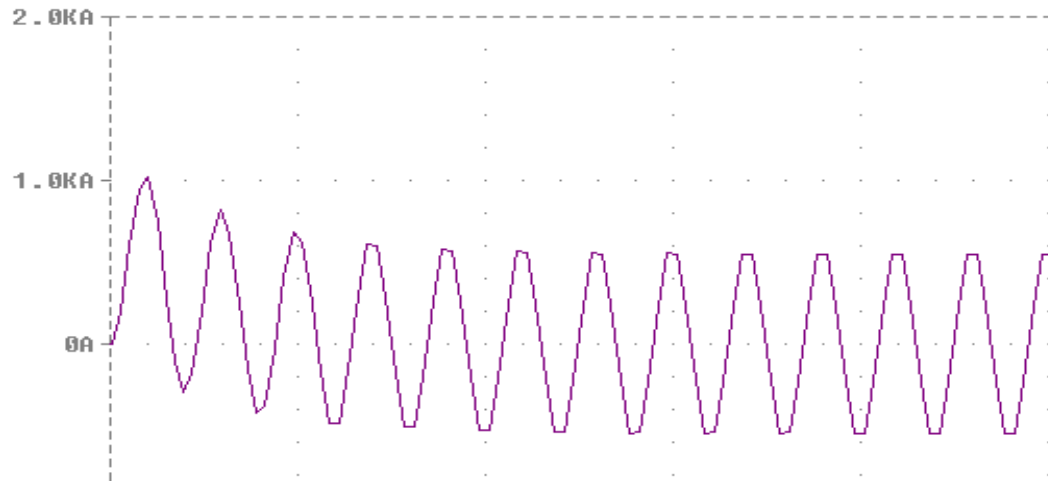
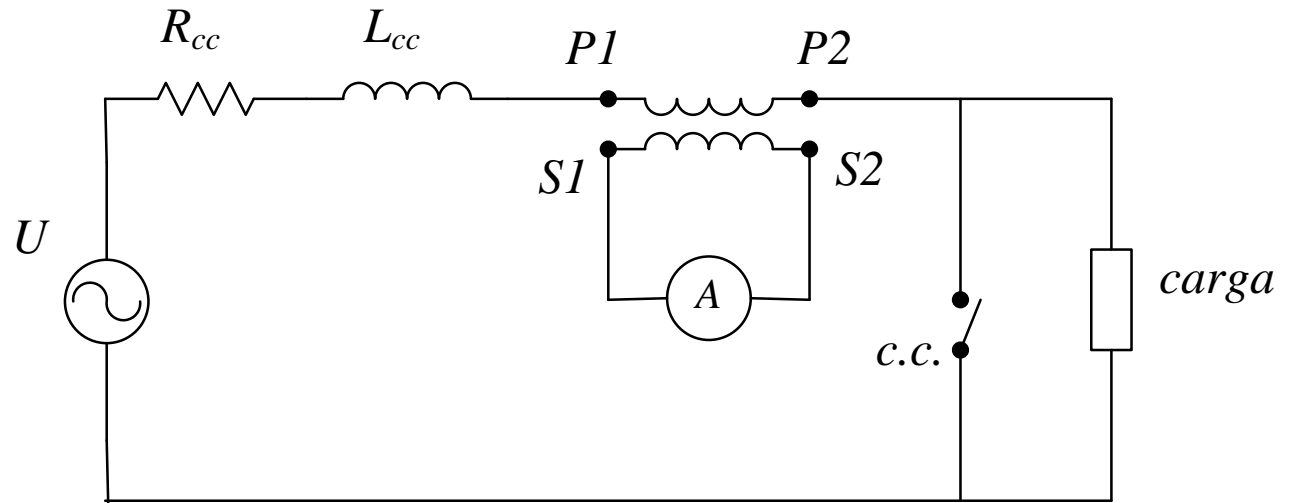
$$P_{R(RN)} = P_{S(SN)} = P_{T(TN)} = (15,0 \pm 0,6) \text{ kW}$$

Circuito propuesto para la medición de Q



$$Q_{Total} = Q_R + Q_S + Q_T \quad \text{y} \quad E_{Q_{Total}} = \pm (E_{Q_R} + E_{Q_S} + E_{Q_T})$$

El Transformador de Corriente frente a Sobreintensidades



Corriente Térmica Nominal de Breve Duración, I_{th} : *valor eficaz* de la corriente primaria que el transformador está en condiciones de soportar *durante 1 segundo*, sin sufrir daños que le impidan su funcionamiento, cuando el secundario está en cortocircuito.

$$I_{th}^2 \cdot 1 s = I_f^2 t_f [s]$$

I_f : corriente de falla
 t_f : tiempo de falla (< 5 s)

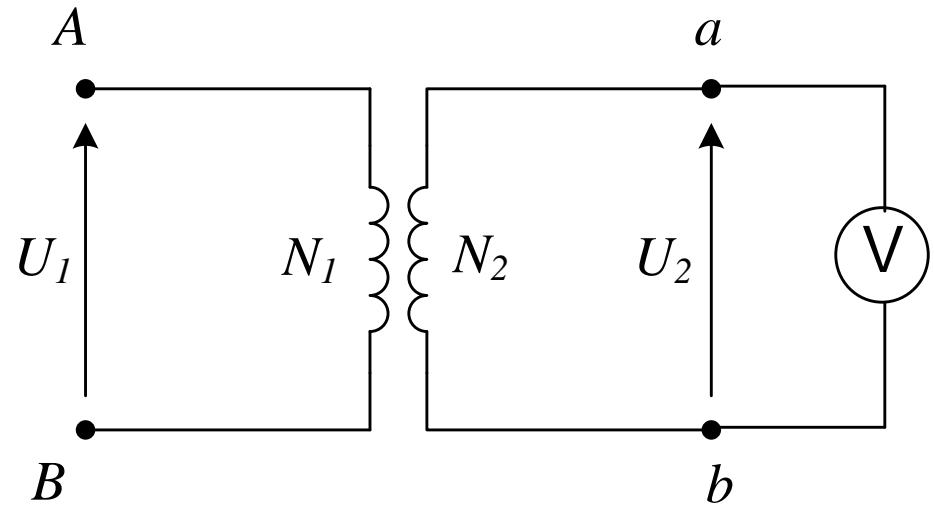
Corriente Dinámica Nominal, I_{dyn} : valor cresta de la corriente primaria que un transformador puede soportar, sin ser dañado eléctrica o mecánicamente por el esfuerzo resultante, cuando su secundario está en cortocircuito.

