

### TRABAJO PRÁCTICO Nº 3 CAPACITORES

**RESUMEN.** El presente Documento aporta información sobre las mediciones de laboratorio que aportan los datos necesarios para Desarrollar y Elaborar el Informe del Trabajo Práctico de Laboratorio. Dada la situación especial y de excepción por la que atraviesa el País debido a la pandemia por el coronavirus (covid-19) es que se desarrolla esta modalidad especial de cursado para el desarrollo de los trabajos prácticos de laboratorio.

El trabajo práctico sigue los lineamientos del inicio del cursado virtual. Cada Comisión ya designada elabora el trabajo y entrega por vía electrónica (email)

**NOTA 1.** Valores experimentales están en **Color Rojo**.

**NOTA 2.** Este Documento es complementario al Trabajo Práctico.

**NO Usar como modelo de trabajo práctico. Usar Solo como fuente de datos**

-----

#### Introducción

El capacitor es un elemento eléctrico que se construye con dos cuerpos de material conductor, denominados placas o armaduras, separados por un aislante (o por el vacío). Se caracterizan por proporcionar una capacitancia  $C$  que es función de la geometría y dimensiones de los cuerpos de material conductor enfrentados y de las dimensiones y características del medio que los separa aislándolos eléctricamente.

Cuando un capacitor está cargado se tienen cargas  $Q$  de igual magnitud y de signo opuesto en las placas. La magnitud de la carga es proporcional a la tensión eléctrica o diferencia de potencial  $V$  entre los bornes de conexión. El factor de proporcionalidad es la capacitancia  $C$  del capacitor.

Por consiguiente, los parámetros que determinan el comportamiento eléctrico de un capacitor son su capacitancia  $C$ , la carga  $Q$  de sus armaduras y la tensión  $V$  entre sus bornes; la relación entre ellos expresa la definición operacional de capacitancia:

$$Q = CV \quad C = \frac{Q}{V} \quad (3.1)$$

#### Objetivo

Corroborar lo expresado por la ecuación de definición operacional de capacitancia ensayando un capacitor, manteniendo uno de los parámetros constante, variando el segundo y controlando las consecuentes variaciones del tercero.

#### Equipamiento

Capacitor experimental, formado por dos placas planas circulares de 20 cm. de diámetro; la separación es variable a partir de 1 mm.

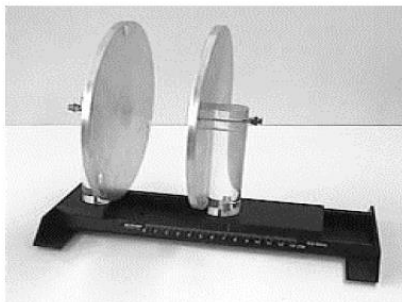


Fig. 3.1 Capacitor experimental

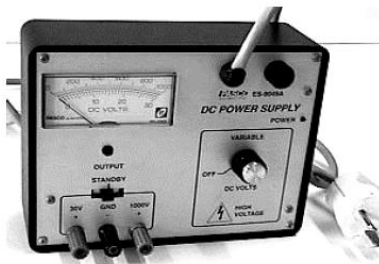


Fig. 3.2 Fuente de tensión variable



Fig. 3.3 Esfera

### Experiencia 3.1

#### I- Capacitor eléctrico. $V = f(Q)$ con $C$ constante

##### Objetivo

Mantener constante la capacitancia  $C$  del capacitor y observar la influencia que tiene la carga  $Q$ , suministrada a las armaduras, sobre la tensión  $V$  en bornes.

