

# **GUIA DE LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO**

**1<sup>er</sup> Q. Curso 2010-2011**

**A continuación se indica las PRACTICAS DE ELECTRICIDAD .**

**1.- LEY DE OHM**

**Montaje de dos circuitos.- a) determinación de la fem de una pila y la resistencia interna de un voltímetro. b) determinación del valor de una resistencia**

**2.- PUENTE DE WHEASTONE**

**Medida de resistencias y comprobación de la regla de asociación**

**3.- CONDENSADOR PLANO / PERMITIVIDAD DEL VACIO y RELATIVA**

**Determinación de la permitividad del vacío  $\epsilon_0$  con un condensador plano. Valores de la permitividad relativa de varios materiales. Ecuación de Laplace. Variación del potencial y del campo con la distancia en un condensador plano y cilíndrico. Carga acumulada en las placas.**

**4. - DESCARGA DE UN CONDENSADOR. TIEMPO DE RELAJACION.**

**ASOCIACION DE CAPACIDADES EN SERIE Y PARALELO.**

**Descarga de dos condensadores en serie y paralelo. Tiempo de relajación y determinación de las capacidades de los condensadores a partir de la regla de asociación de capacidades**

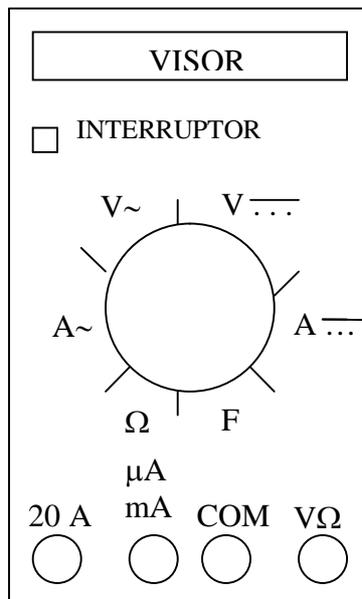
# ELECTRICIDAD

## EL MULTÍMETRO (MEDIDOR UNIVERSAL) O TESTER

Un multímetro es un aparato que puede medir distintos parámetros típicos eléctricos. Como hay multímetros de distintos fabricantes, resulta que a pesar de tener una presencia similar en muchos aspectos, siempre presentan algunas diferencias. En el laboratorio usamos multímetros de varias empresas: Promax, Kaise. Observar uno cualquiera de ellos.

En general tienen un dial que gira alrededor de intervalos numéricos separados. En cada intervalo se indica lo que el multímetro puede medir. Notar que figuran letras como la A(amperios/intensidad), V(voltios/tensión),  $\Omega$ (Ohmios/resistencia), F(faradios/capacidad) o L(henrios/inducción) aunque en algunos tipos pueden haber más posibilidades (y en algunos menos). De momento me limito a las comentadas.

Inicialmente para medir intensidades o tensiones, hay que indicar si se trabaja en continua o alterna. Los símbolos son CC o bien  $\text{---}$  en el caso continuo y CA o bien  $\sim$  en el caso alterno. Hay aparatos que tienen un botón que fija esta situación, en otros hay que buscar la letra con el símbolo indicado: (A $\text{---}$ , V $\text{---}$ ) en continua, o (A $\sim$ , V $\sim$ ) en alterna.



**Girar el dial de modo que quede la punta con la señal en el intervalo que se pretende medir. En cada intervalo hay diversos números que indican el máximo que se puede apreciar en cada caso. Si la medida que se toma es inferior a la que marca el dial, no hay problema, pero si es mayor el equipo se protege y en el visor sale una señal de bloqueo o de protección del equipo. En este caso debéis cambiar de escala y pasar, si es posible, a una superior. Para medir ohmios o faradios no hay ningún problema y basta poner el dial en el intervalo correspondiente.**

**Notar que por ejemplo el multímetro de la empresa Promax, tiene 8 intervalos en el dial. Se aprecia claramente el intervalo de los voltios V y amperios A en alterna y continua. Por ejemplo, vemos que en continua la intensidad mide entre 200  $\mu$ A hasta 200 mA. Esto nos dice que este aparato puede medir CC hasta 200 mA. En alterna va de 20mA a 200 mA. La escala de ohmios va de 200  $\Omega$  a 20 M $\Omega$ .**

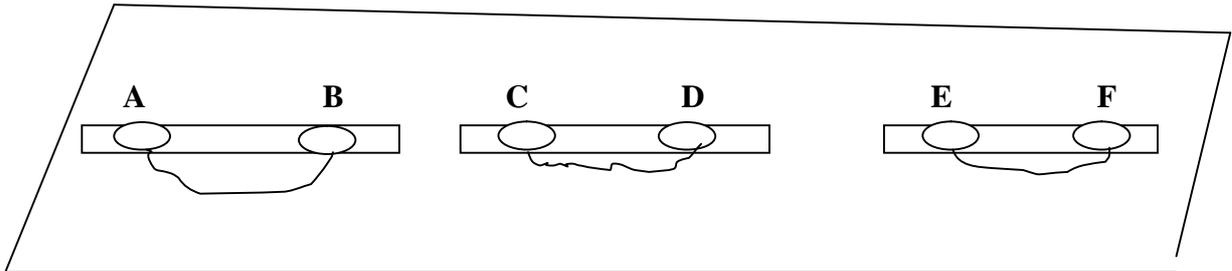
**Los hilos conectores tienen que estar en consonancia con el intervalo de medida elegido. Un hilo – digamos el que entra - podéis introducirlo al conector que indica lo que pretendéis medir, que debe ajustarse a lo que indica el dial. Notar que tensión y resistencia tienen el mismo conector. El de amperios es otro conector y si se quiere medir más de 200 mA, podéis poner el dial en 20m/20 A, en cuyo caso, el hilo debe ir a la entrada de 20 A. En todos los casos el hilo de salida debe conectarse al COM (común).**