$$\frac{I_{dyn}}{I_{th}} \approx 2,5$$

Transformadores de Tensión (TV)

U_{1n} : Tensión Primaria Nominal

U_{2n} : Tensión Secundaria Nominal



(Valores normalizados más comunes: 100, 110, 200, $\frac{100}{\sqrt{3}}$, $\frac{110}{\sqrt{3}}$ y $\frac{200}{\sqrt{3}}$ V)

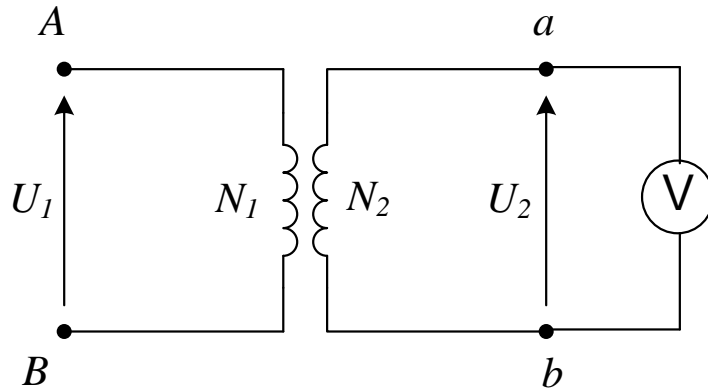
$\frac{U_{1n}}{U_{2n}} = k_{U_n}$: Relación Nominal

c : Clase de Exactitud

S_n : Prestación o Potencia Nominal

Errores de los TV

k_{U_n} (número complejo, constante sólo en forma aproximada)



$$U_1 = k_{U_n} * U_2$$

$$\Rightarrow e_{U_1} = \pm (\eta + e_{U_2})$$

Si el instrumento conectado al secundario es sensible además a la fase, por ejemplo, un vatímetro, aparece el error de fase con el mismo tratamiento que para el caso de los TA:

$$\Rightarrow e_{P_1} = \pm (\eta + e_{fase} + e_{P_2})$$

$$\text{con } e_{fase} = \pm (\varepsilon * \operatorname{tg} \varphi)$$

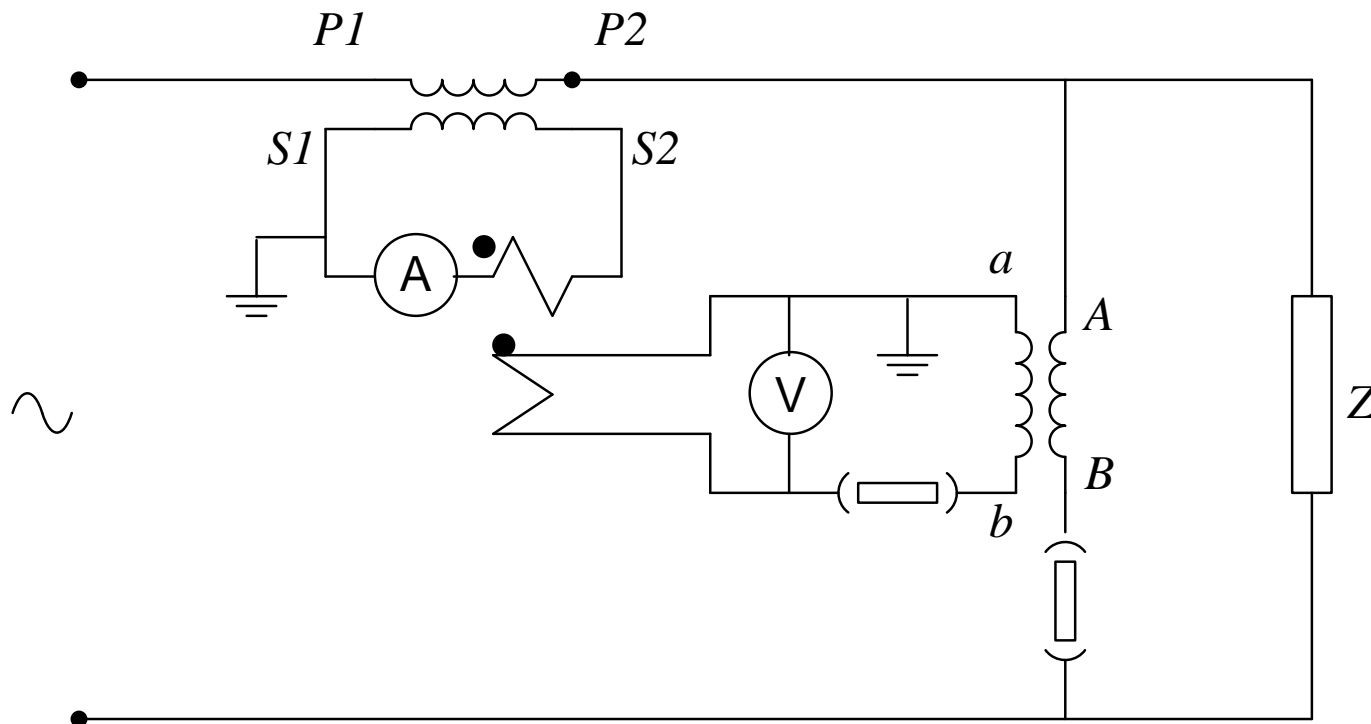
Errores de Relación y Fase para Transformadores de Tensión clases 0,1 a 3 (IRAM - IEC)

