

LIBRO EN FORMATO DE

E - BOOK



EDITORIAL

LEON DE JUDA

The background image shows two electrostatic machines. Each machine consists of a dark grey vertical stand with a large, dark grey sphere at the top. The spheres are mounted on a metal rod that passes through a clear plastic protective enclosure. The machines are placed on a wooden surface. The text is overlaid on this image.

COMO  
CONSTRUIR  
**MAQUINAS**  
**ELECTROSTATICAS**

AUTOR: MIGUEL A. VARGAS PALOMEQUE



# COMO CONSTRUIR MAQUINAS ELECTROSTATICAS

con materiales caseros y  
reciclados  
para Nivel: Medio y Universitario

Autor:  
Miguel Antonio Vargas Palomeque

No está permitida la reproducción total o parcial de este libro, ni su tratamiento informático, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de los titulares de los Derechos Reservados.

Derechos Reservados 2006, Miguel Antonio Vargas Palomeque, primera edición en español formato pdf.  
La Paz, Bolivia.

## PREFACIO

Durante una reunión social, alguien se extrañó de haber oído que Einstein era profundamente religioso. Einstein le respondió: "Sí, lo soy. Al intentar llegar con nuestros medios limitados a los secretos de la naturaleza, encontramos que tras las relaciones causales discernibles queda algo sutil, intangible e inexplicable..." Y escribió en una carta: "las leyes de la naturaleza manifiestan la existencia de un espíritu enormemente superior a los hombres ... frente al cual debemos sentirnos humildes".


El propósito de este libro es de que pueda servir de guía a los jóvenes que desean hacer uso de su intelecto y sus manos para crear.

Pongo a disposición del lector una serie de aparatos experimentales, los cuales no se pueden usar en forma comercial porque se los construye a partir de elementos descartados o en desuso, aunque recomiendo que se utilicen elementos nuevos para asegurar el correcto funcionamiento.

En muchos de los casos no se proporcionan las medidas porque se pueden construir los aparatos a partir del material del que se dispone en ese momento.

Recomendamos que si el aparato construido no funciona, se hagan las pruebas correspondientes hasta que funcione correctamente. Todos los aparatos en este libro han sido probados y funcionan a adecuadamente.

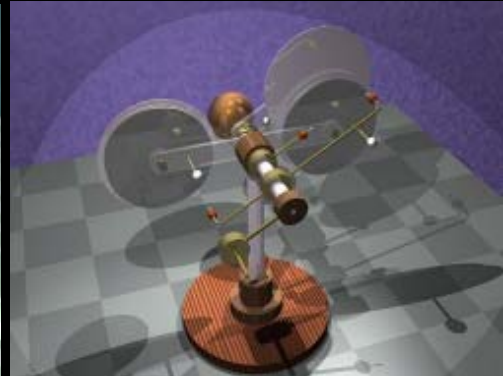
**El Autor**



A DIOS NUESTRO SEÑOR  
A MI ESPOSA  
A MIS HIJOS  
A MIS PADRES  
A MI COMUNIDAD

# INDICE GENERAL

|  |           |
|--|-----------|
| 1. Historia de la Electricidad .....                   | Página 7  |
| 2. La Electricidad Estática .....                      | Página 9  |
| 3. Experimento, Campo Electroestático .....            | Página 13 |
| 4. Construcción de una Máquina Van de Graaff .....     | Página 14 |
| 5. Contrucción de un Generador de Kelvin .....         | Página 35 |
| 6. Detectando la Electricidad de la Tierra .....       | Página 38 |
| 7. Sencillo Van de Graaff con Lata de Gaseosa .....    | Página 42 |
| 8. Generador Electroestático y Botella de Leyden ..... | Página 48 |
| 9. Simple Botella de Leyden .....                      | Página 50 |
| 10. Botella de Leyden con Vasos Desechables .....      | Página 52 |
| 11. Motor de Alto Voltaje o Campanas de Franklin ..... | Página 54 |
| 12. Motor Electrostatico con CD .....                  | Página 57 |
| 13. Electrógrafo de Volta .....                        | Página 58 |
| 14. Motor Electroestático con Botellas .....           | Página 60 |
| 15. Motor Electroestático con Vasos Desechables .....  | Página 64 |
| 16. Simple Máquina de Winshurt .....                   | Página 68 |
| 17. Máquina Electroestática Vertical .....             | Página 72 |
| 18. Máquina Electroestática de Libiez .....            | Página 74 |