# PRÁCTICA 1

## LEY DE OHM

### Previo.

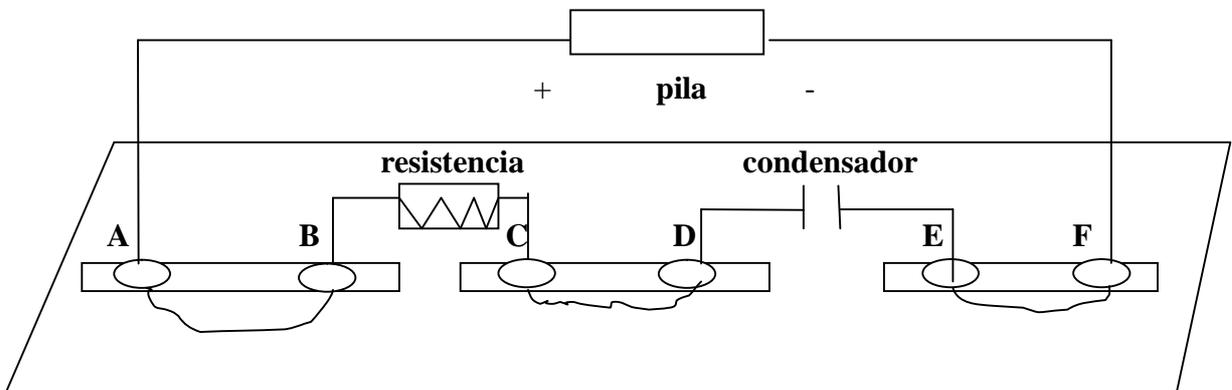
Para hacer el montaje del circuito usaremos el tablero de plástico que hay encima la mesa. Este tablero consta de varios conectores.



**Fig. 1: Tres conectores del tablero.**

Cada conector tiene dos polos que se conectan entre sí por la parte inferior, por lo que los dos polos son el mismo punto (eléctricamente hablando). Esto quiere decir que si al montar un circuito entra una señal, por ejemplo por el polo A, podemos seguir la línea saliendo por el polo B (fig. 2).

Supongamos que queremos conectar una resistencia en serie con un condensador, ambos en serie con una pila. El ejemplo ilustra la manera de actuar



**Fig. 2: La pila tiene un hilo que sale de su borne (por ejemplo el positivo) que va al primer conector con entrada en A. La señal sale por B y entra en la resistencia. Luego sale de la resistencia y entra en C. La señal sale por D y entra en el condensador. A continuación la señal sale del condensador y entra en E, saliendo por F. Conectamos F con el otro borne de la pila (borne negativo).**

## PRACTICA.-

### Determinación de la fem de una pila, de la resistencia interna de un voltímetro y de una resistencia incógnita $R_x$ .

#### Montaje.-

Montar el circuito de la fig. 3. Consta de una resistencia variable  $R_v$ , de una caja de aluminio en la que hay una fuente de tensión, y del voltímetro.

En realidad  $R_v$  consiste en 10 resistencias que están, todas ellas, incluidas en una caja. Su valor está indicado en la caja. Una salida es común a todas las resistencias, la otra salida está conectada a cada una de ellas. Al ir cambiando esta conexión, va cambiando el valor de la resistencia.

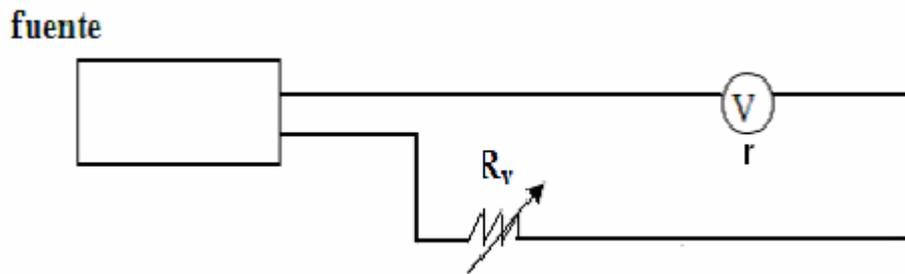


Fig. 3

Ir dando cada uno de los valores de  $R_v$  y anotar los de  $V$  que da el voltímetro. Hacer la tabla.

$V$	$1 / V$	$R_v$
-----	---------	-------

#### Fundamento Teórico

En este circuito se cumple, según la ley de Ohm generalizada, que la fem  $E$  aplicada vale

$$E = (R_v + r)I = R_v I + rI \quad (1)$$

siendo  $R_v$  el valor de la resistencia que hemos aplicado y  $r$  la interna del voltímetro que hemos colocado en serie con  $R_v$ . Ahora bien, la  $I$  que pasa por el circuito entre los extremos del voltímetro cumple  $I = V / r$ , por lo que  $E = (R_v + r) V / r$ ; despejando  $1/V$ :

$$1/V = \frac{R_v + r}{Er} = \frac{R_v}{Er} + \frac{1}{E} \quad (2)$$

ecuación del tipo  $Ax + B$ , que es una recta, siendo  $A = 1/Er$  (es la pendiente) y  $B = 1/E$  (es la ordenada en el origen). Así que si representamos, en papel milimétrico,  $1/V$  (calculadora) en función de  $R_v$ , tendremos una recta de pendiente  $1/Er$  y de ordenada en el origen  $1/E$ . A partir de la ordenada en el origen sabremos  $E$  y, conocido este valor y el de la pendiente, podemos determinar  $r$ .

**2ª parte : montaje**

Ahora, en el circuito, cambiar el voltímetro por un tester en formato “amperímetro” en c.c. y colocar en serie, entre  $R_v$  y el amperímetro la resistencia  $R_x$  (ver la fig. 4).

**Fundamento teórico**

Este circuito, por la ley de Ohm, cumple que  $V = (R_x + R_v) I$ , siendo  $V$  el valor del potencial aplicado que es justamente el valor de  $E$  obtenido anteriormente

Así que

$$1/I = (R_x + R_v) / E = \frac{R_x}{E} + \frac{R_v}{E} \quad (3)$$

Hacer la tabla siguiente

I	1 / I	$R_v$
---	-------	-------

y representar gráficamente  $1/I$  frente a  $R_v$ . Según (3) es una recta de pendiente  $1/E$  y de ordenada en el origen  $R_x/E$ . Representar esta recta. De la ordenada en el origen deducir  $R_x$ . Nótese que la pendiente debe coincidir con  $E$  (que es la fem calculada en la primera parte).