Clase	Error de relación $\pm \eta$	Error de fase $\pm \varepsilon$	
		[minutos]	[centirradianes]
0,1	0,1	5	0,15
0,2	0,2	10	0,3
0,5	0,5	20	0,6
1	1,0	40	1,2
3	3,0	No especificado	No especificado

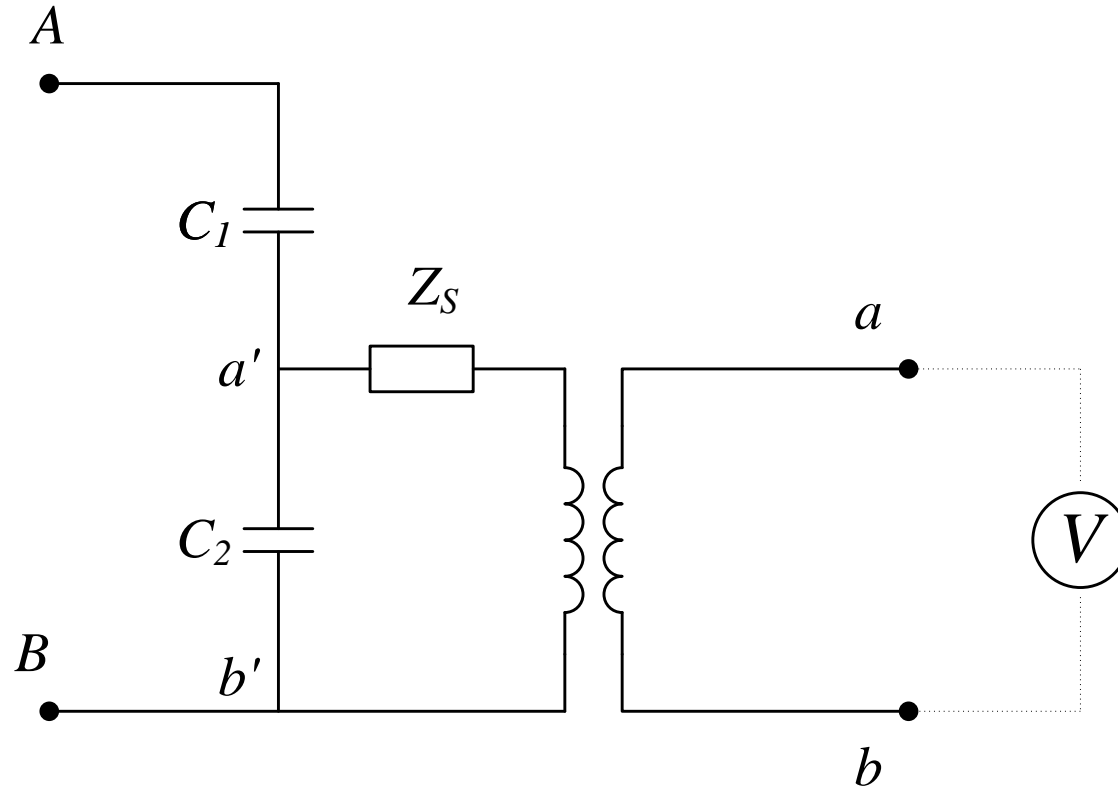
(Errores límites válidos cuando el transformador trabaja entre el 80 y el 120 % de su tensión nominal, con prestación comprendida entre el 25 % y el 100 % de la nominal, con $\cos \varphi = 0,8$)