**QUE ES LA**



**ELECTRICIDAD  
ESTÁTICA**

# HISTORIA DE LA ELECTRICIDAD

Es posible que el filósofo griego Tales de Mileto, que vivió en torno al 600 a.C., ya supiera que el ámbar adquiere la propiedad de atraer objetos ligeros al ser frotado. Otro filósofo griego, Teofrasto, afirmaba en un tratado escrito tres siglos después que otras sustancias poseen esa propiedad. Sin embargo, el primer estudio científico de los fenómenos eléctricos no apareció hasta el 1600 d.C., cuando se publicaron las investigaciones del médico británico William Gilbert, quien aplicó el término 'eléctrico' (del griego elektron, 'ámbar') a la fuerza que ejercen esas sustancias después de ser frotadas. También distinguió entre las acciones magnética y eléctrica.

La primera máquina para producir una carga eléctrica fue descrita en 1672 por el físico alemán Otto von Guericke. Estaba formada por una esfera de azufre movida por una manivela, sobre la que se inducía una carga cuando se apoyaba la mano sobre ella. El científico francés Charles François de Cisternay Du Fay fue el primero en distinguir claramente los dos tipos diferentes de carga eléctrica: positiva y negativa. El condensador más antiguo, la botella de Leyden, fue desarrollado en 1745. Estaba formado por una botella de vidrio recubierta por dos láminas de papel de estaño, una en el interior y otra en el exterior. Si se cargaba una de las láminas con una máquina electrostática, se producía una descarga violenta si se tocaban ambas láminas a la vez.

El inventor estadounidense Benjamin Franklin dedicó mucho tiempo a la investigación de la electricidad. Su famoso experimento con una cometa o papalote demostró que la electricidad atmosférica que provoca los fenómenos del relámpago y el trueno es de la misma naturaleza que la carga electrostática de una botella de Leyden. Franklin desarrolló una teoría según la cual la electricidad es un 'fluido' único que existe en toda la materia, y sus efectos pueden explicarse por el exceso o la escasez de ese fluido.

La ley de que la fuerza entre cargas eléctricas es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre las cargas fue demostrada experimentalmente por el químico británico Joseph Priestley alrededor de 1766. Priestley también demostró que una carga eléctrica se distribuye uniformemente sobre la superficie de una esfera metálica hueca, y que en el interior de una esfera así no existen cargas ni campos eléctricos. Charles de Coulomb inventó una balanza de torsión para medir con precisión la fuerza que se ejerce entre las cargas eléctricas. Con ese aparato confirmó las observaciones de Priestley y demostró que la fuerza entre dos cargas también es proporcional al producto de las cargas individuales. Faraday, que realizó numerosas contribuciones al estudio de la electricidad a principios del siglo XIX, también desarrolló la teoría de las líneas de fuerza eléctricas.

Los físicos italianos Luigi Galvani y Alessandro Volta llevaron a cabo los primeros experimentos importantes con corrientes eléctricas. Galvani produjo contracciones musculares en las patas de una rana aplicándoles una corriente eléctrica. En 1800, Volta presentó la primera fuente electroquímica artificial de diferencia de potencial, un tipo de pila eléctrica o batería. La existencia de un campo magnético en torno a un flujo de corriente eléctrica fue demostrada por el científico danés Hans Christian Oersted en 1819, y en 1831 Faraday demostró que la corriente que circula por una espira de cable puede inducir electromagnéticamente una corriente en una espira cercana.

Alrededor de 1840, James Prescott Joule y el científico alemán Hermann von Helmholtz demostraron que los circuitos eléctricos cumplen la ley de conservación de la energía, y que la electricidad es una forma de energía.

El físico matemático británico James Clerk Maxwell realizó una contribución importante al estudio de la electricidad en el siglo XIX; Maxwell investigó las propiedades de las ondas electromagnéticas y la luz y desarrolló la teoría de que ambas tienen la misma naturaleza. Su trabajo abrió el camino al físico alemán Heinrich Hertz, que produjo y detectó ondas eléctricas en la atmósfera en 1886, y al ingeniero italiano Guglielmo Marconi, que en 1896 empleó esas ondas para producir el primer sistema práctico de señales de radio.

La teoría de los electrones, que forma la base de la teoría eléctrica moderna, fue presentada por el físico holandés Hendrik Antoon Lorentz en 1892. El primero en medir con precisión la carga del electrón fue el físico estadounidense Robert Andrews Millikan, en 1909. El uso generalizado de la electricidad como fuente de energía se debe en gran medida a ingenieros e inventores pioneros de Estados Unidos, como Thomas Alva Edison, Nikola Tesla, etc.