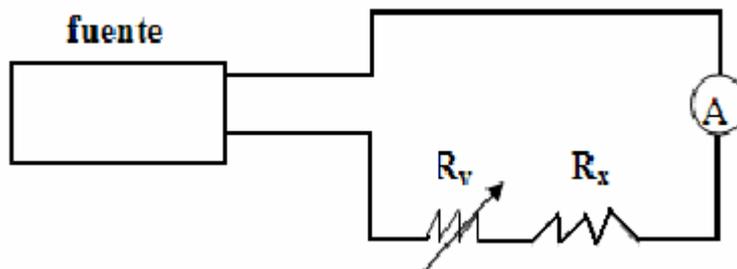


Fig. 4

**Hacer cada gráfico en un papel milimetrado distinto. Hacer los gráficos de modo que las divisiones en los ejes sean lo suficientemente separadas de manera que el gráfico ocupe toda la hoja.**

**HOJA DE PRÁCTICAS. Equipo= Grupo= P=1.**

**Nombre de los alumnos que han realizado la práctica**

.....  
.....

---

---

**Nombre de la práctica : Ley de ohm.**

**Objetivo: Valorar la fem de una pila y la r interna del voltímetro y calcular el valor de una resistencia desconocida.**

=====,

<b><math>R_v</math></b>	<b>V del voltímetro</b>	<b>1 / V</b>

**Recta de regresión :**

**FEM de la pila =**

**RESISTENCIA INTERNA DEL VOLTIMETRO: r =**

<b>I</b>	<b>1 / I</b>	<b><math>R_v</math></b>

**Recta de regresión :**

**VALOR DE  $R_x$  =**

**(utilizar la parte trasera de esta hoja para anotaciones y cálculos)**

## PRÁCTICA 2

### PUENTE DE WHEASTONE

#### **Medida de resistencias.**

#### **Comprobación de las reglas de asociación de resistencias**

El puente está dibujado en la fig. 1. Es evidente que al conectar la pila, en condiciones normales, debe pasar corriente por cada rama del circuito. Podemos conseguir, para valores adecuados de las resistencias, que NO pase corriente por CD en cuyo caso el potencial que marca el voltímetro V es cero. Entonces se dice que el puente está en equilibrio y se cumple:  $R_1R_3=R_2R_4$  (1) (ecuación del equilibrio del puente). Supongamos que tenemos el circuito con dos resistencias conocidas fijas, por ej.  $R_2$  y  $R_3$ , que  $R_4$  es variable (la llamaré  $R_v$ ) y que  $R_1$  es desconocida (será:  $R_x$ ). Entonces (1) es  $R_x R_3=R_2 R_v$ , o bien  $R_x=R_2R_v/R_3$  (2). Esta expresión, que permite calcular  $R_x$ , sólo es aplicable si el puente está en equilibrio, es decir, si no pasa corriente por CD. Esto, inicialmente, no ocurrirá al colocar  $R_2$  y  $R_3$  arbitrarias, pero lo **podemos conseguir si, colocadas estas últimas resistencias citadas, vamos variando  $R_v$** . Es por tanto un método útil para determinar resistencias.

#### Montaje

Montar el circuito, atendiendo al equipo que hay en la mesa y guiaros por la figura 2.

En la mesa hay dos resistencias que llamaremos  $R_a$ ,  $R_b$ . Medir su valor utilizando el ohmiómetro **que debéis poner en formato de medir resistencias ( $\Omega$ )**. Anotar los valores de estas resistencias. Estas resistencias harán el papel de  $R_2$  y  $R_3$ . Como resistencia variable utilizaremos el aparato que va acompañado de la letra  $R_v$ .

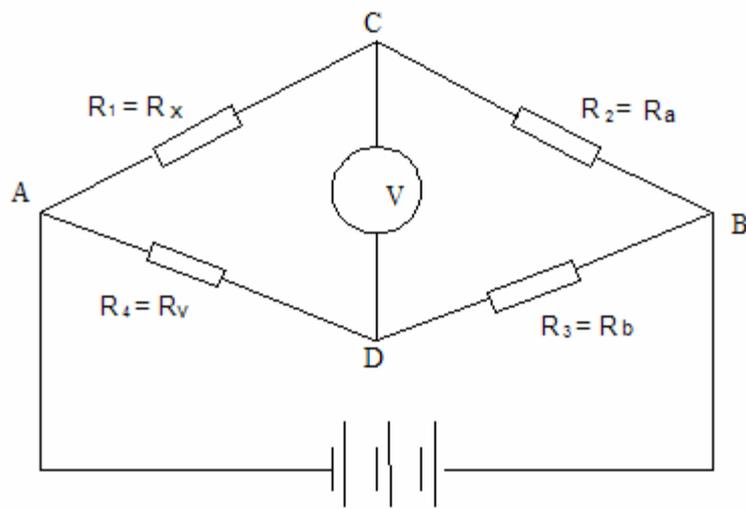
Se trata de determinar el valor de las tres resistencias desconocidas que tenéis en la mesa, que van etiquetadas como  $R_x$ ,  $R_y$ , y  $R_z$ . Primero **determinaremos el valor de estas resistencias, una a una, en dos medidas y haremos la media.**

**A continuación mediremos las tres resistencias  $R_x$ ,  $R_y$ ,  $R_z$  a) colocadas en serie (al resultado le llamaré  $R_s$ , b) colocadas en paralelo (al resultado le llamo  $R_p$ ) y c) colocadas en la forma mixta citada antes (al resultado le llamo  $R_m$ ). Como antes, también lo haremos en dos medidas.**

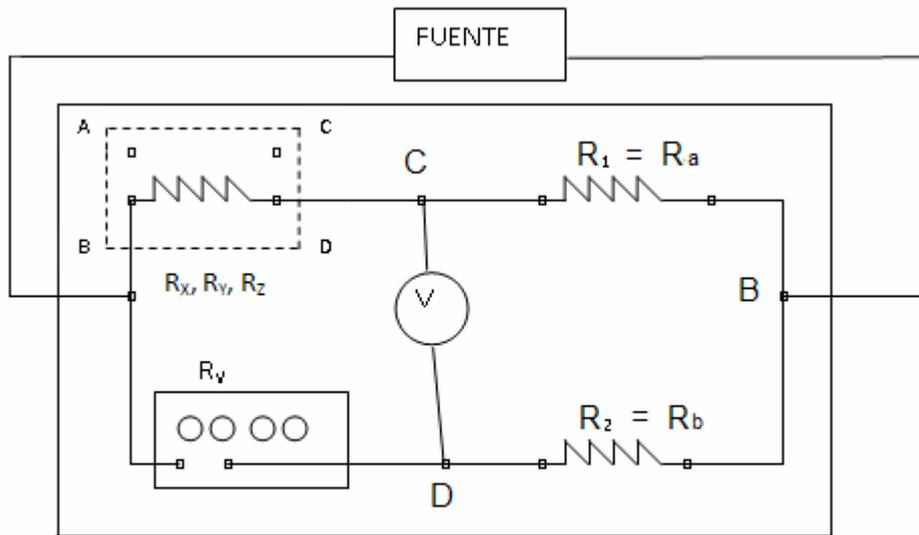
**Con los valores medios individuales obtenidos, aplicar la conocida regla de asociación de resistencias y calcular numéricamente el valor que sale al ponerlas en serie (que denomino  $R_{ns}$ ); en paralelo ( $R_{np}$ ) y poniendo la primera y segunda en serie, en paralelo con la tercera ( $R_{nm}$ ). Como objetivo final se trata de comprobar la regla de asociación de resistencias, es decir  $R_s=R_{ns}$ ,  $R_p=R_{np}$  y  $R_m=R_{nm}$**