Esquema de conexión con Transformadores de Corriente y Tensión

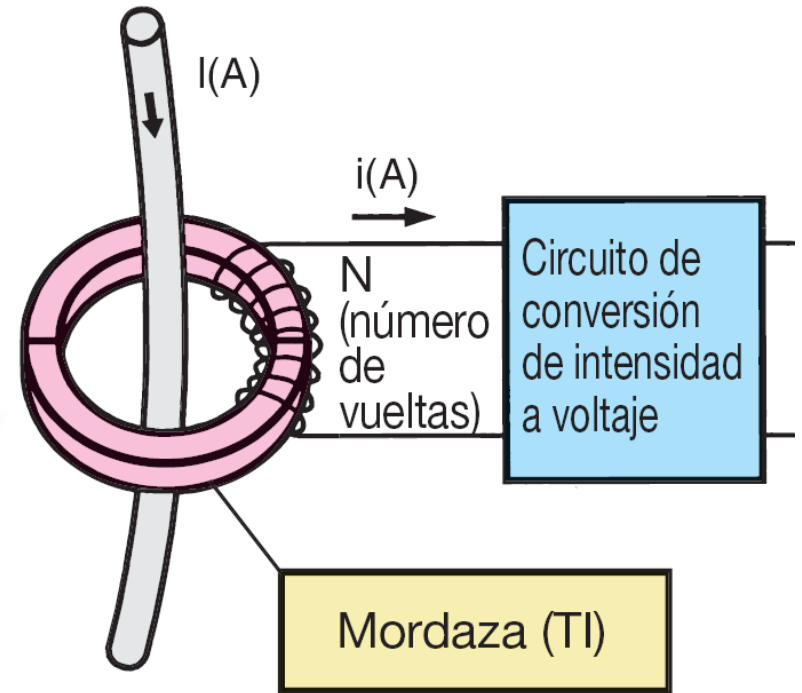


Transformadores de Tensión Capacitivos



divisor capacitivo | transformador magnético

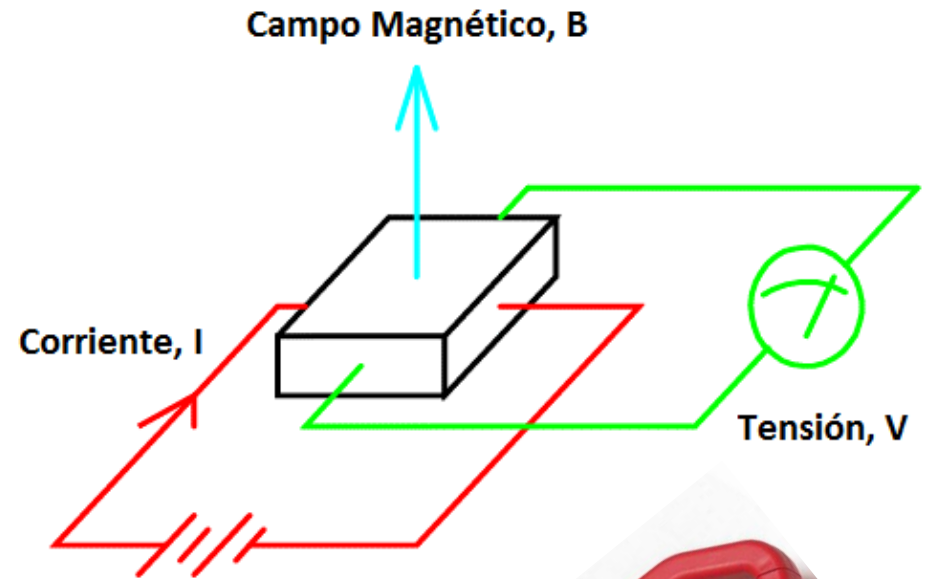
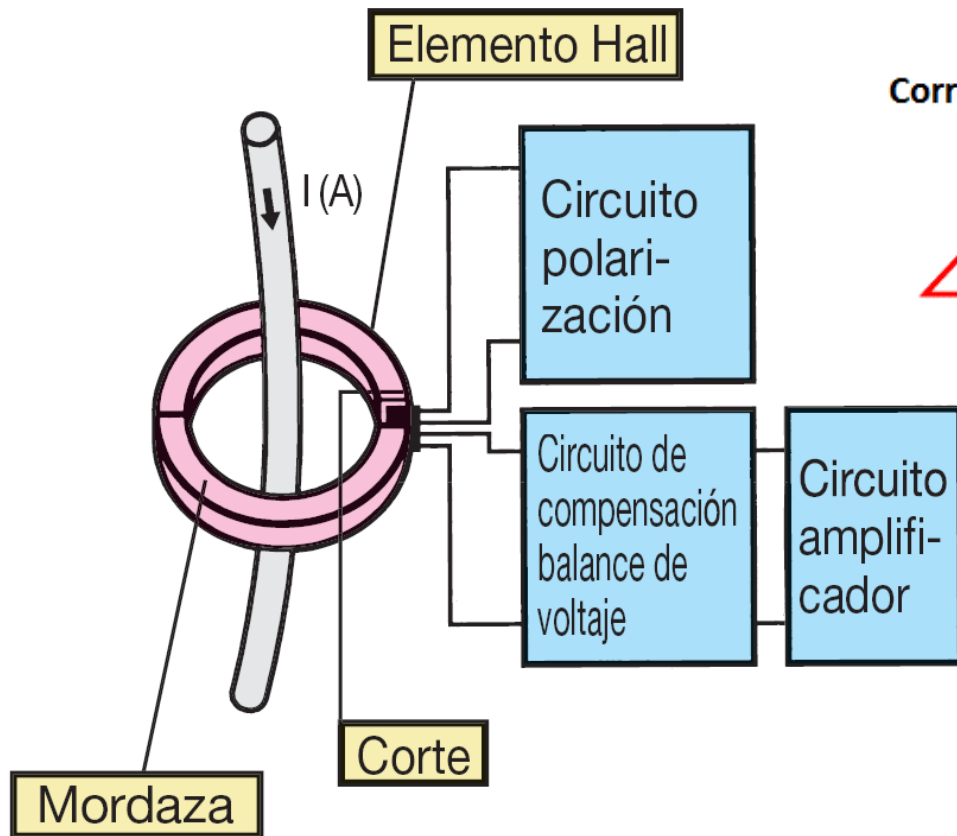
Pinzas Amperométricas para CA