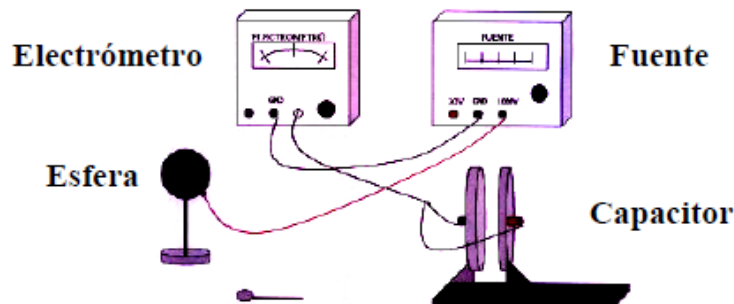


Fig. 3.4 Diagrama de conexionado de la experiencia 3.1

##### Procedimiento

Separar las placas la distancia  $d = 2 \text{ mm}$ . No modificarla, manteniendo de ese modo constante la capacitancia  $C$  del capacitor.

Conectar el electrómetro a los terminales del capacitor, controlar que esté en la posición LOCK. El terminal + a la placa móvil. Unir las masas del electrómetro con la de la fuente de alta tensión. Desbloquear el electrómetro. En estas condiciones el instrumento medirá la tensión  $V$  en bornes del capacitor.

Suministrar carga al capacitor utilizando para ello el plano de prueba. Tocar con el plano de prueba la esfera, que estará conectada al borne + de la fuente regulada a 1000 V y luego la parte externa de la placa + del condensador. Realizar tres veces esta operación. En principio se puede admitir que toda la carga del plano pasa al capacitor y que cada toque suministra al capacitor la misma cantidad de carga  $\Delta Q$ .

Leer y registrar los incrementos de tensión para cada una de las operaciones de carga.

Analizar los valores registrados e informar  $V$  como función de  $Q$ , para  $C$  constante ( $d=2\text{mm}$ ).

##### LUEGO

Repetir el ensayo con otro valor de  $C$  constante, por ejemplo fijando  $d = 4 \text{ mm}$ .

Analizar los valores registrados e informar  $V$  como función de  $Q$ , para  $C$  constante ( $d=4\text{mm}$ ).

**Nota:** en comparación con el ensayo anterior, al adoptar  $d = 4 \text{ mm}$ , la capacitancia  $C$  del capacitor ha disminuido a la mitad y esto debería duplicar el valor de los saltos de tensión por cada toque del plano. No se observa tal duplicación debido a que los resultados están afectados por la capacitancia propia del electrómetro. Esta capacitancia es constante, está en paralelo con  $C$ , y su valor es del orden de **30 pF** (comparable a los de  $C$ ).

### RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA

A continuación se reproduce la Experiencia de un grupo de estudiantes que realizaron el experimento:

Para realizar la Experiencia se sigue el Objetivo:

Mantener constante la capacitancia  $C$  del capacitor y observar la influencia que tiene la carga  $Q$ , suministrada a las armaduras, sobre la tensión  $V$  en bornes.

Se utilizan los materiales indicados en la fig. 3.4. Se realiza la Experiencia siguiendo el Procedimiento indicado. Las placas se Separan 2mm y luego 4mm.

Comenzamos cargando el plano de prueba tocando con la esfera (conectada al Borne positivo de una fuente regulada de 1000V) y una vez cargado, hacemos contacto entre el mismo y la placa positiva del capacitor. El procedimiento se repite tres veces para cada distancia.

En la siguiente tabla se ve reflejado las medidas de las tensiones en el electrómetro:

**CUADRO 1**

Potencial medido	Distancia entre placas	
	2mm	4mm
1° Medida	0.3V	0.45V
2° Medida	0.51V	0.9V
3° Medida	0.75V	1.35V



Se puede evidenciar que ante un incremento  $dQ$ , la tensión aumenta en cada caso una cantidad  $dV$ , que en este caso es aproximadamente 0.21V para la primera distancia y 0.45 para la segunda. Esto significa que ambas magnitudes ( $dQ$  y  $dV$ ) se incrementan en forma constante, por lo que la capacitancia se mantiene igual.

Además se puede observar que al adoptar una distancia de 4mm la capacitancia del Capacitor disminuye a la mitad, lo cual explica que el salto de tensión por cada toque se duplique en este caso.

