

# TRABAJO PRÁCTICO N° 2

---

## ELECTROSTÁTICA FÍSICA II

### INTEGRANTES:

Bustillo, Mario (13240);  
Fernández, Carolina (12924);  
Gaviño, Matías (13019);  
Gimenez, Franco (13083);  
Martínez, Melanie (13259);  
Miranda, Francisco (13250);  
Villasante, Ernesto (13145);  
Villegas, Mauro (13000);  
Vitelli, Gabriel (13001);

Comisión: Jueves de 14 a 16 hs

Especialidad: Industrial

Mesa: 2

12/03/2020

## Introducción

En el presente informe de laboratorio se pondrá en práctica y se comprobará lo aprendido en las clases teóricas de Física II sobre electrostática.

Con este fin, se realizaron cuatro experiencias donde se experimentó la existencia de fuerzas de interacción electrostática, generación de cantidades de carga eléctrica y de campos electrostáticos. Además el análisis, observación e interpretación de las partes esenciales del generador electrostático de Van de Graaff, así como su funcionamiento.

## Objetivos

- Comprobar experimentalmente la existencia de fuerzas de interacción electrostáticas.
- Conocer el principio de funcionamiento y características generales de los instrumentos de medición, tales como electróforo y el electroscopio.
- Conocer el principio de funcionamiento y características generales de un generador electrostático de Van der Graaff

## Experiencia 2.1.1: Carga de un Cuerpo. Interacción Electrostática

### Objetivo

Cargar eléctricamente cuerpos por frotamiento y observar experimentalmente las fuerzas de interacción electrostática

Para realizar la primer parte de experiencia 2.1.1 se comenzó frotando 2 varillas de plástico o vidrio con seda para otorgarles una carga eléctrica. Luego se colocó una de las varillas en un pivote giratorio, luego al acercar una de varilla del otro material distinto se pudo observar que la varilla colocada en el pivote giraba en dirección de atracción a la varilla del otro material.

Este fenómeno es debido a las distintas propiedades de cada material, la varilla de plástico tiende a ganar electrones de la seda, cargándose negativamente, y la vara de vidrio tiende a ceder electrones a la seda, cargándose positivamente. Por lo tanto, al presentar cargas opuestas generan fuerzas atractivas entre sí.



**Imagen 1:** Atracción de la varilla de vidrio frotada con seda y una varilla de plástico

Para realizar la segunda parte de experiencia se comenzó frotando 2 varillas del mismo material con seda para otorgarles una carga eléctrica. Luego se colocó una de las varillas en un pivote giratorio, luego al acercar la otra varilla del mismo material se pudo observar que la varilla colocada en el pivote giraba en dirección de repulsión a la varilla del mismo material.

Este fenómeno es debido a las distintas propiedades de cada material, al frotar las varillas de plástico con la seda, las varillas tienden a ganar electrones, cargándose negativamente. Por lo tanto, al presentar cargas opuestas generan fuerzas repulsivas al acercarlas entre sí.