Pinzas Amperométricas para CA



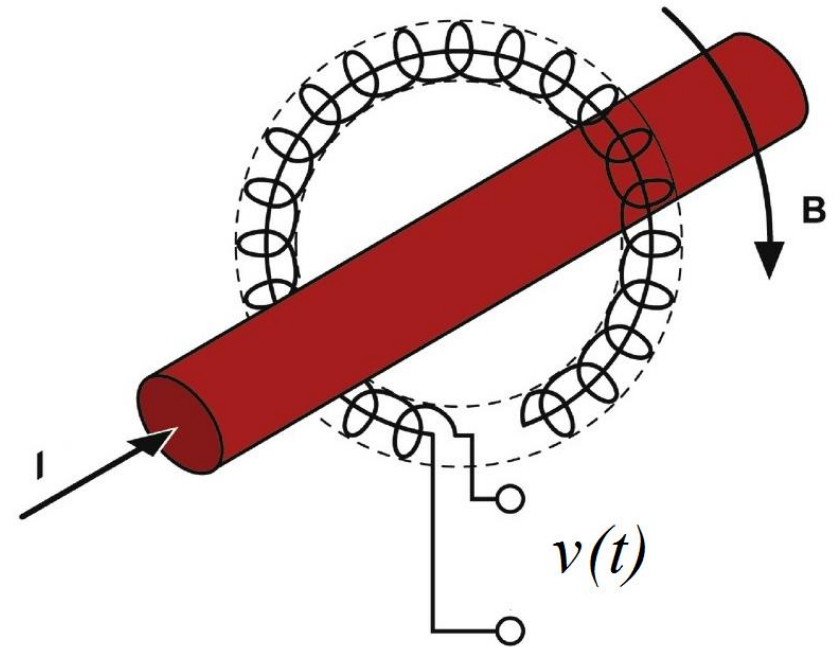
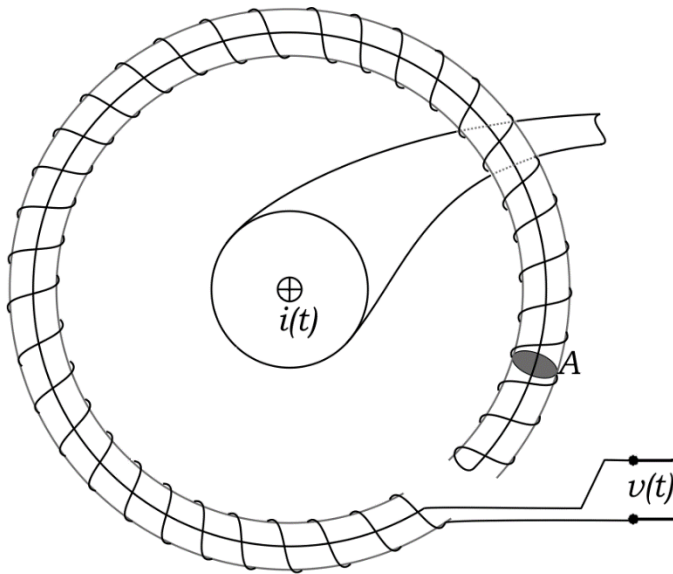
Pinzas Amperométricas para CA y CC (Efecto Hall)



Bobina de Rogowski

$$v(t) = -n \cdot \frac{d\phi}{dt} = -n \cdot A \cdot \frac{dB}{dt}$$

$$\Rightarrow v(t) = -\mu_0 \cdot n \cdot A \cdot \frac{dH}{dt}$$



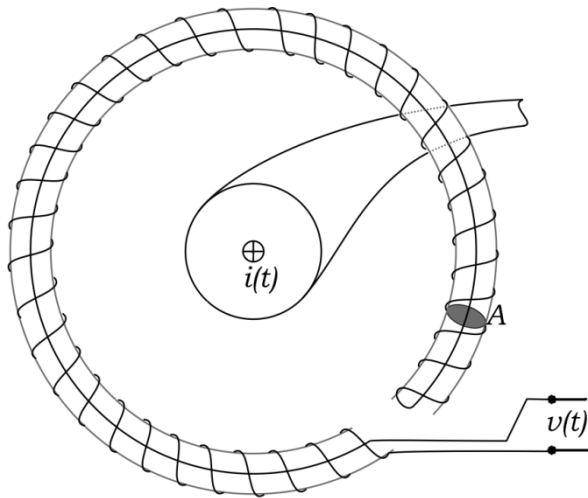
$$v(t) = -\frac{\mu_0 \cdot n \cdot A}{l} \cdot \frac{di}{dt}$$

$$v(t) = M \cdot \frac{di}{dt}$$

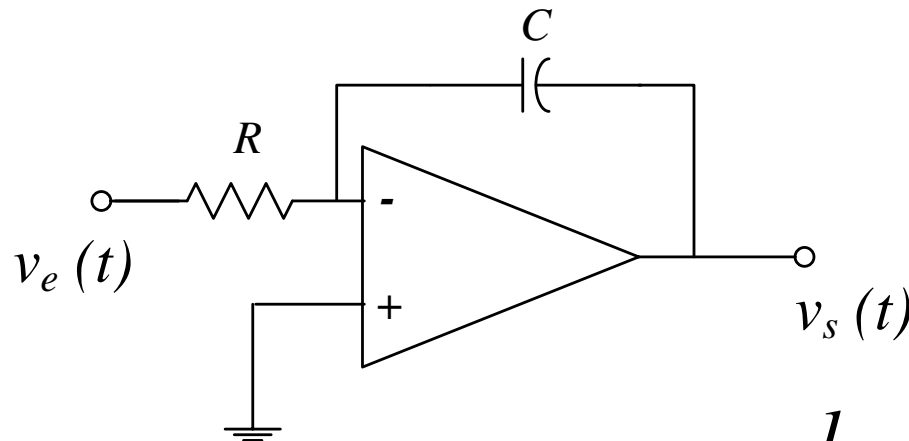
(No apta para CC)

Bobina de Rogowski

Medición de corrientes alternas desde
mA hasta kA (excelente linealidad)