Un error que podemos tener en estas mediciones es que los valores medidos en el Capacitor están afectados por una capacitancia en paralelo (capacitancia del electrómetro). Esta misma es de una magnitud pequeña, 30 pF

**CONCLUSIONES.** (Actividad para el alumno)

Otra Experiencia muestra los resultados

**CUADRO 2**

Potencial medido	Distancia entre placas	
	2mm	4mm
1° Medida	0.3 V	0.55 V
2° Medida	0.45 V	0.95 V
3° Medida	0.85 V	1.55 V

Analice los resultados del Cuadro 2 y escriba una conclusión. Compare con los resultados del Cuadro 2 con el Cuadro 1 y escriba una conclusión.

**Experiencia 3.2**

**II- Capacitor eléctrico.  $Q = f(C)$  con  $V$  constante**

**Objetivo**

Mantener constante la tensión  $V$  y observar la influencia que el valor de  $C$  (variable) tiene sobre la carga  $q$  que aparece sobre las armaduras.

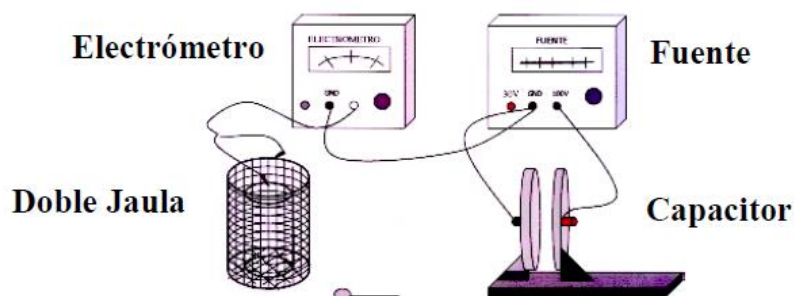


Fig. 3.5 Diagrama de conexionado de la experiencia 3.2

**Procedimiento**

Conectar el capacitor a la fuente de alta tensión y el electrómetro a la doble jaula de Faraday manteniendo unidas las masas. Durante toda la medición el operador debe tocar con un dedo el terminal GND del electrómetro, para evitar efectos de inducción. Seleccionar un primer valor de  $C$  separando las placas una distancia  $d = 6 \text{ cm}$  y llevar la tensión  $V$  alrededor de **1000 V**. Con el plano de prueba previamente descargado, tocar la parte central interna de la placa  $+$ . Llevar el plano de prueba al interior de la cubeta y la lectura del electrómetro dará una idea de la cantidad de carga  $q$  que el plano de prueba capturó en la superficie de contacto. Variar la capacitancia  $C$  adoptando  $d = 3 \text{ cm}$  (la capacitancia se duplica); repetir todo el proceso anterior. Analizar los valores registrados e informar.



### RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA

A continuación se reproduce la Experiencia de un grupo de estudiantes que realizaron el experimento:

Capacitor eléctrico.  $Q = f(C)$  con  $V$  constante

#### Objetivo:

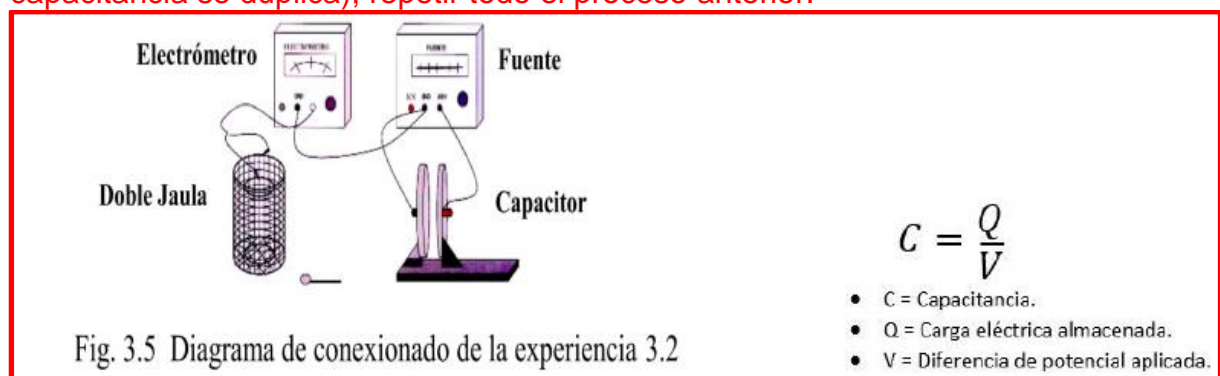
Mantener constante la tensión  $V$  y observar la influencia que el valor de  $C$  (variable) Tiene sobre la carga  $q$  que aparece sobre las armaduras.



