

# Construcción de un electroscopio transistorizado.

Juan Carlos Sánchez Reyes

[sanrey@ula.ve](mailto:sanrey@ula.ve)

Universidad de los Andes. Facultad de Ciencias, Dep. Física

## RESUMEN

*El estudio de los fenómenos de electrostática captura el interés del estudiante porque se enfrentan a misteriosas fuerzas invisibles y de acción a distancia.*

*Para el profesor es otra historia... Sobre él recae el éxito o el fracaso del experimento ya que debe tener en cuenta muchos parámetros para garantizar el éxito.*

*¿Cuántas veces después de frotar un objeto no se carga eléctricamente?*

*¿Será que no se ha frotado lo suficiente?, ¿el día es muy húmedo?*

*Para registrar la actividad de las cargas estáticas se emplea un instrumento llamado Electroscopio, que puede ser muy simple y casero pero poco sensible o un equipo electrónico comercial, preciso pero costoso.*

*Este trabajo presenta la construcción de un electroscopio electrónico basado en un transistor de efecto de campo FET. Dicho instrumento presenta una sensibilidad altísima, de montaje bastante sencillo y económico, que le permite al docente mostrar los fenómenos de electrostática en el aula, sin complicaciones y funcionamiento garantizado.*

## INTRODUCCIÓN

Evidencias arqueológicas muestran que en la antigua Grecia, Roma y Persia se conocía la propiedad que tienen algunos cuerpos (pelusas, hilos, etc) que al ser frotados se atraen entre sí <sup>1,2,3</sup>.

La observación de estos fenómenos contribuyó a la postulación de leyes y principios de la electricidad y el magnetismo.

Todos estamos familiarizados con los efectos de la electricidad estática, incluso algunas personas son más susceptibles que otras a su influencia.

Para explicar como se origina la electricidad estática, hemos de considerar que la materia está compuesta por átomos (núcleos rodeados por una nube de electrones). Normalmente, la materia es neutra, tiene el mismo número de cargas positivas y negativas. Algunos átomos tienen más facilidad que otros para perder o ganar sus electrones, en especial cuando son frotados. De esta manera un cuerpo podría adquirir carga positiva o negativa.

El electroscopio es un instrumento capaz de estimar la carga estática y signo, que posee un cuerpo.

Clásicamente el electroscopio se construye a partir de dos placas muy delgadas y livianas, conductoras de electricidad, unidas entre sí. Cuando las placas se cargan eléctricamente pueden ser atraídas o repelidas dependiendo

del signo y cantidad de cargas. Para lograr la deflexión de estas placas se necesita una cantidad apreciable de carga así como un rodamiento eficaz para que las placas se deflecten sin dificultad. Estas condiciones no siempre son fáciles de obtener y ese es justo el problema que se presenta con los electroscopios de rodamientos o mecánicos. La figura N° 1 muestra las partes constituyentes de un electroscopio clásico.

Una alternativa sería el empleo de electroscopios electrónicos, bastante precisos y funcionales, pero a la vez, costosos y sofisticados.

El presente trabajo ofrece una alternativa de diseño de un electroscopio de fabricación casera, con pocos componentes de muy bajo costo, de funcionamiento sencillo y sobretodo confiable.

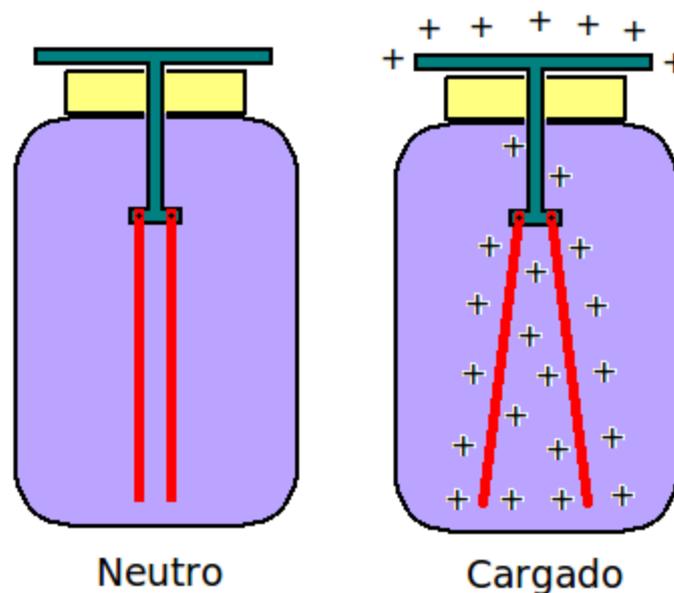


Figura. 1. Electroscopio clásico, conformado por una botella de vidrio y tapa aislantes, dos láminas delgadas metálicas unidas por rodamientos y soportes metálicos.