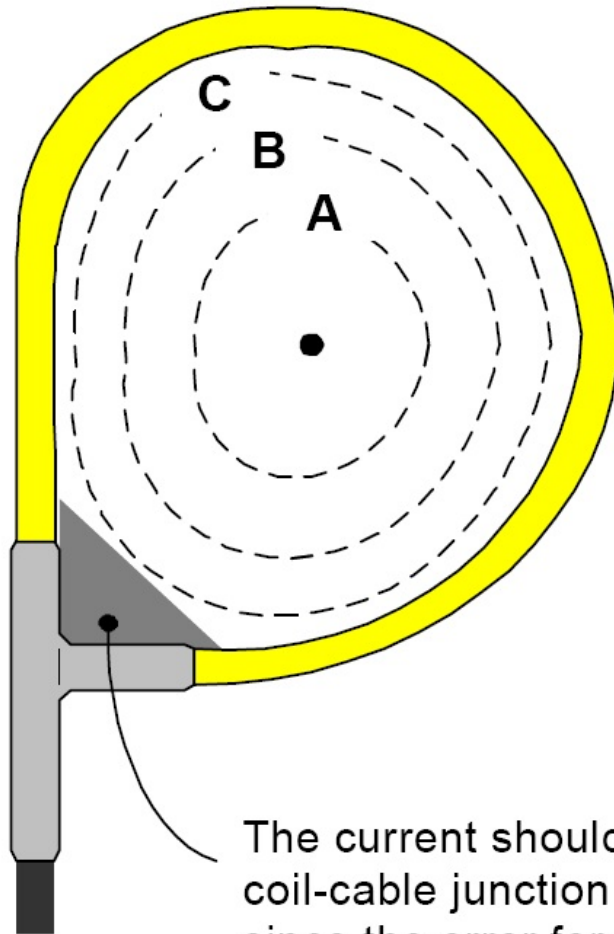


$$v(t) = M \cdot \frac{di}{dt}$$



$$v_s(t) = -\frac{1}{RC} \int v_e(t) dt$$

Bobina de Rogowski



The current should not be positioned close to the coil-cable junction (shown by the shaded area) since the error for this region is greater.

POSITIONAL ACCURACY OF A STANDARD ROGOWSKI COIL - % error with a point source of current

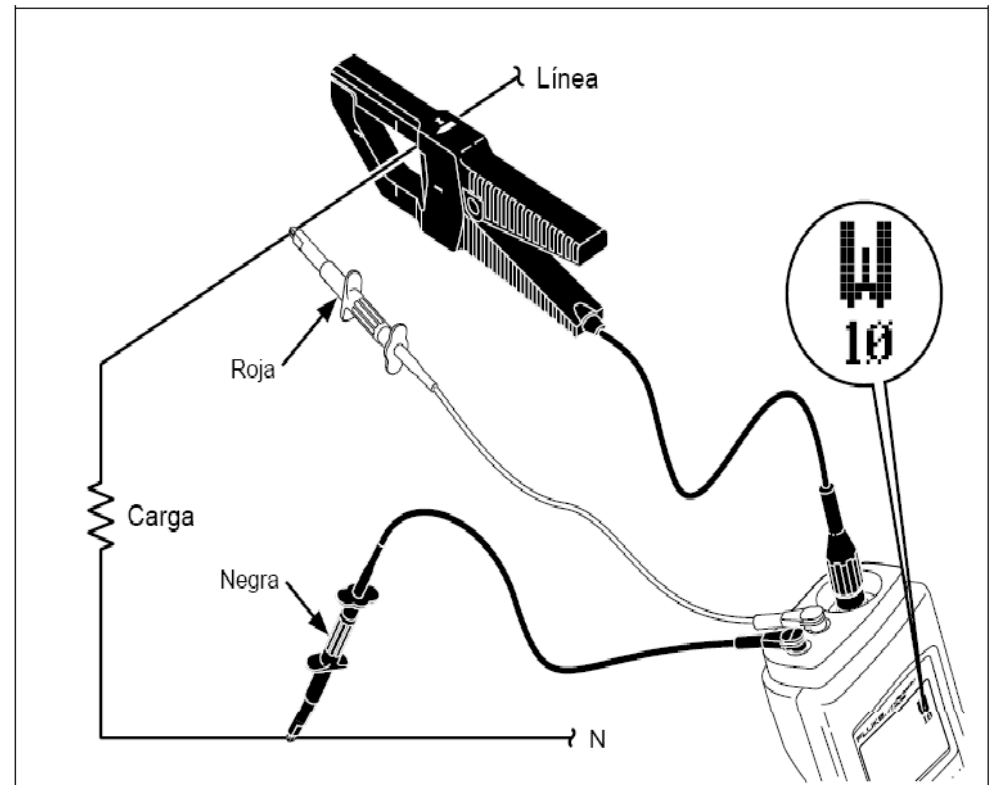
Type	A	B	C
Miniature Coil	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 3\%$
Standard Coil	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$