#### Procedimiento:

Conectar el capacitor a la fuente de alta tensión y el electrómetro a la doble jaula de Faraday manteniendo unidas las masas.

Durante toda la medición el operador debe tocar con un dedo el terminal GND del electrómetro, para evitar efectos de inducción. Seleccionar un primer valor de  $C$  separando las placas una distancia  $d = 6$  cm y llevar la tensión  $V$  alrededor de 1000 V. Con el plano de prueba previamente descargado, tocar la parte central interna de la placa  $+$ . Llevar el plano de prueba al interior de la cubeta y la lectura del electrómetro dará una idea de la cantidad de carga  $q$  que el plano de prueba capturó en la superficie de contacto. Variar la capacitancia  $C$  adoptando  $d = 3$  cm (la capacitancia se duplica); repetir todo el proceso anterior.



**Mediciones:**

**Separación de placas: 6cm**

Fuente conectada al capacitor: 1000V GND a GND: en borne de la placa fija del Capacitor. Fondo de escala del electrómetro conectado a la doble jaula: 30V Los 3 toques dieron: 3V; 4,5V y 6V (podría no haber estado inicialmente -1er toque- bien descargado el capacitor o el cero del electrómetro -doble jaula)

Separación de placas: 3cm

Fuente conectada al capacitor: 1000V GND a GND: en borne de la placa fija del Capacitor.

Fondo de escala del electrómetro conectado a la doble jaula: 30V Los 3 toques Dieron: 4,5V; 9V; 12V

**CUADRO 3**

Distancia entre placas	Cargas	Capacitancia	Potencial
6cm	1C	$4,64 \times 10^{-12} \text{ F}$	$2,1 \times 10^{11} \text{ V}$
3cm	3C	$9,96 \times 10^{-12} \text{ F}$	$3,2 \times 10^{11} \text{ V}$

**CONCLUSIONES.** (Actividad para el alumno)

En base a otra Experiencia se obtienen los valores:

**CUADRO 4**

Distancia entre placas	Cargas	Capacitancia	Potencial
6cm	1C	$5,24 \times 10^{-12} \text{ F}$	$2,58 \times 10^{-11} \text{ V}$
3cm	3C	$8,95 \times 10^{-12} \text{ F}$	$2,72 \times 10^{-11} \text{ V}$

Analice los resultados del Cuadro 4 y escriba una conclusión. Compare con los resultados del Cuadro 4 con el Cuadro 3 y escriba una conclusión.

**Experiencia 3.3**

**III- Capacitor eléctrico.  $Q = f(V)$  con  $C$  constante**

Objetivo

Mantener la capacitancia  $C$  constante y observar la influencia que la tensión  $V$  en bornes tiene sobre la carga de las placas

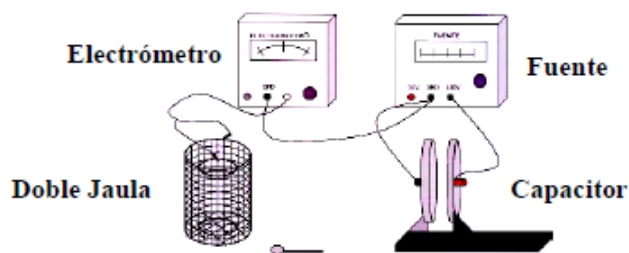


Fig. 3.6 Diagrama de conexionado de la experiencia 3.3

#### Procedimiento

Dejar el condensador conectado a la fuente de alta tensión con la separación  $d = 3$  cm entre placas. Regular la tensión de la fuente a  $V = 400$  V y explorar la carga con el procedimiento descrito en la experiencia anterior.