# LA ELECTRICIDAD ESTÁTICA

La Electricidad, es una categoría de fenómenos físicos originados por la existencia de cargas eléctricas y por la interacción de las mismas. Cuando una carga eléctrica se encuentra estacionaria, o estática, produce fuerzas eléctricas sobre las otras cargas situadas en su misma región del espacio; cuando está en movimiento, produce además efectos magnéticos. Los efectos eléctricos y magnéticos dependen de la posición y movimiento relativos de las partículas con carga. En lo que respecta a los efectos eléctricos, estas partículas pueden ser neutras, positivas o negativas. La electricidad se ocupa de las partículas cargadas positivamente, como los protones, que se repelen mutuamente, y de las partículas cargadas negativamente, como los electrones, que también se repelen mutuamente. En cambio, las partículas negativas y positivas se atraen entre sí. Este comportamiento puede resumirse diciendo que las cargas del mismo signo se repelen y las cargas de distinto signo se atraen.

## ELECTRICIDAD ESTÁTICA

Una manifestación habitual de la electricidad es la fuerza de atracción o repulsión entre dos cuerpos estacionarios que, de acuerdo con el principio de acción y reacción, ejercen la misma fuerza eléctrica uno sobre otro. La carga eléctrica de cada cuerpo puede medirse en culombios. La fuerza entre dos partículas con cargas  $q_1$  y  $q_2$  puede calcularse a partir de la ley de Coulomb según la cual la fuerza es proporcional al producto de las cargas dividido entre el cuadrado de la distancia que las separa. La constante de proporcionalidad  $K$  depende del medio que rodea a las cargas. La ley se llama así en honor al físico francés Charles de Coulomb.

Toda partícula eléctricamente cargada crea a su alrededor un campo de fuerzas. Este campo puede representarse mediante líneas de fuerza que indican la dirección de la fuerza eléctrica en cada punto. Para mover otra partícula cargada de un punto a otro del campo hay que realizar trabajo. La cantidad de energía necesaria para efectuar ese trabajo sobre una partícula de carga unidad se conoce como diferencia de potencial entre ambos puntos. Esta magnitud se mide en voltios. La Tierra, un conductor de gran tamaño que puede suponerse sustancialmente uniforme a efectos eléctricos, suele emplearse como nivel de referencia cero para la energía potencial. Así, se dice que el potencial de un cuerpo cargado positivamente es de tantos voltios por encima del potencial de tierra, y el potencial de un cuerpo cargado negativamente es de tantos voltios por debajo del potencial de tierra.

## Propiedades eléctricas de los sólidos

El primer fenómeno eléctrico artificial que se observó fue la propiedad que presentan algunas sustancias resinosas como el ámbar, que adquieren una carga negativa al ser frotadas con una piel o un trapo de lana, tras lo cual atraen objetos pequeños. Un cuerpo así tiene un exceso de electrones. Una varilla de vidrio frotada con seda tiene una capacidad similar para atraer objetos no cargados, y atrae los cuerpos cargados negativamente con una fuerza aún mayor. El vidrio tiene una carga positiva, que puede describirse como un defecto de electrones o un exceso de protones.

Cuando algunos átomos se combinan para formar sólidos, frecuentemente quedan libres uno o más electrones, que pueden moverse con facilidad a través del material. En algunos materiales, llamados conductores, ciertos electrones se liberan fácilmente. Los metales, en particular el

cobre y la plata, son buenos conductores.

Los materiales en los que los electrones están fuertemente ligados a los átomos se conocen como aislantes, no conductores o dieléctricos. Algunos ejemplos son el vidrio, la goma o la madera seca.

Existe un tercer tipo de materiales en los que un número relativamente pequeño de electrones puede liberarse de sus átomos de forma que dejan un 'hueco' en el lugar del electrón. El hueco, que representa la ausencia de un electrón negativo, se comporta como si fuera una unidad de carga positiva. Un campo eléctrico hace que tanto los electrones negativos como los huecos positivos se desplacen a través del material, con lo que se produce una corriente eléctrica. Generalmente, un sólido de este tipo, denominado semiconductor, tiene una resistencia mayor al paso de corriente que un conductor como el cobre, pero menor que un aislante como el vidrio. Si la mayoría de la corriente es transportada por los electrones negativos, se dice que es un semiconductor de tipo **n**. Si la mayoría de la corriente corresponde a los huecos positivos, se dice que es de tipo **p**.