#### Operativa

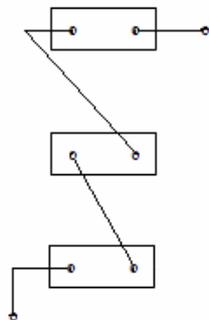
Según la fórmula (2) para calcular la resistencia incógnita tenemos que tener dos conocidas ( $R_1=R_a$  y  $R_2=R_b$ ) que colocamos en el circuito en las ramas CB y DB (fig. 2). Variar la resistencia variable  $R_v$  hasta que  $V=0$  momento que se equilibra el puente. Conseguido esto, aplicar (2) y tendremos la resistencia buscada. El cálculo de esta resistencia lo haremos dos veces: primero lo haremos poniendo las resistencias conocidas  $R_a$  y  $R_b$  en las ramas CB y DB. Posteriormente, permutándolas, repetiremos la medida. El valor de la incógnita será la media de los dos valores calculados. Calculados los valores de a) cada resistencia individualmente, b) de las tres en serie, c) de las tres en paralelo y d) de la mixta, **comprobar que se cumple que  $R_s=R_{ns}$ ,  $R_p=R_{np}$ ; y  $R_m=R_{nm}$  de acuerdo con la regla de asociación de resistencias.**



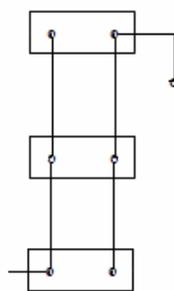
**Fig 1**



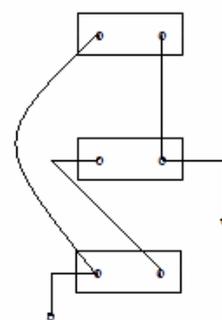
Puente de Wheastone



Serie



Paralelo



Mixta

Nombre de los alumnos que han realizado la práctica

.....

.....

Nombre de la práctica : Medida de resistencias con el puente de Wheastone.

Objetivo: Medir tres resistencias y comprobar la regla de asociación.

=====

Incógnita	$R_v$	$R_a=$	$R_p=$	Valor calculado	Valores medios
$R_x$		Rama CB	Rama DB	$R_x=$	
		Permuta		$R_x=$	$\langle R_x \rangle =$
$R_y$		Rama CB	Rama DB	$R_y=$	
		Permuta		$R_y=$	$\langle R_y \rangle =$
$R_z$		Rama CB	Rama DB	$R_z=$	
		Permuta		$R_z=$	$\langle R_z \rangle =$
$R_s$		Rama CB	Rama DB	$R_s=$	
		Permuta		$R_s=$	$\langle R_s \rangle =$
$R_p$		Rama CB	Rama DB	$R_p=$	
		Permuta		$R_p=$	$\langle R_p \rangle =$
$R_m$		Rama CB	Rama DB	$R_m=$	
				$R_m=$	$\langle R_m \rangle =$

Calcular numéricamente a partir de los valores medios de  $R_x$ ,  $R_y$  y  $R_z$ , el valor de

la resistencia serie  $R_{ns} =$

resistencia paralelo  $R_{np} =$

y la mixta  $R_{nm} =$

Para los cálculos (y anotaciones), utilizar la parte trasera de esta hoja.

Indicar las diferencias:  $R_{ns} - \langle R_s \rangle =$        $R_{np} - \langle R_p \rangle =$        $R_{nm} - \langle R_m \rangle =$

## PRÁCTICA 3

### ESTUDIO DEL CONDENSADOR.

**Permitividad del vacío. Permitividad relativa. Valor del Potencial y del campo entre los electrodos. Carga en cada electrodo.**

#### **Permitividad del vacío y permitividad relativa.**

En la mesa disponéis de un tester preparado para medir capacidades. También hay dos láminas planas de PVC y PET y un condensador de placas planas que pueden desplazarse de forma controlada mediante un tornillo micrométrico. Conectar el tester en formato “capacidad” y en la “escala de nF”, a las armaduras del condensador. Como se trata de un condensador plano, la capacidad, cuando entre placas queda aire (en tal caso  $\epsilon_r$  es aproximadamente 1), es  $C_0 = \epsilon_0 S/d$ , siendo S el área de las placas y d la distancia entre ellas. Como las placas son circulares, el área es  $S = \pi r^2$ , siendo r el radio que vale 13 cm en el equipo Phywe o 12,5 cm en el equipo Elwe. Calcular el valor de S en el sistema MKS.

Poner las placas del condensador a una distancia de 1 mm. Éste será nuestro valor de espesor d inicial. Separar las placas, progresivamente, tomando los siguientes valores

$$d = 1 \quad 1,5 \quad 2 \quad 2,5 \quad 3 \quad 3,5 \quad 4 \quad \text{mm}$$

y anotar los valores de la capacidad que indica el tester para cada desplazamiento.

Así tendremos 7 valores de  $C_0$  que indicaremos en picofaradios ( $F \times 10^{-12}$ ).

Sabemos que la fórmula de la capacidad en el condensador plano es  $C_0 = \epsilon_0 S/d$  (1). Si representamos  $C_0$  en función de S/d, tendremos una recta. Notar que su pendiente es  $\epsilon_0$ .

Calcular S/d (en el sistema de unidades MKSQ). Ahora podemos hacer el gráfico en papel milimétrico.

Hallar  $\epsilon_0$ . Su valor exacto es  $\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \times 9 \times 10^9} = 8,85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ . Apreciar la diferencia.