## DESCRIPCIÓN.

En 1947 <sup>4</sup>, Walter Brattain, John Bardeen y William Shockley inventaron el transistor, recibiendo el Premio Nobel de Física por ello en 1956.

Un transistor (la contracción de *transfer resistor* o resistencia de transferencia) es un dispositivo semiconductor con tres terminales utilizado generalmente como amplificador o interruptor y en el que una pequeña corriente o tensión aplicada a uno de los terminales controla o modula la corriente entre los otros dos terminales. Es el componente fundamental de la electrónica, tanto digital como analógica.

En los circuitos digitales, los transistores se usan como interruptores, y disposiciones especiales de ellos configuran las puertas lógicas, memorias RAM y otros dispositivos; en los circuitos analógicos se usan principalmente como amplificadores, como en nuestro caso, ya que lo estamos empleando para captar y amplificar una pequeña corriente eléctrica.

Existen distintos tipos de transistores, de los cuales la clasificación más aceptada consiste en dividirlos en transistores de bipolares o BJT (Bipolar Junction Transistor), transistores de efecto de campo o FET (Field Effect

Transistor) y MOSFET (transistor FET de tipo Metal-Óxido-Semiconductor). Los MOSFET permiten un diseño extremadamente compacto, necesario para los circuitos altamente integrados (CI).

Los transistores BJT presentan el inconveniente que la impedancia de entrada es baja por lo tanto deberá consumir corriente del campo eléctrico que se está midiendo, es por eso que se elige el transistor tipo FET <sup>5</sup>.

Un transistor FET está formado por una barra de material p o n, llamada canal, rodeada en parte de su longitud por un collar de otro tipo de material que forma con el canal una unión p-n (Ver figura N° 2) .

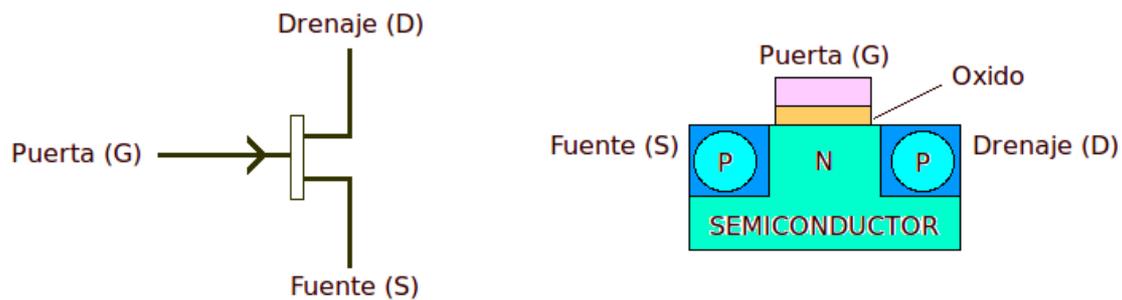


Figura. 2. Símbolo electrónico FET canal N y esquema.

## CONSTRUCCIÓN

El principio básico de funcionamiento es el uso del transistor FET como amplificador de las pequeñas variaciones de campo eléctrico en las cercanías de un cuerpo cargado.

La puerta (Gate) del transistor funciona como una antena percibiendo cambios del campo eléctrico, el transistor consume una millonésima parte de este campo, lo amplifica y lo mide a través del amperímetro. Este amperímetro preferiblemente debe tener el cero en el centro de la escala de manera que la deflexión hacia la derecha (por ejemplo) indica que la carga en la antena tiene signo contrario al que tendría si la deflexión fuese hacia la izquierda.

El diagrama eléctrico del montaje se muestra a continuación en la figura N° 3..