**Imagen 2:** Repulsión de las varillas de plástico frotadas con seda.

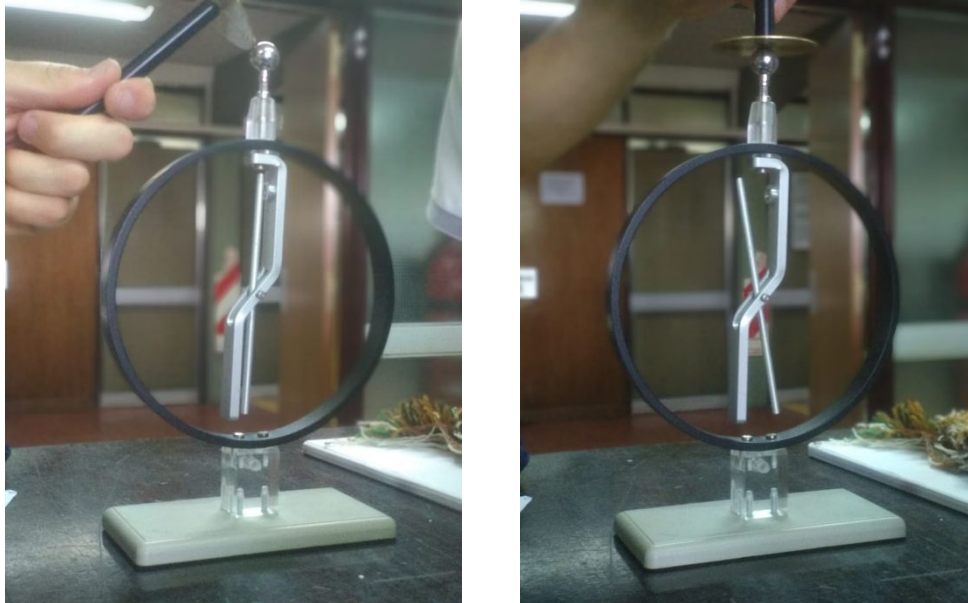
## Experiencia 2.1.2: Electroscopio

### Objetivo:

Cargar eléctricamente cuerpos por inducción y conocer y manejar el electróforo y el electroscopio.

Esta experiencia constó en el conocimiento y uso de un electróforo, instrumento que está formado por un mango aislante y un disco de metal en la base, el mismo es usado como generador de energía estática, y un electroscopio, instrumento formado por una esfera de metal conectada a una barra conductora que va a una placa conductora fija de metal y a otra conductora móvil que en equilibrio adopta una posición vertical, este instrumento sirve para identificar la clase de carga eléctrica de un objeto y el exceso de carga.

Se comenzó por cargar el electróforo por frotamiento con un trozo de Poliestireno expandido (material aislante) luego se tocó rápidamente con un dedo el disco del electróforo con el fin de remover la carga repelida del material aislante, por lo que el disco del electróforo finalmente queda cargado positivamente. Cuando se suministró al electroscopio un exceso de carga tocándolo con la carga que obtuvimos en el electróforo, el exceso de carga aparece tanto en la placa fija como en la móvil. La fuerza de repulsión electrostática hace que la placa móvil se aparte de la vertical poniendo en evidencia de esa manera el exceso de carga. A mayor exceso, mayor apartamiento. El efecto puede observarse también por acción a distancia (inducción).



**Imagen 3:** Carga del Electroscopio por contacto

## Experiencia 2.2: Doble Jaula de Faraday. Electrómetro

### Objetivo

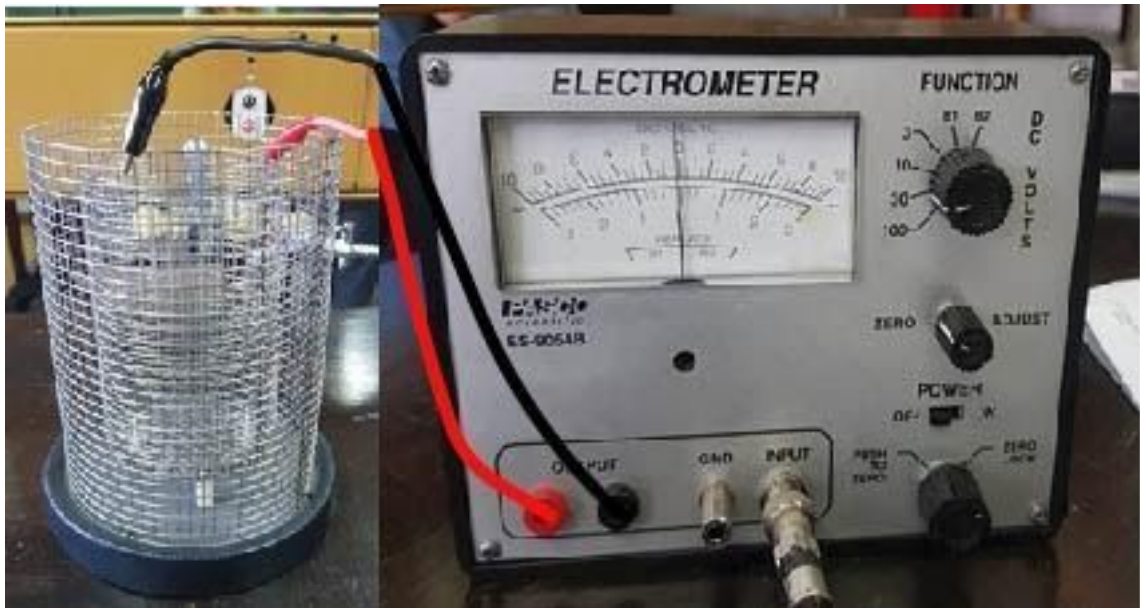
Generar y ponderar cantidades de carga eléctrica utilizando un Electrómetro y una “Doble jaula de Faraday”

En esta experiencia se utilizó un electrómetro (PASCO ES9054B), para medir la diferencia de potencial cuando se introdujo una carga eléctrica a la jaula interior de la doble jaula de Faraday. Esta carga se genera por el frotamiento entre las dos placas de carga, una de plástico azul y otra de cuero blanco.