Visto este punto, podemos pasar a ver el valor de la permitividad relativa de dos materiales aislantes plásticos. Se trata de PVC y PMMA. Medir el espesor d de cada material. Sean estos valores  $d_{\text{pmma}}$  y  $d_{\text{pvc}}$ . Poner las placas a la primera de estas distancias, usar el tornillo micrométrico y mirar la capacidad que indica el tester. Anotar la capacidad  $C_0$  (PMMA). Ahora colocar la placa de PMMA entre las placas del condensador y cuidar que el tornillo micrométrico quede en el mismo punto que antes. Sea C (PVC) el valor de capacidad que da el tester.

\*Ahora repetir el mismo proceso con la placa de PVC .

La relación entre  $C/C_0$  siempre es la permitividad relativa (no tiene dimensiones y siempre es mayor que 1 (en el vacío  $\epsilon_r = 1$ ). Como  $P = \epsilon_0(\epsilon_r - 1) E$  ; si  $\epsilon_r = 1$  que es el caso del vacío,  $P = 0$ . Notar que  $\epsilon_r$  valora el grado de orientación o polarización P que alcanza el material al aplicarle el campo E.

#### Estudio del condensador

Podemos hacer un estudio de un condensador y valorar lo que vale el campo y el potencial entre placas, así como la carga que acumulan los electrodos, cómo cambia la carga mientras se carga o descarga y más cosas.

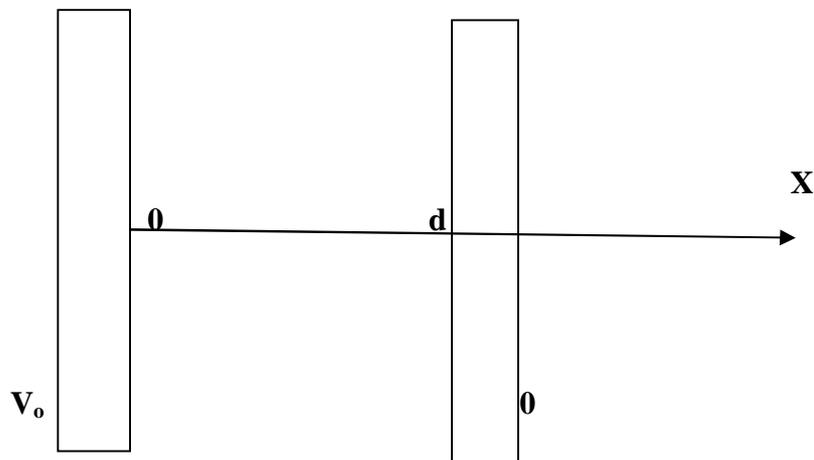
En este caso vamos a trabajar un poco con un condensador plano y uno cilíndrico. Entre placas se cumple que en cada punto P de coordenadas (x,y,z), la ecuación fundamental de la electrostática, para el potencial V, es:

$$\Delta V(x, y, z) = -\frac{\rho(x, y, z)}{\epsilon_0} \quad (1) \quad (\text{ecuación de Poisson})$$

Si en el interior del condensador hay aire, tenemos que  $\rho = 0$ , y por tanto (1) es la ecuación de Laplace:  $\Delta V = 0$  (2). La resolución de esta ecuación nos dice cómo cambia el potencial en cada punto.

Podemos formar un condensador, utilizando el equipo que tenemos en la mesa. Colocar las dos barras metálicas enfrentadas paralelamente, distantes d y bien sujetas con los tornillos. Aplicar un potencial  $V_0$  a la varilla izquierda. La derecha conectarla a tierra, por lo que está a potencial cero.

**El sistema lo podemos representar como indica la figura:**



Entre  $x=0$  y  $x=d$ , el potencial cambia de  $V_0$  a 0. La función  $V(x)$  sigue la ley que resulta de resolver la (1). Haciendo cálculos se llega a  $V(x) = -Ax + B$  (3).

Se trata de una recta. El campo por su parte es  $E = -\frac{dV}{dx} = A$  que es una constante. El

desplazamiento es  $D = \epsilon_0 E$ , por lo que también es constante y, como el campo E es normal a las placas (esto sería totalmente correcto si las placas fueran infinitas), de las condiciones de separación de D tendremos que en  $x=0$ ,  $D = \sigma = Q/S$  siendo Q la carga de la barra izquierda. Su valor es  $Q = DS = \epsilon_0 ES = \epsilon_0 V_0 S / d$  (en la otra placa vale lo mismo pero con signo cambiado).

Para el caso de un condensador cilíndrico, el proceso sería similar pero la ecuación de Laplace se debe resolver en cilíndricas. La solución es

$$V(r) = B - A \ln r; \text{ con } R_1 < r < R_2 \quad (4)$$

y el campo es  $E(r) = -dV/dr = A/r$ . (5)

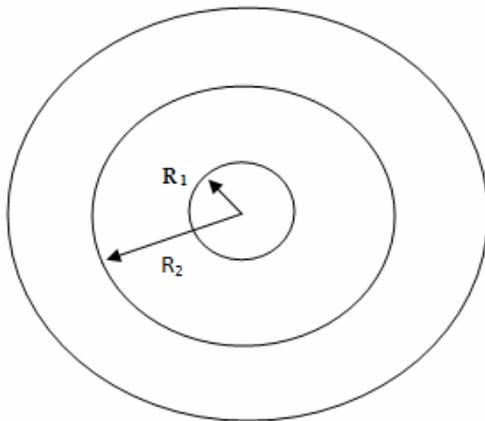
El desplazamiento D es como antes  $D = \epsilon_0 E$ , pero ahora E(r) por lo que D(r). En  $r=R_1$  tendremos

$$D(r = R_1) = \epsilon_0 E(r = R_1) = -\epsilon_0 \frac{dV}{dr}(r = R_1) = \epsilon_0 \frac{B}{R_1} = \sigma (r=R_1) = Q/S$$

de la que puede deducirse la carga Q de la armadura interna (que es la carga del condensador): Q de la armadura interna es

$$Q(r = R_1) = \epsilon_0 S E(r = R_1) = \epsilon_0 S \frac{A}{R_1}$$

Claramente necesitamos el valor de A.