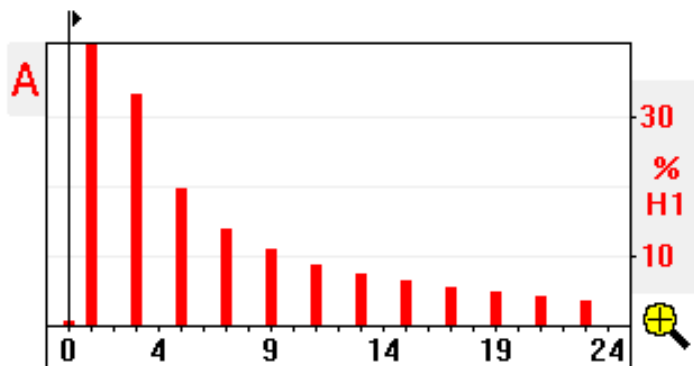
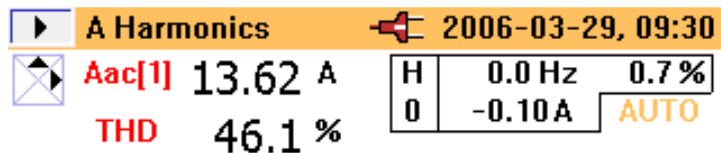
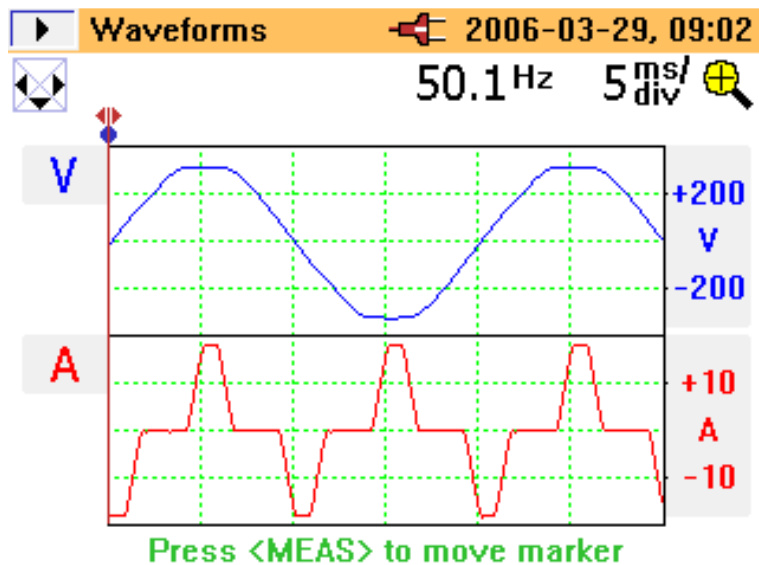
(Power Electronic Measurements Ltd, Rogowski coil Application Notes, 17th August 2002)

Bobina de Rogowski



Analizadores de Potencia





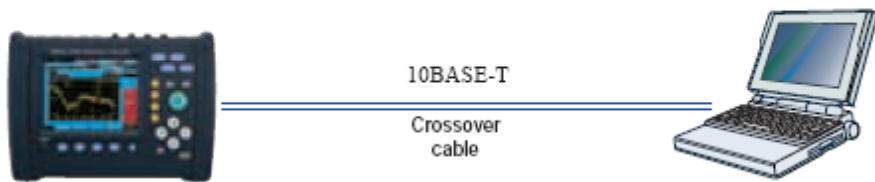


Especificaciones de Analizadores Fluke Serie 430

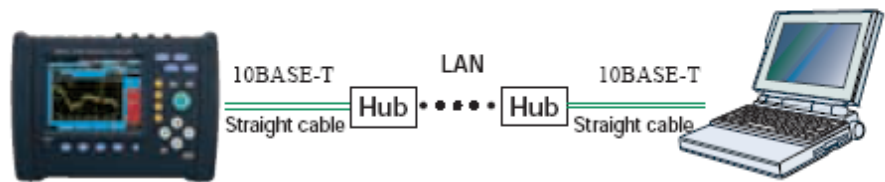
Entradas	Número de entradas	4 de tensión y 4 de corriente (3 fases + neutro)	
	Tensión máxima de entrada	1000 Vrms (pico de 6kV)	
	Velocidad máxima de muestreo	200 kS/s en cada canal simultáneamente	
		Rango de medida	Precisión
Voltios/Amperios/Hz	Vrms (CA+CC)	1 ... 1000 V	0,1% de la tensión nominal
	Vpk	1 ... 1400 V	5% de la tensión nominal
	Factor de cresta	1,0 ... > 2,8	± 5%
	Arms (CA+CC)	0 ... 20,000 A	± 0,5% ± 5 cuentas
	Amperios de pico	0 - 5500 A	5%
	Factor de cresta	1 ... 10	± 5%
	50Hz nominal	42.50 ... 57.50 Hz	± 0.01Hz
Fluctuaciones	Vrms (CA+CC) ²	0.0% ... 100% de la tensión nominal	± 0,2% de la tensión nominal
	Arms (CA+CC) ²	0 ... 20,000 A ¹	± 1% ± 5 cuentas
Armónicos	Armónicos (interarmónicos) (n)	DC, 1.50; (desactivado, 1.49) medido respecto a IEC 61000-4-7	
	Vrms	0,0 ... 1000 V	± 0,05% de la tensión nominal
	Arms	0,0 ... 4000 mV x escala y tensión de la pinza de corriente	± 5% ± 5 cuentas
	Vatios	Según escala de la pinza de corriente	± 5% ± n x 2% o lectura, ± 10 cuentas
	Tensión de CC	0,0 ... 1000 V	± 0,2% de la tensión nominal
	THD	0,0 ... 100,0 %	± 2.5% V y A (± 5% Vatios)
	Hz	0 ... 3500 Hz	± 1 Hz
	Ángulo de fase	-360° ... +360°	± n x 1.5°
Potencia y energía	Vatios, VA, VAR	1,0 ... 20,00 MVA ¹	± 1% ± 10 cuentas
	kWh, kVAh, kVARh	00.00 ... 200,0 GVAh ¹	± 1,5% ± 10 cuentas
	Factor de potencia/Cos φ /DPF	0 ... 1	± 0,03
Flicker (Parpadeo de tensión)	Pst (1 minuto), Pst, Plt, PFS	0,00 ... 20,00	± 5%
Desequilibrio	Voltios	0,0 ... 5,0%	± 0,5%
	Corriente	0,0 ... 20%	± 1%
Captura de transitorios	Voltios	± 6000 V	± 2,5% de Vrms
	Duración de detección mínima	5 µs (muestreo de 200 kS/s)	
Modo arranque de motores	Arms (CA + CC)	0,000 ... 20,00 kA ¹	± 1% de medidas ± 5 cuentas
	Duración del arranque (seleccionable)	7,5 s ... 30 minutos	± 20 ms (frecuencia nominal = 50 Hz)
Registro AutoTrend	Muestreo	Muestreo continuo de 5 lecturas/segundo en cada canal	
	Memoria	1.800 puntos. Cada punto contiene los valores máx., mín., y promedio de todas las lecturas realizadas durante su intervalo temporal.	
	Tiempo de registro	Hasta 450 días	
	Zoom	Hasta 12 aumentos de zoom horizontal	
Memoria	Pantallas y datos	50. La memoria se comparte entre los registros, las pantallas y los datos	
Normas	Procedimientos de medida utilizados	IEC61000-4-30 clase A; EN50160; IEC 61000-4-15; IEC 61000-4-7	