Duplicar la tensión ( $V = 800$  V) y repetir la operación.

Analizar los valores registrados, comparando resultados e informar  $Q$  (representado por los valores de  $V$  en la doble jaula medidos con el electrómetro) como función de  $V$ .

### RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA

A continuación se reproduce la Experiencia de un grupo de estudiantes que realizaron el experimento:

#### Capacitor eléctrico. $Q = f(V)$ con $C$ constante

El objetivo de esta experiencia es mantener la capacitancia  $C$  constante y observar la influencia que la tensión  $V$  en bornes tiene sobre la carga de las placas.

#### Procedimiento:

Se conecta el condensador en una fuente de alta tensión, se regula la misma a 400 V y exploramos la carga con el procedimiento descrito en la experiencia anterior.

Luego, duplicamos la tensión ( $V = 800$  V) y repetimos la operación.

#### CUADRO 5

Distancia entre placas	Tensión	Carga
3cm.	400V	1C
3cm.	800V	1,5C

### CONCLUSIONES. (Actividad para el alumno)

Analice los resultados del Cuadro 5 y escriba una conclusión.

#### Experiencia 3.4

#### IV- Capacitor eléctrico. $V = f(C)$ con $Q$ constante

#### Objetivo

Mantener la carga  $Q$  constante y observar la influencia que la capacitancia  $C$  tiene sobre la tensión en bornes.

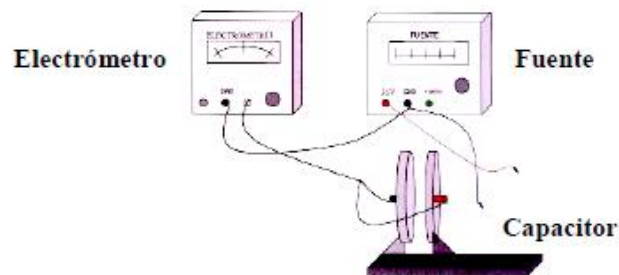


Fig. 3.7 Diagrama de conexión de la experiencia 3.4

#### Procedimiento

Conectar los terminales del capacitor al electrómetro en posición LOCK.

Selección el valor de  $C$  ajustando la separación de las placas a **2 mm**.

Regular la tensión de la fuente a 10 V, pasando el selector de la fuente de alimentación a la posición 30 V y ajustar con el regulador la lectura de la aguja a alrededor de **10 V**.

Destrobar el electrómetro en la escala de **30 V** y con conductores conectados a los bornes de la fuente tocar brevemente los bornes del capacitor, que quedará cargado con una carga fija y a una tensión del orden de los 10 V, indicada por el electrómetro. Variando la separación entre las placas puede observar la influencia de la capacidad sobre la tensión en bornes. Hacer lecturas con  **$d = 4 \text{ mm}$  y  $d = 6 \text{ mm}$** .

Comparar los valores medidos (los cuales están influenciados por la capacidad de entrada del electrómetro que es constante y en todo momento está conectada en paralelo con  **$C$** ).