**Imagen 4:** La placa de carga superior es la placa de carga de cuero y la placa de carga inferior es la placa de carga de plástico.





**Imagen 5:** Doble Jaula de Faraday conectado al electrómetro

Se calibro el electrómetro en la posición cero. En seguida se descargaron las placas humedeciéndolas previamente con aliento y tocando la descarga a tierra, la barra metálica ubicada en la mesada. Luego se introdujeron las placas de carga dentro de la jaula una después de otra y sin tocar el borde metálico de la jaula. La aguja del electrómetro no se movió con ninguna de las dos, debido a que no hay carga neta encerrada dentro de la jaula. Así, se concluyó que las placas descargadas son eléctricamente neutras.

Luego se frotaron las placas de carga entre si y se colocaron una a la vez en el interior de la jaula de Faraday pequeña. Cuando se introdujo la placa de carga de plástico, la placa de carga con terminal color azul, el medidor marco  $-1,0\text{ V}$  (volts), cuando se realizó con la placa de cuero, a placa de carga con terminal color blanco, el medidor marco  $1,0\text{ V}$  (volt). Lo que ocurre se debe a que cuando se frotan ambas placas entre si hay un traspaso de carga de una placa a la otra

Cuando se introdujeron ambas placas a la vez, el electrómetro marco  $0,0\text{ V}$  (volt), constatando así que la carga neta dentro de la jaula es nula. Partiendo de la Ley de Gauss, mediante la cual indica que si la carga encerrada por una superficie es nula, no hay flujo de campo eléctrico, que como consecuencia tampoco hay potencial eléctrico. Basándose en este fenómeno, se verifica que se cumple el Principio de Conservación de la Carga, puesto a que la carga neta de las placas es igual y opuesta entre si

Luego se frotaron ambas placas, se introdujo la placa de carga de plástico dentro de la jaula de Faraday más pequeña, se hizo contacto con la parte negra de la placa, la cual es conductora, con el interior de la jaula y se retiró de la placa, luego se obtuvo una medida en el electrómetro de  $-2,0\text{ V}$  (volts). Posteriormente sin haber alterado el sistema, se descargó la jaula de Faraday y se introdujo de nuevo la placa de carga de plástico, para lo cual el electrómetro indicó una medición de  $0,0\text{ V}$  (volts).

Se repitió el mismo procedimiento con la placa de carga de cuero, obteniendo así una medición en el electrómetro de cuando la placa se introdujo dentro de la jaula de Faraday pequeña y se hizo contacto con la parte negra de la placa de 2,5 V (volts), luego se procedió a descargar la jaula de Faraday y se introdujo de nuevo la placa de carga de cuero sin hacer contacto con el interior de la jaula obteniendo así una medición en el electrómetro de 0,0 V (volts).

Lo que sucede es que la jaula recoge el exceso de electrones en la placa de carga de plástico o cede electrones en el caso de la placa de carga de cuero para compensar su falta al hacer contacto. Por ello la carga se anula en la segunda medición para ambas experiencias. Como consecuencia la jaula de Faraday queda cargada con una carga eléctrica no nula, la cual se descarga cuando se hace contacto con tierra.

Posteriormente se introdujeron ambas placas de carga descargadas, seguido de ello, se comenzaron a frotar dentro de la jaula de Faraday, después de cierto tiempo de que se estén frotando ambas placas se procedió a retirar la placa de plástico, obteniendo así una medida en el electrómetro de -2,0 V (volts). Luego al retirar la placa de carga de cuero, el electrómetro indicó una medida de 0,0 V (volts). En base a lo anterior, podemos verificar que se cumple el principio de conservación de carga, debido a que la suma de las cargas antes de frotarlas es igual a la suma de las cargas luego de frotar ambas placas de carga.

