

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL ROSARIO  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

TRABAJO PRÁCTICO Nº 11

TEMA:

- **PUENTES DE CORRIENTE ALTERNA**

## TRABAJO PRACTICO Nº 11

### **TEMA: PUENTES DE CORRIENTE ALTERNA**

#### **1.- OBJETIVO:**

Verificar en laboratorio el funcionamiento y aplicación de los instrumentos cuyo método de medición se basa en la detección de cero tensión.

#### **2.- CONSIDERACIONES TEÓRICAS: MÉTODOS DE CERO**

Los instrumentos que usaremos en este Trabajo Práctico se basan en los denominados puentes de medición. Estos métodos de medición de impedancias fueron desarrollados a fines del siglo XIX pero aún tienen vigencia por la simplicidad y exactitud que se alcanzan en las determinaciones. Con ellos además se puede determinar el factor de pérdidas del dieléctrico ( $\text{tg } \delta$ ).

##### **2.1.: Principio de funcionamiento - Condición de equilibrio:**

La metodología consiste en la determinación de una impedancia incógnita a partir de tres impedancias conocidas y variables. Las cuatro están conectadas en forma de cuadrilátero, donde en una diagonal se inserta la fuente de energía y en la otra el detector de tensión.

Cuando el instrumento indica cero, lo cual se logra variando las ramas ajustables, se leen los valores de dichas ramas y se determina el valor de la rama desconocida. Así, la configuración del puente es la que apreciamos en la fig. 1.

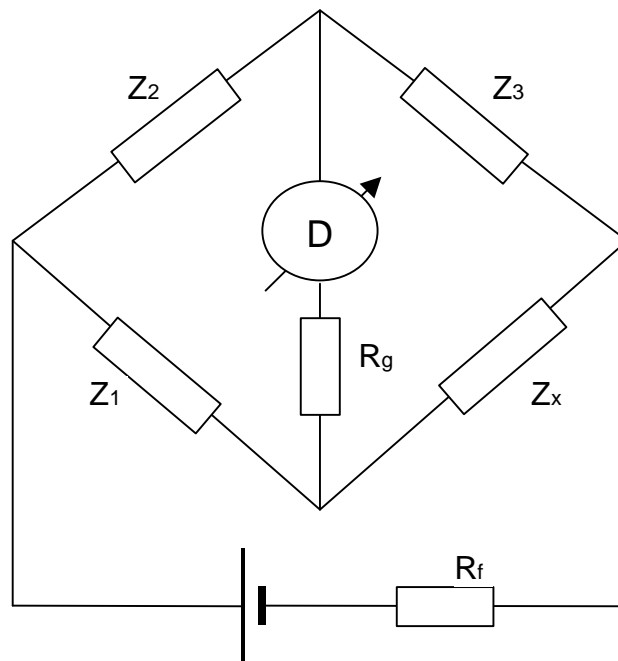


Figura 1:  
Configuración del  
puente

Donde:

$Z_x$  es la impedancia incógnita.

$Z_1$ ,  $Z_2$  y  $Z_3$  son impedancias variables y de valor conocido.

$R_f$  y  $R_g$  Resistencias internas de la fuente y del detector, respectivamente.

En la situación de equilibrio (tensión cero por la diagonal donde está el detector G) se obtiene que :

$$Z_1 \cdot Z_3 = Z_2 \cdot Z_x$$

Y por lo tanto:

$$Z_x = (Z_1 \cdot Z_3) / Z_2$$

Ahora bien, puesto que las impedancias pueden ser escritas como:

$$Z_i = |Z_i| \cdot e^{j\phi}$$

Luego, para lograr la condición de equilibrio se cumple que:

$$\begin{cases} |Z_1| \cdot |Z_3| = |Z_2| \cdot |Z_x| & (1) \\ \phi_1 + \phi_3 = \phi_2 + \phi_x & (2) \end{cases}$$

Si el puente sólo está compuesto de resistencias, denominándose en este caso puente de Wheatstone, las ecuaciones (1) y (2) devienen simplemente en:

$$R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_x$$

Por lo que:

$$R_x = (R_1 \cdot R_3) / R_2$$

## 2.2.: Factor de pérdidas – $\tan \delta$ :

Un capacitor, un cable o en general un equipo eléctrico, no tienen dieléctricos puros, es decir por los mismos se produce una circulación o fuga de corriente.