#### Estimación de la capacidad del electrómetro

La llamaremos  **$C_x$** . Usar en el cálculo las mediciones de tensión hechas con  **$d=2 \text{ mm}$  y  $6 \text{ mm}$** . Indicar con  **$C$**  la capacidad del condensador cuando  **$d$  es 2 mm** y con  **$C/3$**  cuando  **$d$  es 6 mm** (la triplicación de la separación de las placas hace caer la capacidad a un tercio del valor original). Si  **$q$**  es la carga del conjunto condensador y electrómetro que no cambia, e indicamos con  **$V$**  la lectura del electrómetro con **2 mm** de separación y  **$V'$**  cuando  **$d$  es 6 mm**, podemos escribir las siguientes relaciones:

$$\begin{cases} C + C_x = \frac{q}{V} \\ \frac{C}{3} + C_x = \frac{q}{V'} \end{cases}$$

De donde podemos despejar:

$$C_x = C \frac{V - \frac{V'}{3}}{V' - V} \quad (3.2)$$

La capacidad  **$C$**  se calcula teniendo en cuenta que se trata de un capacitor plano de placas circulares de **20 cm** de diámetro y una separación de **2 mm**.



Hablamos de una estimación y no propiamente de un cálculo, por cuanto las mediciones están fuertemente afectadas por errores que provienen de inducciones espurias y de la capacidad distribuida de los cables de conexión.

### RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA

A continuación se reproduce la Experiencia de un grupo de estudiantes que realizaron el experimento:

Capacitor eléctrico.  $V = f(C)$  con  $Q$  constante

#### Objetivo:

Mantener la carga  $Q$  constante y observar la influencia que la capacitancia  $C$  tiene sobre la tensión en bornes.

#### Procedimiento:

Conectar los terminales del capacitor al electrómetro en posición LOCK. Selección el valor de  $C$  ajustando la separación de las placas a 2 mm. Regular la tensión de la fuente a 10 V, pasando el selector de la fuente de alimentación a la posición 30 V y ajustar con el regulador la lectura de la aguja a alrededor de 10 V. Destrobar el electrómetro en la escala de 30 V y con conductores conectados a los bornes de la fuente tocar brevemente los bornes del capacitor, que quedará cargado con una carga fija y a una tensión del orden de los 10 V, indicada por el electrómetro. Variando la separación entre las placas puede observar la influencia de la capacidad sobre la tensión en bornes. Hacer lecturas con  $d = 4$  mm y  $d = 6$  mm.

Los valores medidos están influenciados por la capacidad de entrada del electrómetro que es constante y en todo momento está conectada en paralelo con  $C$ .

**CUADRO 6**

Separación del capacitor	ddp
2mm	10 V (valor de la fuente; un toque y se retira la fuente, se mantiene el valor en el capacitor)
4mm	14 V
6mm	18 V

Estimación de la capacidad del electrómetro

$$C_x = C * \frac{(V - \frac{V'}{3})}{(V - V')}$$

La capacidad  $C$  se calcula teniendo en cuenta que se trata de un capacitor plano de Placas circulares de 20 cm de diámetro y una separación de 2 mm.  $\epsilon_o = 8,85 \times 10^{-12}$

### CONCLUSIONES. (Actividad para el alumno)

Analice los resultados del Cuadro 6 y escriba una conclusión.

Calcule la Capacidad " $C_x$ " del Electrómetro.

### Experiencia 3.5

#### V- Capacitor eléctrico. $C = f(K)$

##### Objetivo

Mantener la carga  $Q$  constante. Estudiar la influencia del dieléctrico en la capacitancia. Estimar la constante dieléctrica del vidrio.

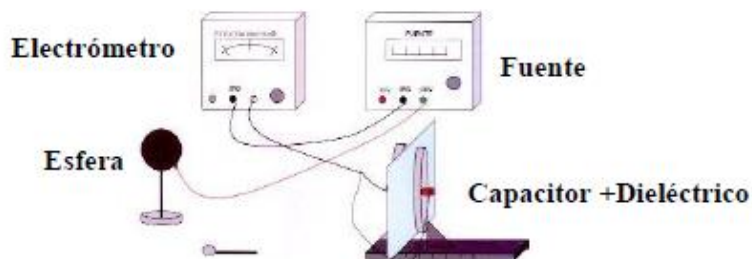


Fig. 3.8 Diagrama de conexión de la experiencia 3.5

##### Procedimiento

Analizar la influencia de incorporar, entre las placas del capacitor, una lámina de vidrio de **5 mm** de espesor, al estar el capacitor cargado con la misma carga  $Q$ .