## Experiencia 2.3: Potencial y Campo Electrostático

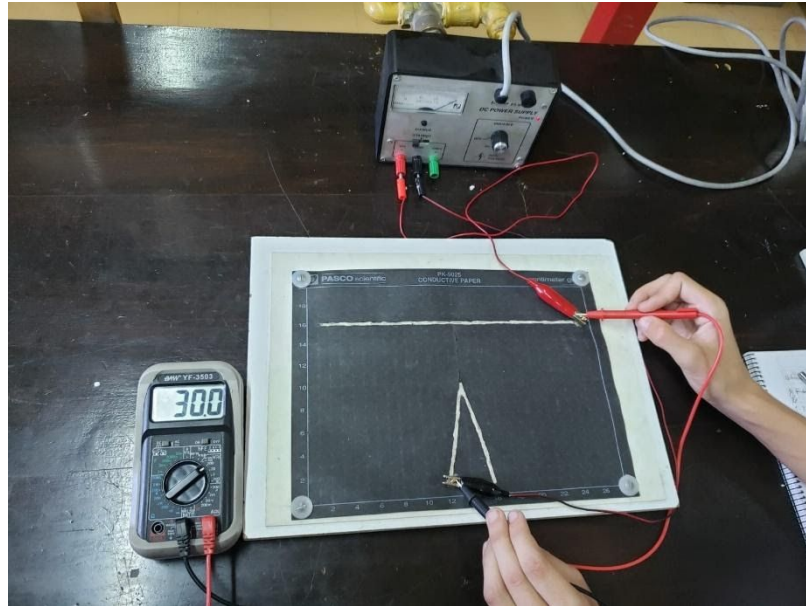
### Objetivo

Generar campos electrostáticos con distintas configuraciones y medir el potencial asociado.

Para desarrollar esta experiencia se utilizó el siguiente equipamiento:

- Una Fuente de corriente continua de 30 Volts
- Un tablero con papel de carbón conductor de gran resistividad con una grilla de coordenadas grabadas, dos salientes de metal junto a dos líneas generadoras de campo eléctrico en forma de punta y recta.
- Un voltímetro digital.
- Dos cables con pinza cocodrilo en un extremo y en el otro una punta metálica.
- Un cable con pines metálicos en sus extremos.

Para comenzar la experiencia se conectó el extremo en forma de punta de los cables con pinzas cocodrilo a la fuente, verificando que esta se encontrara apagada. Luego se colocaron las pinzas a las salientes del tablero entendiéndose a la ubicada en la línea recta como la positiva y a la ubicada en la línea en forma de punta como tierra, tal como indica la imagen 5.



**Imagen 6:** Procedimiento para encontrar las coordenadas con cargas iguales

A partir de esto, se procedió a encender la fuente de corriente continua. Para comprobar que el voltaje suministrado sea el correcto, se colocó un pin en cada saliente del cable, con el fin de obtener como resultado las líneas de potencial eléctrico entre las rectas generadoras.

Para analizar el comportamiento de estas, se desconectó el pin de la descarga a tierra y se procedió a realizar pruebas en distintos puntos del papel conductor hasta encontrar coordenadas con cargas iguales. Finalmente de esta forma se logró descubrir las líneas de carga.

A partir de los datos obtenidos del potencial se calculó el campo eléctrico  $\vec{E}$ . Para ello se tuvo en cuenta:

$$E_x = -\frac{\partial V}{\partial x} ; E_y = -\frac{\partial V}{\partial y}$$

O de forma aproximada, al evaluar  $\vec{E}$  en el punto

$$E_x \cong -\frac{\Delta V_x}{\Delta x} = -\frac{V_2 - V_1}{x_2 - x_1} ; E_y \cong -\frac{\Delta V_y}{\Delta y} = -\frac{V_4 - V_3}{x_4 - x_3}$$

Aplicando lo anterior a las medidas tomadas, se obtiene:

$$E_x \cong -\frac{\Delta V_x}{\Delta x} = -\frac{V_2 - V_1}{x_2 - x_1} = -\frac{18,70 \text{ V} - 13,70 \text{ V}}{1,00 \text{ cm} - (-1,00 \text{ cm})} = 2,50 \frac{\text{V}}{\text{cm}}$$

$$E_y \cong -\frac{\Delta V_y}{\Delta y} = -\frac{V_4 - V_3}{x_4 - x_3} = -\frac{17,10 \text{ V} - 15,20 \text{ V}}{7,00 \text{ cm} - 5,00 \text{ cm}} = 0,95 \frac{\text{V}}{\text{cm}}$$