Esta corriente de fuga se denomina normalmente “corriente de pérdidas” y la relación entre ésta y la corriente capacitiva pura se la llama “factor de pérdidas” o “ $\tan \delta$ ”.

Luego, el circuito equivalente (fig. 2) y diagrama fasorial (fig. 3) del capacitor (o en general del aislante sometido a tensiones alternas) es:

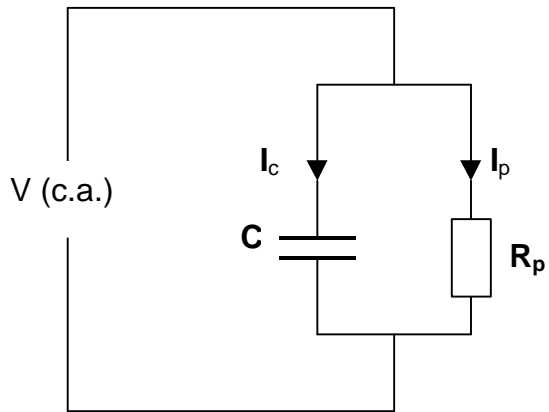


Figura 2: circuito equivalente de un capacitor

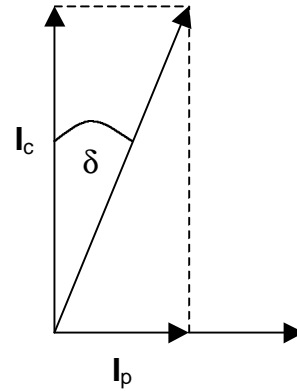


Figura 3: diagrama fasorial

Definiéndose el factor de pérdidas como:

$$\operatorname{tg} \delta = I_c / I_p$$

## 2. PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

Se efectuarán mediciones de parámetros tales como resistencia, capacidad, inductancia,  $\tan \delta$ , factor de mérito, etc; mediante la utilización de puentes de corriente alterna comerciales de los cuales se dispone en el laboratorio. Describiremos previamente dichos equipos.

### Elementos utilizados

#### **Puente BELCO BR-8S**

Se trata de un equipo capaz de medir R, L y C, así como relación de transformación, mediante un instrumento de bobina móvil actuando como detector de cero.

En la figura 4 vemos el frente del equipo, con los correspondientes controles:

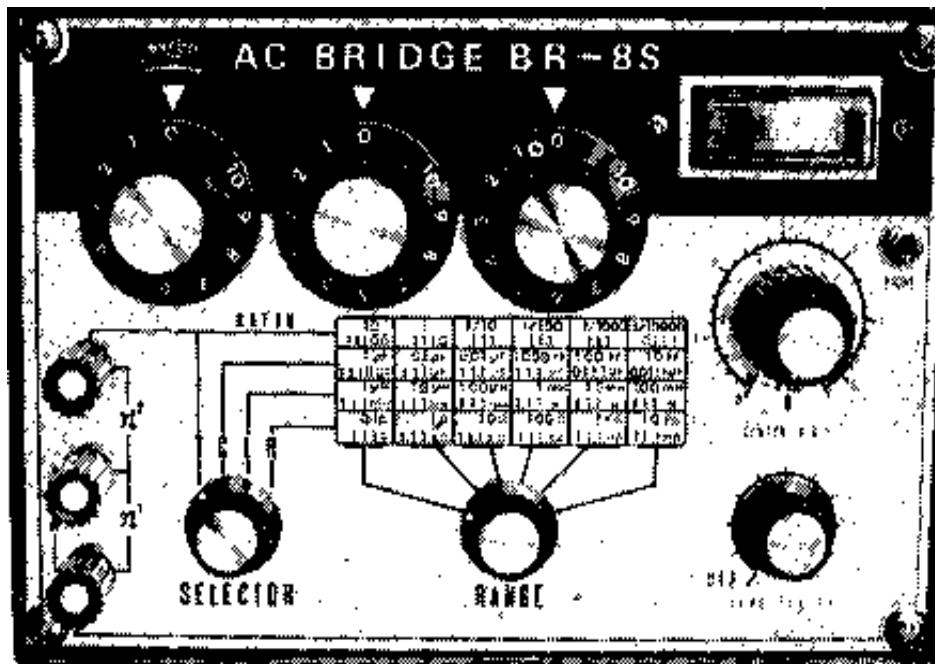


Figura 4: Puente  
BELCO – frente  
del equipo

La especificaciones del equipo son las siguientes:

Rangos	Exactitud
Resistencia: 0,1 $\Omega$ -11,1M $\Omega$	0,1 $\Omega$ -10 $\Omega$ ; $\pm 2\% + 0,1\Omega$
	10 $\Omega$ -5 M $\Omega$ ; $\pm 1\%$
	5M $\Omega$ -11,1M $\Omega$ ; $\pm 5\%$
Inductancia: 1 $\mu$ H – 111H	1 $\mu$ H – 100 $\mu$ H; $\pm 5\% \pm 1\mu$ H
	100 $\mu$ H - 111H $\pm 2\%$
Capacidad: 10pF – 1110 $\mu$ F	10pF – 1000pF; $\pm 2\% \pm 10$ pF
	1000pF - 111 $\mu$ F; $\pm 1\% - 1,5\%$
	111 $\mu$ F - 1110 $\mu$ F; $\pm 5\%$
Relación de transformación: 1/10000 – 1:11100	$\pm 1\% - 1,5\%$

Otros datos son que el equipo se alimenta con una batería de 9V, y que la fuente interna que alimenta el puente tiene una frecuencia de 1000Hz. Puede también conectarse un auricular para la detección audible del cero. En la figura 5 vemos el circuito interno del puente:

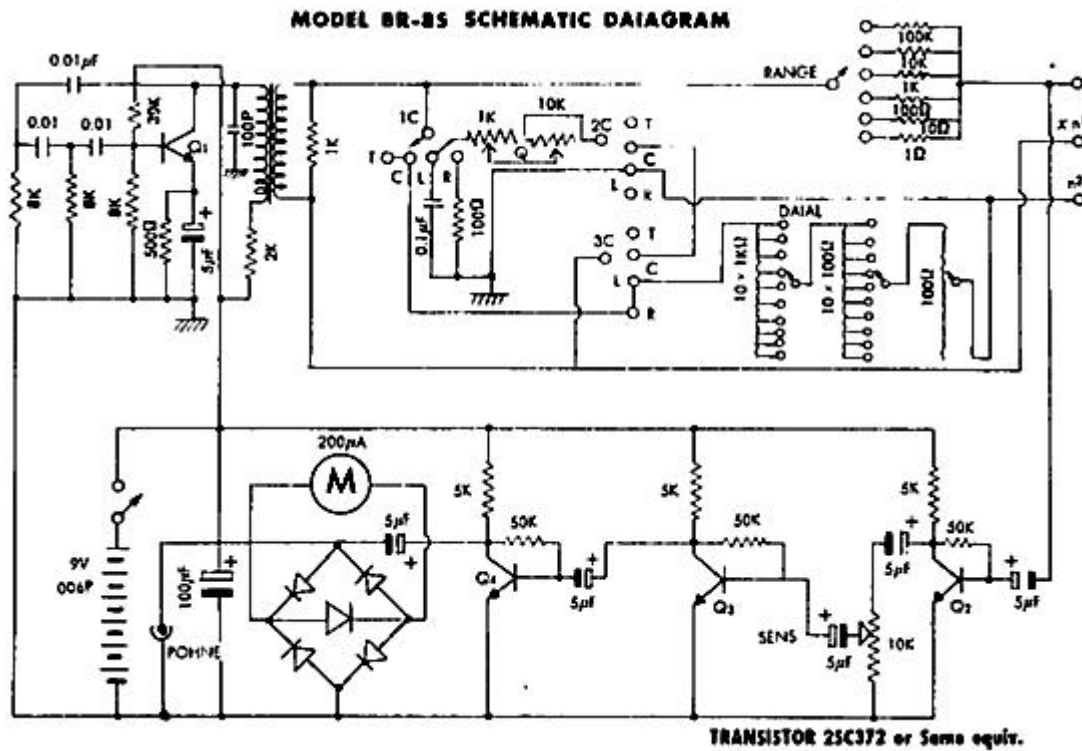


Figura 5: Puente  
BELCO – circuito  
interno

### Puente LEADER LCR - 740

Se trata de un instrumento diseñado para medición de resistencia, inductancia y capacitancia en un amplio rango. Está contruido en una unidad compacta, conteniendo una batería interna para medición de resistencia en CC, así como una fuente de 1 KHz para medición de C y L, mediante un detector de cero que incluye un amplificador y un instrumento de bobina móvil.