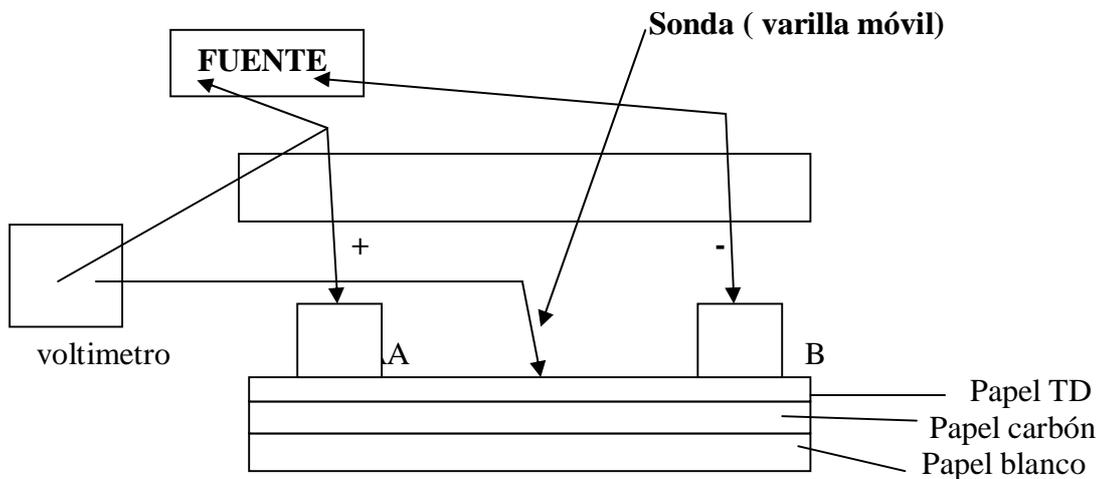


$$R_1 = 5 \text{ mm}$$

$$R_2 = 27 \text{ mm}$$

$$R_2 - R_1 = \text{Espacio entre electrodos} = 22 \text{ mm}$$

$$\text{Altura de los electrodos} = h =$$



Colocar en la base del equipo y en el orden que se indica, el papel resistivo (TD) , debajo el papel carbón y debajo una hoja ordinaria blanca.

En la caja tenemos los electrodos (barritas planas, aros y puntos cilíndricos). Colocar en A y B y apretar los 2 electrodos planos con los tornillos conductores. Conectar dos hilos entre las salidas de la fuente y los tornillos. Situar el voltímetro en paralelo con la salida de la fuente de modo que un polo del voltímetro quede conectado al electrodo positivo y el otro polo quede libre sujeto a una varilla móvil (sonda), es decir que podamos desplazarlo con la mano y apretar en cualquier punto del plano de papel TD que queda entre electrodos.

Encender la fuente por la parte trasera y aplicar  $V_0$  voltios. Girando el botón que se indica con la letra V aplicar la tensión de 18 Voltios que veréis en el visor del tester si

tocáis con la sonda el electrodo negativo. Esta tensión es la que tendremos siempre entre los electrodos que en este caso forman un condensador.

Como la sonda acaba en punta, dibujar, presionando algo, "no mucho", la situación de los dos electrodos de manera que tengamos en el papel blanco la referencia de donde están ambos electrodos.

Tocar con la sonda el bajo electrodo: el voltímetro indicará la diferencia de potencial aplicado. Si apretamos en cualquier punto P intermedio entre barras, (normalmente, no debería dar nada), este caso, como hemos colocado el papel TD, que es resistivo, tendremos que el voltímetro marcará la caída de tensión entre el positivo y el punto P. Si se tantea con la sonda sobre el papel TD veremos que podemos encontrar valores de potencial que van de 18 a cero y es fácil ver que hay muchos puntos que tienen el mismo potencial. Si fuéramos señalando puntos del mismo potencial, tendríamos líneas equipotenciales. Si tenéis tiempo, al final, podéis determinar alguna equipotencial. El campo es perpendicular a cada punto de esta línea.

Entre electrodos colocar la escala métrica que permite saber la distancia  $x$  entre electrodo izquierdo ( $x=0$ ) y el punto de medida. Si tocamos y presionamos con la sonda el papel a distintas distancias  $x$ , podemos anotar  $V$  para cada  $x$ . Anotar  $V$  cada 0,5 mm. El valor de  $V$  solo será válido si el contacto es bueno.

Representar en papel milimetrado  $V(x)$ . Es la recta (3). Hallar la pendiente y la ordenada en el origen. La pendiente es el campo. Representar  $V(x)$  y el campo  $E(x)$  en papel milimétrico. Dar la carga  $Q$  que tiene el condensador.

Ahora cambiar los electrodos planos por el anillo circular que pondremos como electrodo exterior y poner como interior, un cilindro puntual. Así formaremos un condensador cilíndrico. En otra hoja de papel milimétrico, representar gráficamente  $V(r)$  entre  $R_1$ (interior) y  $R_2$  (exterior). Tendremos la curva (4). Representar  $V$  en función de  $\ln r$ . Esto da una recta. Hallar  $A$  y  $B$ . En este caso  $A$  no es el campo como en el caso plano. El campo es  $E(r)=A/r$ , es decir cambia con la distancia. Calcular el valor del campo para cada  $r$ . Dar la carga  $Q(r=R_1)$ , que es la carga del condensador. Si hay tiempo podéis determinar alguna equipotencial. Como antes hemos comentado, el campo debe ser perpendicular a cada punto de esta línea.

**Nombre de los alumnos que ha realizado la práctica**

.....  
 .....

**Nombre de la práctica: Estudio del condensador.**

**Objetivo: Medir los valores de la C de un condensador plano.**

**Determinacion del valor de  $\epsilon_0$ .**

**Determinacion de la  $\epsilon_r$  de dos placas aislantes**

**Estudio del condensador plano y cilíndrico.**

<b>d(metros)</b>	<b>C (pF)</b>	<b>S / d(m)</b>

Equipo : Radio de las placas  $r =$                   área  $S =$

**Gráfico 1.-** Representar  $C = f(S/d)$ . Dar la recta de regresión

**Valor de la  $\epsilon_0$  calculada del gráfico =**

**De los dos aislantes utilizados dar sus espesores ( usando el pie de rey)**

**d (pmma) =    d( pvc) =**

**Capacidad con PVC :                          C( PVC) =**

$\epsilon_{r\ pvc} = C(pvc) / Co(pvc) =$

**Capacidad con PMMA :                          C(PMMA) =**

$\epsilon_{r\ pmma} = C(pmma) / Co(pmma) =$



r mm							
E (V/cm)							

Representar en la misma hoja del grafico 4, la variación E(r). Tomando el eje vertical de la izquierda como eje E.