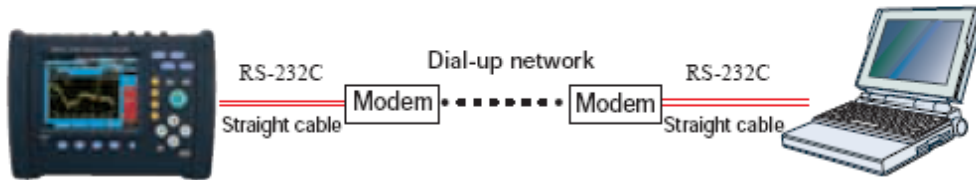
Ex. 1. Direct connection with a LAN cable



Ex. 2. Remote connection with a LAN through a hub



Ex. 3. Remote RS-232C connection through a modem



Ex. 4. Remote RS-232C connection through a modem



Medición de Energía Eléctrica



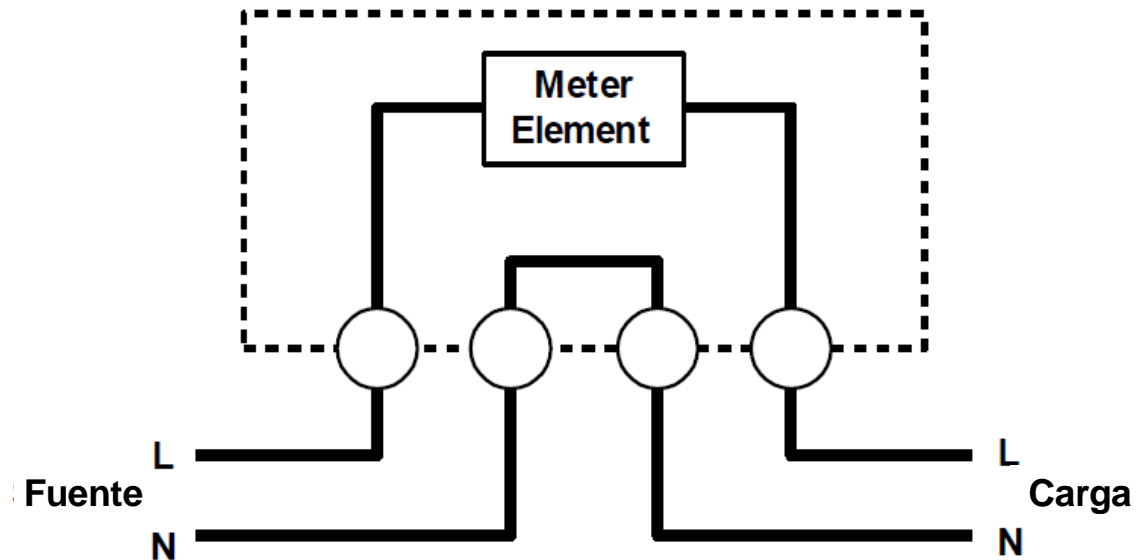
Algunos datos característicos de medidores de energía eléctrica activa, estáticos y electromecánicos

Corriente base I_b	Corriente Máxima $I_{máx}$	Tensión, Frecuencia y Temperatura de Referencia	Constante [rev/kWh] [imp/kWh]	Índice de clase
----------------------------	----------------------------------	--	-------------------------------------	--------------------

Corriente /	cos φ	Error Límite [%]	
		Clase 1	Clase 2
$0,05 I_b \leq I < 0,1 I_b$	1	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$
$0,1 I_b \leq I \leq I_{máx}$	1	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
$0,1 I_b \leq I < 0,2 I_b$	0,5 (ind.)	$\pm 1,5$	$\pm 2,5$
	0,8 (cap.)	$\pm 1,5$	-----
$0,2 I_b \leq I \leq I_{máx}$	0,5 (ind.)	$\pm 1,0$	$\pm 2,0$
	0,8 (cap.)	$\pm 1,0$	-----

(monofásicos y trifásicos con carga balanceada)

Medidor Monofásico de Energía Eléctrica



System Voltage	Single element meters	240Vac Phase to Neutral 230Vac Phase to Neutral 220Vac Phase to Neutral 210Vac Phase to Neutral
	Supply variation	+15% to -20%
	Voltage withstand	415V continuous 10kV impulse @105J
Current (Base)	Direct connection I_b	5A, 10A, or 20A
Current (Max)	I_{max}	40A, 60A, 80A or 100A
Starting Current	(IEC)	0.4% of I_b
Max measuring range		20mA up to 100A
Measuring Accuracy	IEC 62053-21	Class 1 and 2
Burdens	Voltage Circuit @ 230Vac	0.9W 7.7VA
	Current Circuit @ I_b	0.1VA
Supply Frequency	Nominal	50Hz or 60Hz
	Frequency Variation	+/- 5%
Temperature Range	Limit operating ranges	-20°C to 55°C
	Storage range	-25°C to 70°C
Meter Constant		1000 imp/kWh