Podemos ver en figura 6, el frente del equipo con la descripción de las funciones de los controles:

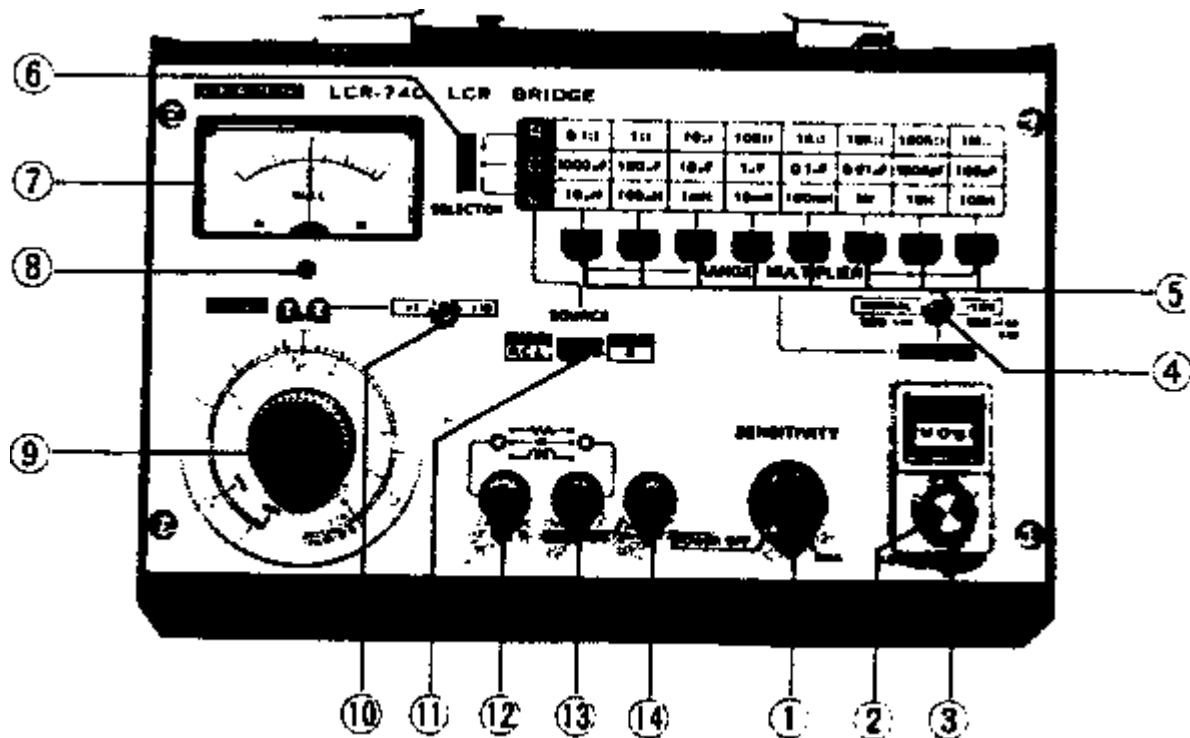


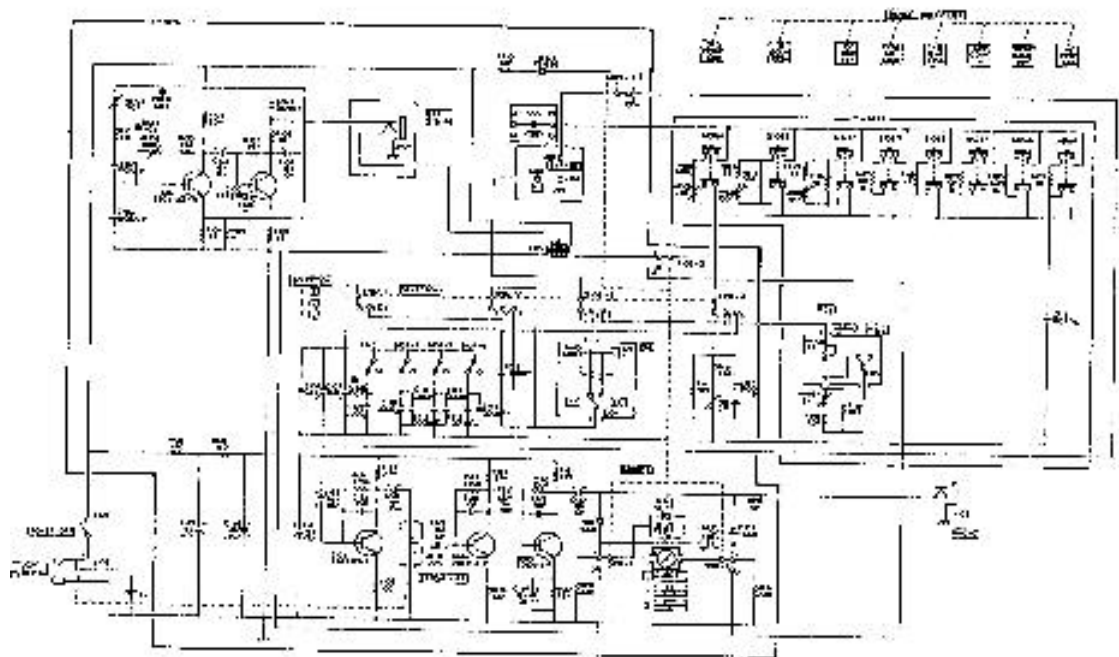
Figura 6: Puente LEADER – controles

1. encendido y control de sensibilidad
2. indicador RCL: display de 3 dígitos. Su indicación depende de la posición de las llaves selectoras de multiplicador de rango.
3. Perilla del indicador RCL
4. Llave Normal + 1,00. Se coloca en normal en las mediciones en general, y en +1,00 cuando desea extenderse el límite superior de medición.
5. Selector de rango de los componentes a medir
6. Selecciona R, C, L, según el componente a medir
7. Instrumento detector, indicador de cero o equilibrio del puente
8. Ajuste mecánico de cero del instrumento detector
9. Dial D. Q.
10. Selector X1 – X10
11. Selector de la fuente de alimentación del puente: selecciona entre una fuente de CC para medir resistencias en CC y una fuente de CA de 1Khz para medir R, C o L..
12. Terminal de conexión del componente incógnita
13. Terminal de conexión del componente incógnita
14. Terminal para poner a tierra el gabinete del equipo

La especificaciones del equipo son las siguientes:

Rangos	Exactitud
Resistencia: 0,001 $\Omega$ a 11M $\Omega$ en ocho rangos	1 $\Omega$ a 100K $\Omega$ ; $\pm 0,5\% + 0,1\%$