Si un material fuera un conductor perfecto, las cargas circularían por él sin ninguna resistencia; por su parte, un aislante perfecto no permitiría que se movieran las cargas por él. No se conoce ninguna sustancia que presente alguno de estos comportamientos extremos a temperatura ambiente. A esta temperatura, los mejores conductores ofrecen una resistencia muy baja (pero no nula) al paso de la corriente y los mejores aislantes ofrecen una resistencia alta (pero no infinita). Sin embargo, la mayoría de los metales pierden toda su resistencia a temperaturas próximas al cero absoluto; este fenómeno se conoce como superconductividad.

### **Cargas eléctricas**

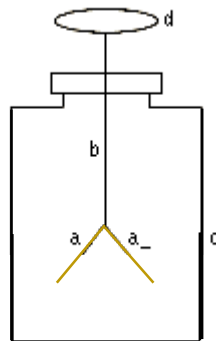
El electroscopio es un instrumento cualitativo empleado para demostrar la presencia de cargas eléctricas. En la figura 1 se muestra el instrumento tal como lo utilizó por primera vez el físico y químico británico Michael Faraday. El electroscopio está compuesto por dos láminas de metal muy finas ( $a$ ,  $a_1$ ) colgadas de un soporte metálico ( $b$ ) en el interior de un recipiente de vidrio u otro material no conductor ( $c$ ). Una esfera ( $d$ ) recoge las cargas eléctricas del cuerpo cargado que se quiere observar; las cargas, positivas o negativas, pasan a través del soporte metálico y llegan a ambas láminas. Al ser iguales, las cargas se repelen y las láminas se separan. La distancia entre éstas depende de la cantidad de carga.

Pueden utilizarse tres métodos para cargar eléctricamente un objeto:

- 1) contacto con otro objeto de distinto material (como por ejemplo, ámbar y piel) seguido por separación;
- 2) contacto con otro cuerpo cargado;
- 3) inducción.

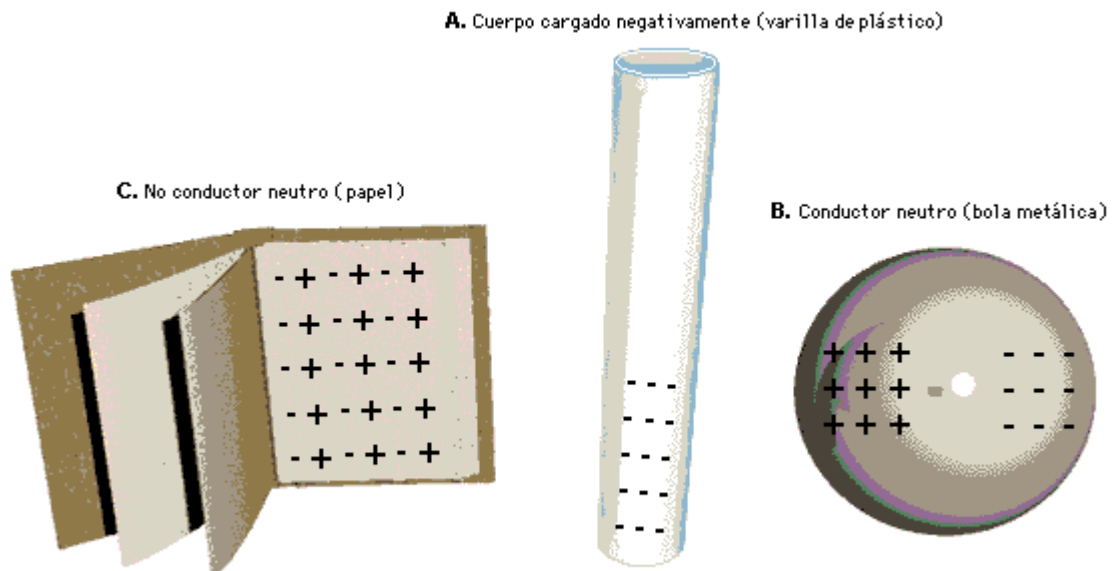
El efecto de las cargas eléctricas sobre conductores y no conductores se muestra en la figura de la siguiente página. Un cuerpo cargado negativamente,  $A$ , está situado entre un conductor neutro,  $B$ , y un no conductor neutro,  $C$ . Los electrones libres del conductor son repelidos hacia la zona del conductor alejada de  $A$ , mientras que las cargas positivas se ven atraídas hacia la zona próxima. El cuerpo  $B$  en su conjunto es atraído hacia  $A$ , porque la atracción de las cargas distintas más próximas entre sí es mayor que la repulsión de las cargas iguales más separadas

## Electroscopio



(las fuerzas entre las cargas eléctricas son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre las cargas). En el no conductor, C, los electrones no pueden moverse libremente, pero los átomos o moléculas del mismo se reorientan de forma que sus electrones constituyentes estén lo más lejos posible de A; el no conductor también es atraído por A, pero en menor medida que el conductor.