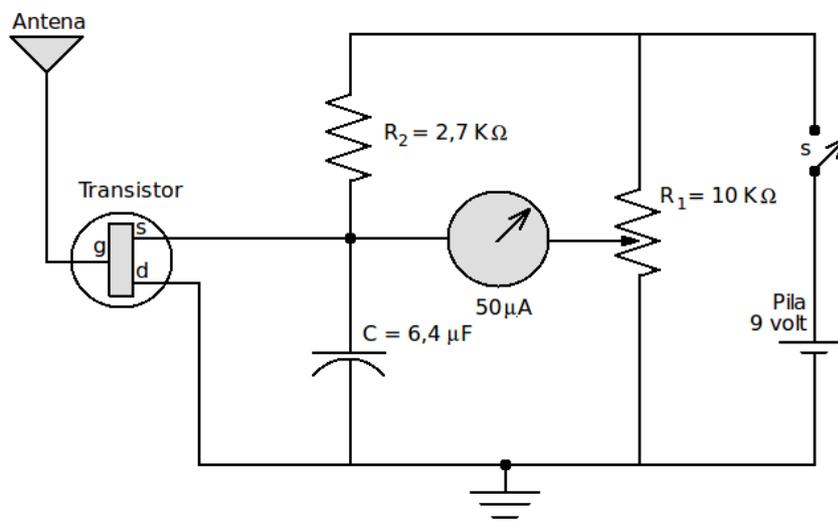


Figura 3. Esquema electrónico de un electroscopio basado de un transistor FET.

Con la resistencia variable  $R_1$  podemos ajustar el cero en la escala del amperímetro y el condensador C y el resistor  $R_2$  actúan como filtro para suprimir el ruido y estabilizar la tensión.

Respecto al amperímetro, es ideal uno muy sensible, 50  $\mu\text{A}$  le va muy bien ya que puede registrar variaciones muy pequeñas de campo eléctrico, pero si no disponemos de él, podemos usar un amperímetro de inferior valor y a pesar de perder sensibilidad, funcionará en la mayoría de los casos.

Los componentes deben ensamblarse en una placa de baquelita para montajes de circuitos. Debe tenerse especial cuidado al manipular el transistor ya que el campo eléctrico circundante (producido por la mano, herramientas o el ambiente) puede dañarlo. Se recomienda cubrir los terminales del transistor con papel de aluminio hasta el momento de soldarlo en la placa.

Este circuito debe apantallarse por medio de una cobertura metálica, por ejemplo una caja de aluminio y dejar libre (y fuera de la caja) un alambre forrado soldado al terminal "g" del transistor para que actúe como antena.

En el montaje se pueden emplear alguno de los transistores 2N3819 o BF245A, pero hay que tomar en cuenta que la configuración de los terminales son diferentes.

La figura 4, muestra la identificación de los terminales del transistor dependiendo del tipo. Debe presentar especial cuidado de los terminales ya que cualquier equivocación arruinará el transistor.

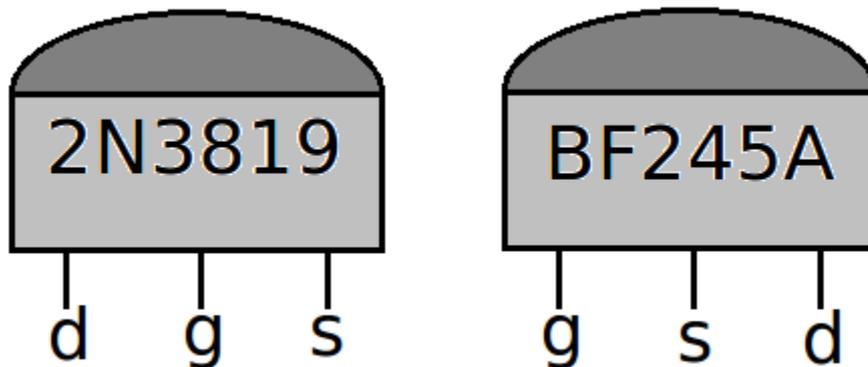


Figura 4. Identificación de los terminales de el transistor empleado.

Tenga mucho cuidado al momento de soldar el transistor ya que un exceso de calor puede deteriorarlo.

Una vez terminado el circuito y verificado el buen funcionamiento del mismo, se procederá a ensamblarlo en su caja metálica para apantallarlo.

Perfore la caja y ensamble el amperímetro, reóstato, interruptor y la antena puede fabricarla con 10 centímetros de cable con cubierta aislante que se colocará fuera de la caja metálica.

El aspecto del electroscopio acabado se muestra en la figura 5.