Nótese que ambos denominadores valen +0,02 m, puesto a que:

$$x_2 < x_1 \quad e \quad y_4 < y_3$$



Luego procedemos a calcular la magnitud y la dirección del campo eléctrico  $\vec{E}$ .

$$E = \sqrt{E_x^2 + E_y^2} \approx 2,67 \frac{V}{cm} \quad \theta = \arctan \left( \frac{E_y}{E_x} \right) = 20^\circ 48' 24''$$

Se procedió a graficar el vector  $\vec{E}$ , así se comprobó gráfica y experimentalmente que el vector campo eléctrico es ortogonal al vector tangente de la curva equipotencial en el punto evaluado. El gráfico 7 muestra al vector  $\vec{E}$  junto a las curvas equipotenciales.

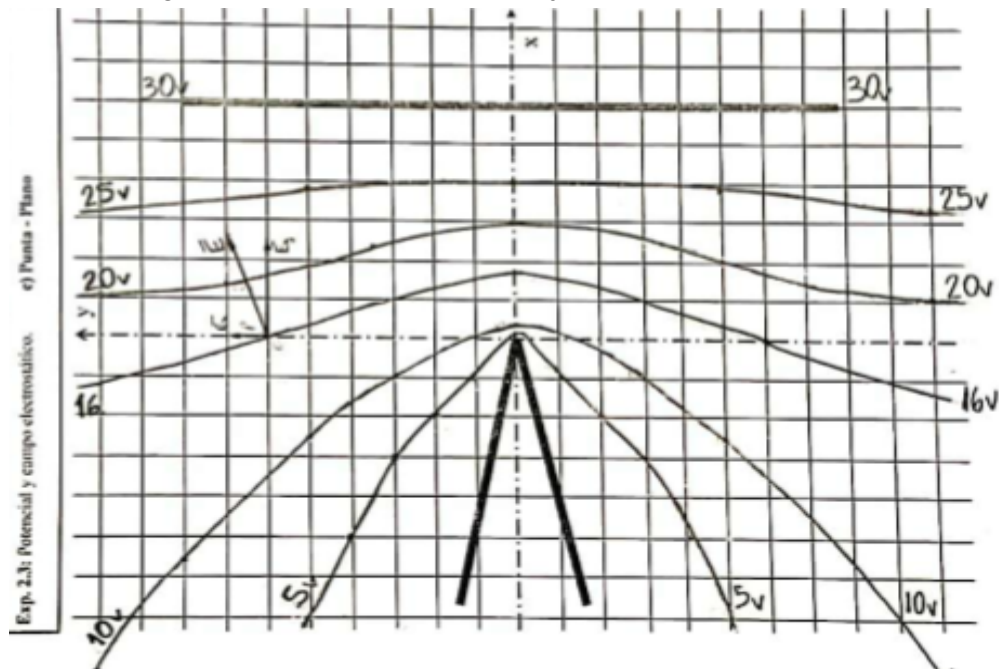


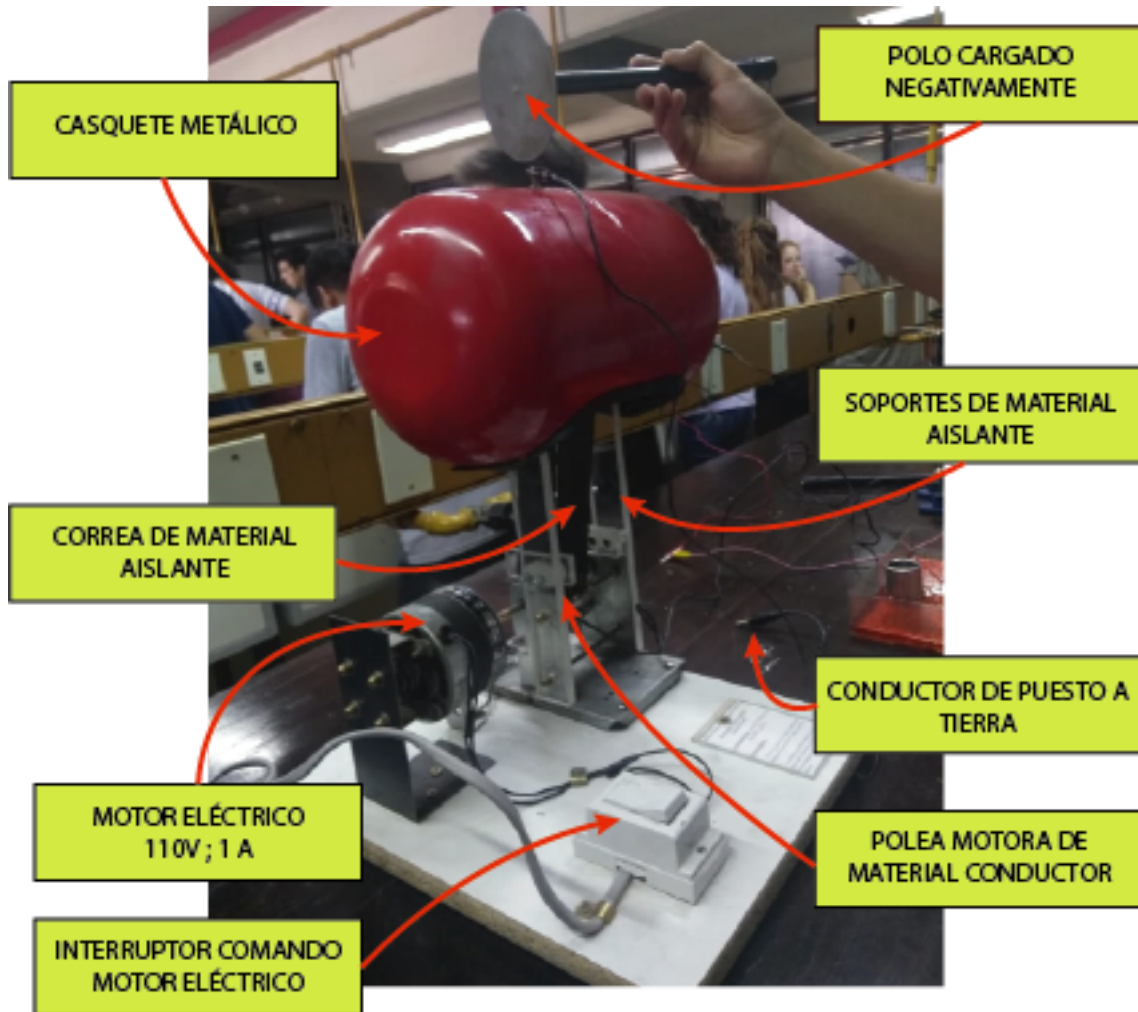
Imagen 7: Gráfico de curvas equipotenciales y vector  $\vec{E}$

## Experiencia 2.4: Generador de Van der Graaff

### Objetivos:

- Presentar y operar un generador electrostático de Van der Graaff, reconocer sus partes esenciales e interpretar su funcionamiento.
- Demostrar fenómenos particulares, factibles cuando se dispone de alto potencial electrostático.

## Reconocimiento de Partes del Generador



**Imagen :** Reconocimiento de Partes del Generador de Van der Graaff

## Fenómenos Característicos

### Carga y descarga de piezas metálicas por inducción y por contacto

Se cargó el generador de Van der Graaff hasta el momento de percibir un campo eléctrico en el entorno. Se posicionó el polo negativo próximo al colector de carga superior introducido en el casquete y conectado a éste de tal forma que se generó un arco eléctrico entre la superficie del casquete y el polo negativo.

**Efectos de atracción y repulsión**

Se cargó el generador de Van der Graaff hasta el momento de percibir un campo eléctrico en el entorno. Primero se colocó un cuerpo aislante suspendido de un hilo no conductor, en el cual no actuaban las fuerzas del campo eléctrico producidas por el generador sobre el cuerpo.

En segunda instancia se colocó un cuerpo semiconductor suspendido de un hilo aislante y se logró observar que el cuerpo es repelido por el casquete metálico debido a la fuerza generada por el campo eléctrico.

En tercera instancia se colocó un cuerpo conductor suspendido de un hilo aislante entre el casquete metálico y un polo cargado negativamente. Se observó que el cuerpo se movía del polo positivo en dirección al polo negativo hasta cargarse negativamente, y viceversa.