El movimiento de los electrones en el conductor B de la figura 2 y la reorientación de los átomos del no conductor C proporciona a esos cuerpos cargas positivas en los lados más próximos a A y negativas en los lados más distantes de A. Las cargas generadas de esta forma se denominan cargas inducidas.



# EXPERIMENTOS



## APARATOS SENCILLOS

# CAMPO ELECTROSTÁTICO

## Materiales

- Globo Grande
- Moneda
- Mondadientes plano
- Vaso de plástico transparente



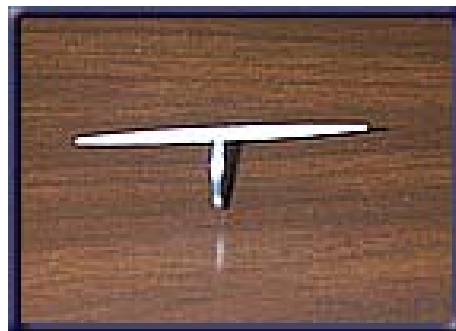
## Procedimiento

- Haz parar la moneda de costado.
- Balancea un mondadientes plano sobre el borde de la moneda.
- Con cuidado cubre la moneda y el mondadientes con un vaso de plástico transparente.
- Infla el globo y anuda el cuello.
- Forta el globo en tu cabello varias veces para “cargarlo” (Para esto tu cabello debe estar limpio y seco.)
- Luego de que el globo se ha cargado, sostenlo cerca del vaso de plástico y muévelo alrededor

¿Que ocurre con el mondadientes dentro del vaso?

## Marco Teórico

Al frotar el globo en el cabello o en una chompa, este se carga con partículas llamadas *electrones*. Los electrones del cabello o la chompa son llevados hasta el globo. Los electrones (que tienen carga negativa) son atraídos por las partículas de carga positiva del mondadientes. Esta atracción es lo suficientemente fuerte como para causar el movimiento del mondadientes.



COMO CONSTRUIR UN  
**GENERADOR VANDEGRAFF**



El generador de **Van der Graff, GVG**, es un aparato utilizado para crear grandes voltajes. En realidad es un electróforo de funcionamiento continuo.

Se basa en los fenómenos de electrización por contacto y en la inducción de carga. Este efecto es creado por un campo intenso y se asocia a la alta densidad de carga en las puntas.

El primer generador electrostático fue construido por Robert Jamison Van der Graff en el año 1931 y desde entonces no sufrió modificaciones sustanciales.

Existen dos modelos básicos de generador:

- El que origina la ionización del aire situado en su parte inferior, frente a la correa, con un generador externo de voltaje (un aparato diferente conectado a la red eléctrica y que crea un gran voltaje)
- El que se basa en el efecto de electrización por contacto. En este modelo el motor externo sólo se emplea para mover la correa y la electrización se produce por contacto. Podemos moverlo a mano con una manivela y funciona igual que con el motor.

Nosotros vamos a construir y a estudiar uno de este último tipo, que coincide con los generadores didácticos que existen en los centros docentes.

En los dos modelos las cargas creadas se depositan sobre la correa y son transportadas hasta la parte interna de la cúpula donde, por efecto Faraday, se desplazan hasta la parte externa de la esfera que puede seguir ganando más y más hasta conseguir una gran carga.

## Descripción

**Consta de:**

- 1.- Una esfera metálica hueca en la parte superior.
- 2.- Una columna aislante de apoyo que no se ve en el diseño de la izquierda, pero que es necesaria para soportar el montaje.
- 3.- Dos rodillos de diferentes materiales: el superior, que gira libre arrastrado por la correa y el inferior movido por un motor conectado a su eje.
- 4.- Dos “peines” metálicos (superior e inferior) para ionizar el aire. El inferior está conectado a tierra y el superior al interior de la esfera.
- 5.- Una correa transportadora de material aislante (el ser de color claro indica que no lleva componentes de carbono que la harían conductora).
- 6.- Un motor eléctrico montado sobre una base aislante cuyo eje también es el eje del cilindro inferior. En lugar del motor se puede poner un engranaje con manivela para mover todo a mano.