Conectar el capacitor al electrómetro en posición LOCK y colocar el vidrio entre las placas juntándolas hasta hacer tope. La corredera indicará una separación de **6 mm**, pues los separadores plásticos tienen **1 mm** de espesor. Desbloquear el electrómetro y dar tres golpes de carga con el plano de prueba y la fuente de carga estática, como se describe en la Exp.3.1.

Tomar lectura de la indicación del electrómetro y registrar **V**.

Bloquear el electrómetro, extraer el vidrio separando previamente las placas y luego reponiéndolas a **6 mm**. Con el electrómetro en escala de **30 V**, desbloquear y repetir los tres golpes iguales de carga. Tomar lectura de la indicación del electrómetro y registrar **V0**.

Comparar resultados. Estimar el valor de la constante dieléctrica **K** del vidrio.

La influencia del dieléctrico la podremos apreciar claramente al constatar que  $V < V0$ . En la estimación de la constante **K** del vidrio, es de esperar resultado razonable en cuanto son de aplicación las mismas consideraciones referidas a errores de los ensayos anteriores.

### RESULTADOS DE LA EXPERIENCIA

A continuación se reproduce la Experiencia de un grupo de estudiantes que realizaron el experimento:

Capacitor eléctrico.  $C = f(K)$

##### Objetivo:

Mantener la carga  $Q$  constante. Estudiar la influencia del dieléctrico en la Capacitancia. Estimar la constante dieléctrica del vidrio.

**Procedimiento:**

Analizar la influencia de incorporar, entre las placas del capacitor, una lámina de Vidrio de 5 mm de espesor, al estar el capacitor cargado con la misma carga Q. Conectar el capacitor al electrómetro en posición LOCK y colocar el vidrio entre las Placas juntándolas hasta hacer tope.

La corredera indicará una separación de 6 mm, pues los separadores plásticos tienen 1 mm de espesor. Desbloquear el electrómetro y dar tres golpes de carga con el plano de prueba y la fuente de carga estática, como se describe en la Exp.3.1.

Tomar lectura de la indicación del electrómetro y registrar V. Bloquear el Electrómetro, extraer el vidrio separando previamente las placas y luego reponiéndolas a 6 mm. Con el electrómetro en escala de 30 V, desbloquear y repetir los tres golpes iguales de carga.

Tomar lectura de la indicación del electrómetro y registrar V<sub>0</sub>. Comparar resultados. Estimar el valor de la constante dieléctrica K del vidrio.

La influencia del dieléctrico la podremos apreciar claramente al constatar que V < V<sub>0</sub>. En la estimación de la constante K del vidrio, es de esperar resultado razonable en Cuanto son de aplicación las mismas consideraciones referidas a errores de los ensayos anteriores.

Luego de realizar el procedimiento correctamente, el resultado obtenido se refleja en Esta tabla:

**CUADRO 7**

Distancia entre placas		Potencial medido		
		1er toque	2do toque	3er toque
6mm	Sin dieléctrico	2,4V	4,8V	6,6V
6mm	Con dieléctrico	1,5V	3,0V	4,5V

Las mediciones fueron tomadas con electrómetro a fondo de escala de 30V.

Estimación de la constante dieléctrica K del vidrio:

$$K = \frac{V_0}{V}$$

**CONCLUSIONES.** (Actividad para el alumno)

Analice los resultados del Cuadro 7 y escriba una conclusión.

Calcule la Constante Dieléctrica del Vidrio "K" y el promedio resultante para "K"

-----fin trabajo práctico laboratorio