Cuando la bolita se carga positivamente, experimenta una fuerza en el sentido del campo, que la mueve rápidamente hacia la placa opuesta conectada a tierra. Luego la bolita choca con dicha placa y pierde entonces su carga. Rebota y se mueve hacia la posición de equilibrio, por la gran velocidad de retorno supera la posición de equilibrio y vuelve a comenzar el ciclo

El resultado es que la placa positiva va perdiendo la carga, cada vez que la bolita entra en contacto con dicha placa. Cuando la carga de la bolita es pequeña, el campo eléctrico entre las placas es pequeño, y la bolita es atraída por la placa positiva con una fuerza de atracción para que esté momentáneamente en contacto con ella.

**Descarga en tubos de gas (tubo de luz fluorescente)**

Se cargó el generador de Van der Graaff hasta el momento de percibir un campo eléctrico en el entorno. Se colocó uno de los extremos del tubo de tal forma que los electrodos se posicionaron próximos al colector de carga superior introducido en el casquete y se logró observar que se encendía hasta el punto de contacto de la persona con el tubo, debido a que el rayo de descarga del generador se transporta por todo el tubo hasta dicho punto.



**Imagen :** Fenómeno de Descargas en tubos de gas (tubo de luz fluorescente)

### **Efectos “de puntas”**

Al encender el Generador de Van der Graff se comienza a cargar, en la parte superior del casquete metálico se encuentra incrustado un tornillo de tal forma que la salida de la corriente quede de forma puntiaguda. Al acercar un polo cargado negativamente se logra observar el arco eléctrico entre ambas superficies.

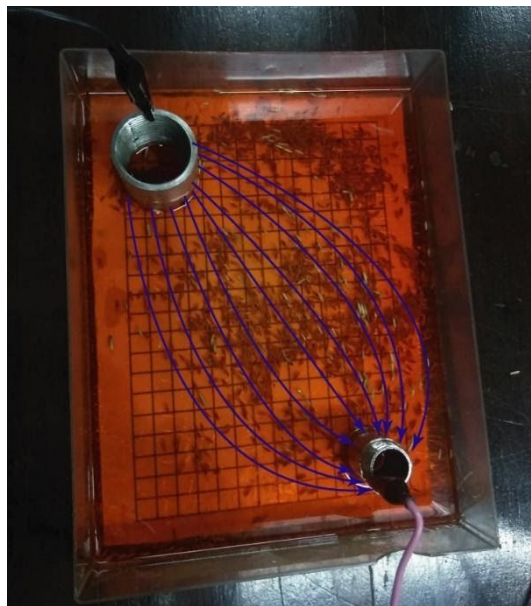
Cuando se enciende el generador, la carga eléctrica se comienza a distribuir por la superficie del casquete metálico incluyendo el tornillo incrustado. Al cabo de un tiempo las cargas están distribuidas por toda la superficie, de manera que la densidad de carga será mayor en las zonas de menor volumen, el extremo del tornillo. A partir de esto se produce una acumulación de carga en el tornillo incrustado puesto a que su volumen es menor y la carga se concentra en este punto, por lo que al acercar un polo cargado negativamente se logra observar el arco eléctrico que se forma entre ambas superficies, esto se debe a que se crea un intenso campo eléctrico que ioniza el aire y a la acumulación de cargas en ambas partes de la superficie



**Imagen :** Fenómeno del Efecto “de Puntas”

### **Líneas de Campo**

Se cargó el generador de Van der Graaff hasta el momento de percibir un campo eléctrico en el entorno. En un recipiente plano con aceite aislante, se colocaron electrodos metálicos, uno conectado desde el colector de carga superior introducido en el casquete metálico hasta un segmento de tubo conductor y otro conectado desde otro segmento de tubo conductor hasta tierra. Luego, se colocaron semillas de césped en el recipiente y se observó cómo alineaban debido a las líneas de campo eléctrico que se formaron.



**Imagen :** Fenómeno de Líneas de Campo



## Conclusión

Tras realizar y analizar las experiencias en el segundo laboratorio de Física II, se comprendió y comprobó la existencia de fuerzas generadas por la interacción electrostática de diversos materiales, generación de cantidades de carga eléctrica y de campos electrostáticos por inducción y por contacto directo. Se comprendió el principio del “Experimento de la cubeta de Faraday” y se llevó a la práctica la generación de cantidades de carga eléctrica utilizando un Electrómetro y una “Doble jaula de Faraday”. Además experimentamos y entendimos el funcionamiento de un generador electrostático de Van de Graaff.