	1M $\Omega$ ; $\pm 1\% + 0,1\%$
	0,1 $\Omega$ ; $\pm 2\% + 0,1\%$
Notas: a) Válido a 20°C $\pm$ 5°C b) Resolución mínima: 1 m $\Omega$ c) Resistencia residual de los terminales: aproximadamente 3 m $\Omega$	
Inductancia: 0,1 $\mu$ H – 1100H en ocho rangos	10 $\mu$ H; $\pm 3\% + 0,1\%$
	100 $\mu$ H - 10H $\pm 0,5\% + 0,1\%$
	100H; $\pm 1\% + 0,1\%$
Notas: a) Válido a 20°C $\pm$ 5°C b) Resolución mínima: 0,1 $\mu$ H Inductancia residual de los terminales: aproximadamente 0,3 $\mu$ H	
Capacidad: 1pF – 11000 $\mu$ F en ocho rangos	100pF; $\pm 1\% + 0,1\%$
	1000pF - 100 $\mu$ F; $\pm 0,5\% + 0,1\%$
	1000 $\mu$ F; $\pm 2\% + 0,1\%$
Notas: a) Válido a 20°C $\pm$ 5°C b) Resolución mínima: 1 pF c) Capacitancia residual de los terminales: aproximadamente 3pF	
Factor de disipación (D) y Factor de calidad (Q) De 0,01 a 30, a 1Khz en dos rangos	$\pm 10\% + 3$ divisiones

También es posible utilizar un auricular para detectar el cero.





**3. INFORME A CARGO DEL ALUMNO**

- Anotar toda circunstancia no prevista en el presente informe

Trabajo Práctico original preparado por la Cátedra Instrumentos y Mediciones Eléctricas,  
versión 2001  
Elaboraron:

Ing. Jorge A. Sáenz  
Profesor A/C

Ing. Juan J. Salerno  
JTP

Ing. Pablo J. Bertinat  
Aux. 1ra