Detalles de construcción y funcionamiento son mostrados en el siguiente video personal: <http://www.webdelprofesor.ula.ve/ciencias/sanrey/video.html>

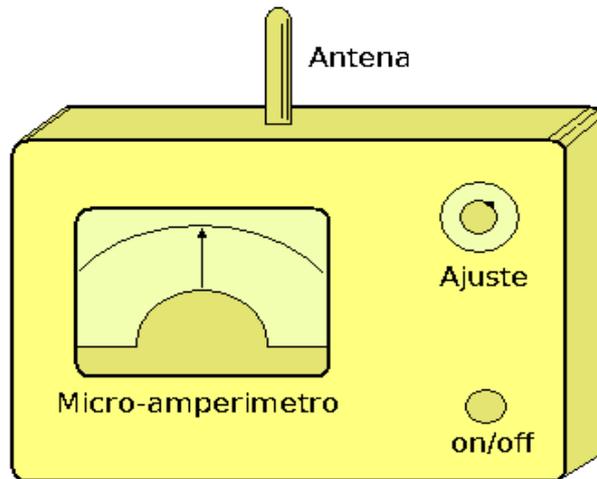
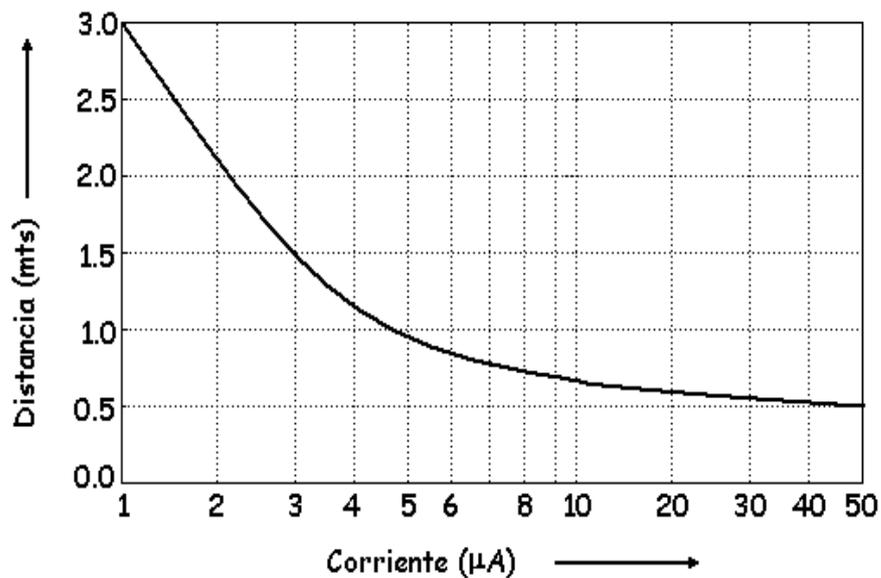


Figura 5. Aspecto que tendrá el electroscopio totalmente acabado.

En relación a la sensibilidad ya se mencionó que este instrumento es muy superior al electroscopio clásico. Es capaz de detectar actividad a metros de distancia. Una estimación de la corriente registrada en función de la distancia puede apreciarse en la gráfica N° 1.



Gráfica N° 1. Respuesta de la distancia vs corriente.

Claro está que la respuesta del instrumento está relacionada con la cantidad de carga y con las condiciones ambientales del momento, pero casi siempre se obtendrá una respuesta satisfactoria.

## LISTA DE MATERIALES

Nº	Componente	Cantidad
1	Transistor FET 2N 3819 o BF245A	01
2	Condensador electrolítico 6,8 $\mu$ F/ 25 Volt.	01
3	Resistor de carbón 2,7 K $\Omega$ / $\frac{1}{4}$ watio.	01
4	Resistencia variable 10 K $\Omega$	01
5	Amperímetro 50 $\mu$ A (o mayor)	01
6	Interruptor	01
7	Placa de baquelita perforada	01
8	Pila 9 volt	01

## CONCLUSIONES

La construcción de este electroscopio no requirió de procesos ni montajes complejos ya que los componentes son pocos, económicos y de fácil adquisición.

El funcionamiento del mismo ha sido muy sencillo, solo un ajuste de cero antes de comenzar a registrar la actividad eléctrica y listo para medir.

La sensibilidad del instrumento supera las expectativas ya que se pudo registrar pequeñas cargas eléctricas a grandes distancias (un metro o mas...).

Dado que es un instrumento para fines didácticos, es bastante apropiado para los chicos ya que el electroscopio opera voltajes muy bajos y seguros para ser manipulado sin riesgo eléctrico.

## REFERENCIAS

1. Sears-Zemansky-Young, Física Universitaria, Addison-Wesley Iberoamericana, sexta edición.
2. Douglas Giancoli, Física General Vol II, Prentice Hill.
3. <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrost%C3%A1tica>
4. <http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor>
5. [http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor\\_de\\_efecto\\_campo](http://es.wikipedia.org/wiki/Transistor_de_efecto_campo)