Dar los valores de  $E(r=R_1) =$  ;y  $E(r=R_2) =$

y determinar la carga del condensador  $Q(r=R_1) =$   
 Valor de S=

**Operaciones, cálculos y comentarios en la parte trasera de las mismas**

## PRACTICA 4

### CARGA Y DESCARGA DE UN CONDENSADOR .

#### **Tiempo de relajación. Determinación de capacidades .**

Se trata de montar un circuito que permita primero cargar y posteriormente descargar los dos condensadores  $C_1$  y  $C_2$  dados en el circuito. La práctica la haremos colocando primero  $C_1$  y  $C_2$  en serie y después, en una segunda parte, los pondremos en paralelo. El circuito que tenéis en la caja viene dado en la fig.1 con los puntos principales numerados. En la fig 2 podéis ver el esquema básico de carga de un condensador  $C_x$  (zona C.C en la fig 1) y en la fig 3 vemos el de la descarga (zona C.D en la fig 1). En esta práctica se trata de seguir la caída de tensión  $V$ , durante la descarga a través de una resistencia  $R_d = 11 \text{ M}\Omega$ , con un voltímetro electrostático (V.E) que tiene una resistencia interna  $R_i = 11 \text{ M}\Omega$  muy alta (justamente coincide con la  $R_d$ ). Primero cargaremos los condensadores –proceso que se realiza de forma inmediata ya que no hay resistencia en este circuito de carga– y a continuación pasaremos a realizar su descarga que la haremos a través de una resistencia que es la equivalente a  $R_d$  y  $R_i$  **que están en paralelo.**

**Tanto en el caso serie como en el paralelo, el circuito de descarga es el mismo.**

Montaremos primero el **circuito de descarga** atendiendo a la fig 3. Para ello conectar 3 y 8 al voltímetro. Encenderlo, esperar que se caliente y ajustarlo a cero. Ponerlo en formato potencial V con el dial de la derecha a 5 V.

**Circuito de carga:** conectar  $C_1$  y  $C_2$  en serie (fig. 4). Conectar 3 con 7 para cerrar el circuito, y los bornes 1, 6 a la fuente. Encender la fuente a 5 V. Este circuito solo funciona cuando está cerrado por lo que debemos apretar el botón B. **Al soltar B, se abre el circuito de carga y se inicia la descarga** a través de la resistencia  $R_e$  equivalente a la  $R_d$  y a la del  $R_{VE}$ , que están en paralelo.

La descarga se sigue a través del voltímetro en el que podemos ver la caída de  $V$  con el tiempo. Para medir el tiempo, utilizar el cronómetro que tenéis en la mesa. Finalizada la medida de la caída de  $V$  cuando los condensadores están en serie, repetir con los condensadores en paralelo. La descarga sigue la ley  $V(t) = V_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$  (1)

la  $\tau = ReC$  se llama tiempo de relajación que traduce el tiempo que tardan los condensadores en descargar, siendo  $C$  la  $C_s$  o la  $C_p$  según estemos en el caso serie o paralelo. Se cumple que  $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$  (2); o bien  $C_p = C_1 + C_2$  (3). Como  $C_p > C_s$ , se

tiene que  $\tau_s > \tau_p$ , es decir en el caso serie el sistema tarda más en descargar. La medida inicial es  $V_0 = 5$  voltios, a partir de este valor la aguja cae hasta  $V=0$ . Podéis anotar los tiempos correspondientes a las caídas de  $V$  correspondientes a intervalos de 0,5 voltios entre 5 y 0,5 voltios. Repetir la medida y hacer la media de los 10 valores obtenidos. Ahora podéis trazar el gráfico de la caída de cada uno de los dos casos estudiados.

Representar gráficamente la caída de  $V(t)$ . Si en (1) hacemos  $t = \tau = ReC$ , (4) entonces  $V(t) = V_0/e$ , es decir, si representáis la caída de  $V$  (ordenadas) con  $t$  (absisas), llega un momento que  $V = V_0/e$ , entonces extrapolando este valor al eje de absisas, tendremos el

tiempo  $t$  que ha transcurrido desde que  $V=V_0$  hasta que vale  $V_0/e$ , que es justamente  $\tau$ . Anotar el valor de este tiempo en los dos casos.

También podemos calcular  $\tau$  tomando logaritmos de la (1) :

$$\ln V = (-t / \tau) + \ln V_0 \quad (5)$$

El gráfico  $\ln V = f(t)$  es una recta, cuya pendiente es  $1/\tau$ .

Una vez se tienen los valores de los tiempos de relajación, podemos calcular los valores de  $C_s$  y  $C_p$  de la (4) y substituyendo en (2) y (3). Así tendréis un sistema de 2 ecuaciones con dos incógnitas, que podéis resolver y determinar los valores de las capacidades  $C_1$  y  $C_2$  de los dos condensadores. A partir de estos valores de  $C_1$  y  $C_2$  podemos obtener los valores de los tiempos de relajación de cada uno de los condensadores utilizado, ya que es claro que  $\tau_1=C_1R$  y  $\tau_2=C_2R$ . Por tanto estos tiempos corresponden a los dos condensadores si descargaran individualmente. Veamos este punto de forma concreta:

### Medida directa del tiempo de relajación de $C_1$ y $C_2$

Poner en el circuito el condensador  $C_1$  solo, aplicar el potencial  $V_0$  para cargarlo y descargar. Con el cronómetro en mano, calcular el tiempo que tarda en alcanzar  $V_0/e$ . Es el tiempo de relajación. Sea este valor  $\tau^*_1$ .

Repetir con  $C_2$  y sea el tiempo de relajación  $\tau^*_2$ .

Hallar el error cometido entre el cálculo realizado antes y la medida directa, dando la diferencia entre las  $\tau_i$  de cada condensador calculado antes y las que habéis alcanzado en las caídas  $\tau_i^*$ , ahora.

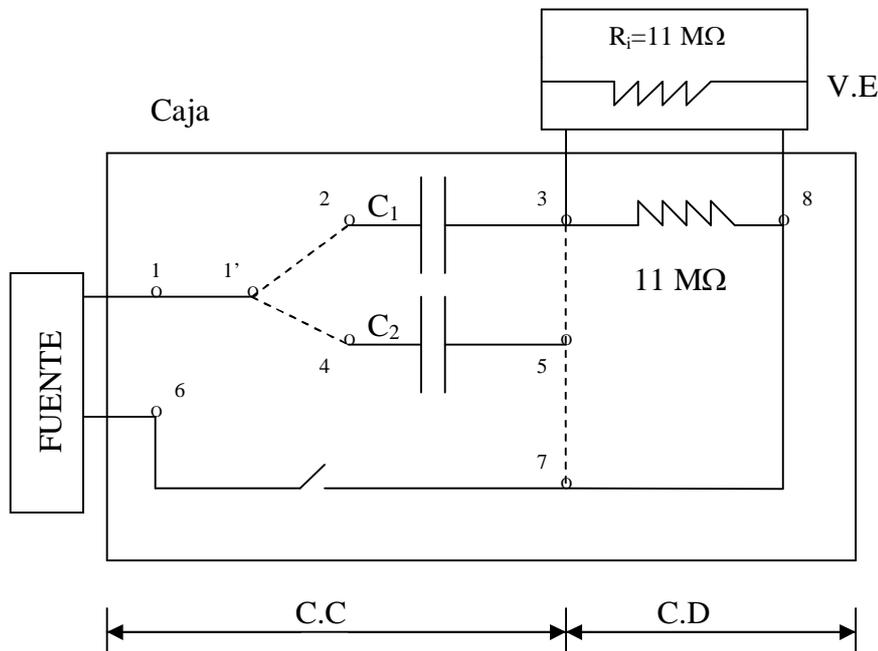
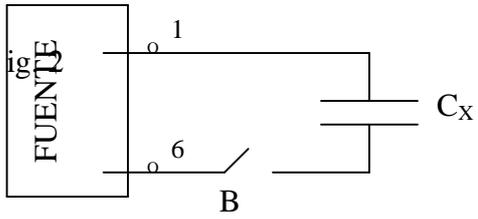
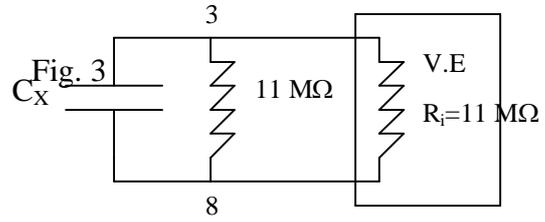


Fig. 1

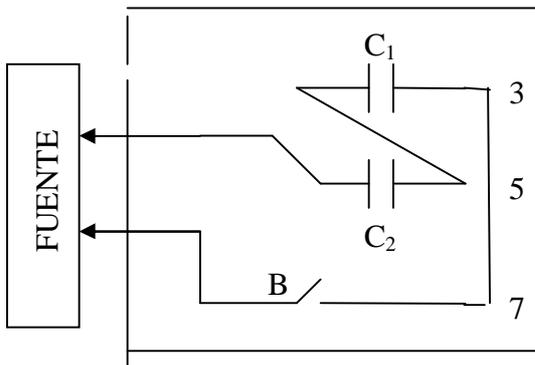
Circuito de Carga (C.C):



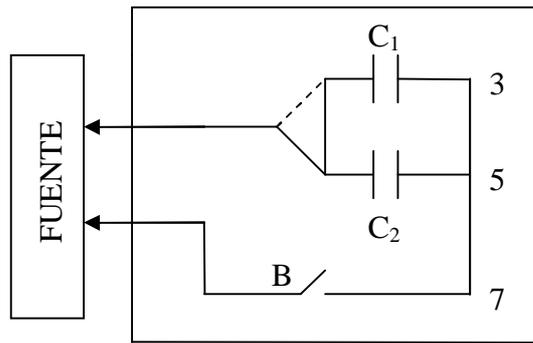
Circuito de descarga (C.D.):



$C_x \approx C_1, C_2$  serie:



$C_x \approx C_1, C_2$  paralelo:



Nombre de los alumnos que han realizado la práctica

.....

.....

**Práctica: Descarga de condensadores en serie y en paralelo, valores de los tiempos de relajación y de las capacidades**

**Objetivo.-** Grafico de la descarga ; medir los valores de los tiempos de relajación  $\tau(s), \tau(p)$  de dos condensadores colocados en serie y en paralelo . Obtener los valores de sus capacidades

=====’  
**Entregar solo esta hoja con la tabla de los datos correspondientes a V(t). Aplicar el método logarítmico (5) para hallar los tiempos de relajación. Anotar los valores de los tiempos de relajación obtenidos en la descarga serie y paralelo.**

	Serie	Serie	Par.	Par.				
V (voltios)	tc1	tc2	tc1	tc2	$\overline{t(s)}$	$\overline{t(p)}$	Ln V	
$V_0 = 5$								
<u>4,5</u>								
<u>4</u>								
<u>3,5</u>								
<u>3</u>								
<u>2,5</u>								
<u>2</u>								
<u>1,5</u>								
<u>1</u>								
<u>0,5</u>								

Representar en papel milimetrado los gráficos de la descarga serie y paralelo en la misma hoja. **Valor de  $R_e$**  =

Método gráfico :  $V_0 / e =$                        $\tau(serie) =$                        $\tau(paralelo) =$

Método logarítmico. Valores obtenidos :

$\tau(\text{serie}) =$

$\tau(\text{paralelo}) =$

Tomando los valores medios de  $\tau$  obtenidos por ambos métodos , indicar la ecuación de 2º grado a partir del sistema (2), (3)

La ecuación es : \*

resolver esta ecuación en la parte trasera de esta hoja.

Indicar los valores finales de las Capacidades :

$C_1 =$

$C_2 =$

Una vez se tienen estos valores, podemos calcular de forma teórica, el tiempo de relajación de cada condensador, ya que conocemos la R de descarga: el del primero sería  $\tau_1 = RC_1 =$   
y el del segundo  $\tau_2 = RC_2 =$

Ahora calcular los tiempos  $\tau^*_1, \tau^*_2$  que tardan los condensadores  $C_1$  y  $C_2$  “solos”, en alcanzar  $V_0/e$ . Los valores son  $\tau^*_1 =$  ,  $\tau^*_2 =$   
Estos tiempos deberían ser iguales o casi a los obtenidos en el cálculo. Dar las diferencias (en valor absoluto)

$\tau_1 - \tau^*_1 =$

$\tau_2 - \tau^*_2 =$

Comentarios en la parte trasera.