

**AUTORES:** CRIADO G<sup>a</sup>-LEGAZ, A.M. ; VENERO, C. CRIADO VEGA, A.

**TITULO:** Enseñanza-aprendizaje de fenómenos eléctricos.

**TIPO DE PARTICIPACIÓN:**

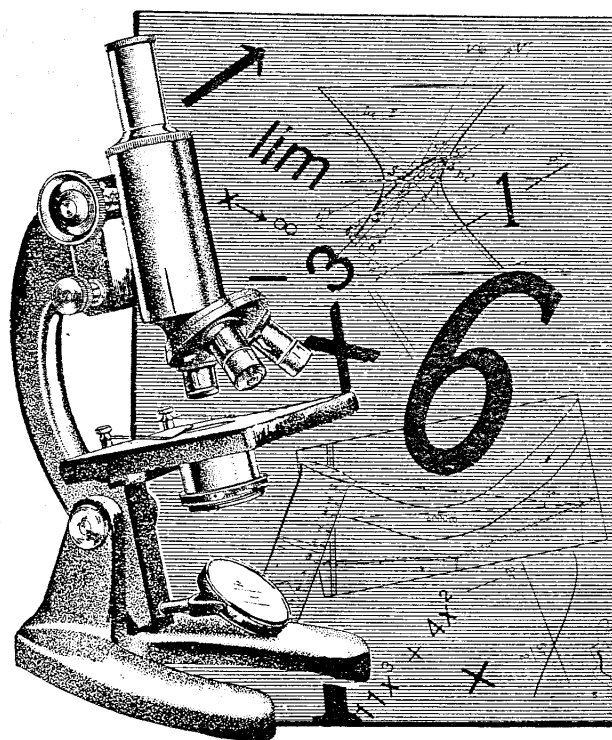
**CONGRESO:** XIV Encuentro de Didáctica de Ciencias Experimentales.

**PUBLICACIÓN:** Actas 1p. (resumen)

**LUGAR DE CELEBRACIÓN:** EUM. Univ. Cáceres.

**AÑO:** 1993

*XIV ENCUENTROS DE  
DIDACTICA DE LAS CIENCIAS  
EXPERIMENTALES*



CACERES, 13-18 SEPTIEMBRE 1993

ESCUELA UNIVERSITARIA DE MAGISTERIO DE CACERES  
UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA

Compone, edita e imprime:

Escuela Universitaria de Magisterio de Cáceres.

Universidad de Extremadura

Tratamiento informático de datos:

Jesús M. Alvarez Llorente

José M. Corrales Vázquez

M<sup>a</sup> Rosario Encinas Guzmán

Samuel Sánchez Cepeda

Victor Manuel Silveira Tesoro

## **ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE FENOMENOS ELECTRICOS**

GARCIA-LEGAZ, Ana Criado

VENERO GOÑI, Concepción

CRIADO VEGA, Amelia

MORON ROMERO, M<sup>a</sup> Carmen

MARTINEZ GOBANTES, Luis I.

Tanto la enseñanza como el aprendizaje de conceptos de Electricidad Estática se suelen introducir, en Física General, dentro de un marco eminentemente teórico, ausente de toda contrastación experimental. Ello hace que no se valoren suficientemente ciertos aspectos definidos en la teoría. Sin embargo, mediante experiencias de laboratorio, bajo condiciones poco habituales (elevadas intensidades de campo eléctrico, altos potenciales, ...), se establece el marco idóneo en el que surgen problemas –en el sentido didáctico de la palabra– que brindan la oportunidad de revisar el cuerpo teórico.

En este trabajo abordamos esta problemática centrándonos en la reflexión teórica sobre los fenómenos observados.

## ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE FENÓMENOS ELÉCTRICOS

Ana Criado G<sup>a</sup>-Legaz, Concha Venero Goñi, Amelia Criado Vega, Carmen Morón Romero, Luis Martínez Gobantes, Carlos Sánchez Gómez

### OBJETIVO

El objetivo de este trabajo consiste en la reflexión sobre algunos aspectos puntuales de la Electricidad Estática a nivel de una Física General universitaria. Esta reflexión surge al hilo de unas experiencias de laboratorio con campos intensos producidos por un generador de van der Graaf, y descritas en nuestro "Taller de Electricidad Estática". Todo ello nos lleva a sugerir propuestas didácticas en torno a los tópicos aludidos.

### SOBRE LA INDUCCION ELECTROSTÁTICA

Muchos de los fenómenos cotidianos que ocurren debido a Electricidad estática consisten en atracciones entre un cuerpo cargado y otro neutro en el que se ha producido una polarización por inducción. Del mismo modo, al hacer experiencias con un péndulo electrostático, se observa inicialmente la atracción del péndulo -en estado neutro- por objetos de vidrio o de plástico electrizados; atracción que se debe a la polarización del péndulo, por influencia sobre éste, de dichos objetos cargados. Cuando se estudian los fenómenos de inducción a nivel de primer curso universitario, los alumnos sostienen inicialmente, un arraigado concepto alternativo para explicar estas atracciones, consistente en la creencia de que ocurren "porque ambos objetos están cargados con electricidades de signo contrario". Cuando nos planteamos el objetivo de que aprendan el proceso de carga por inducción de un conductor unido a tierra, es necesario haber superado dicho obstáculo conceptual. Para esto es suficiente, (según hemos constatado), con la puesta en contradicción del

concepto alternativo de forma verbal, seguida de la realización de las experiencias de atracciones electrostáticas poniendo atención en el estado neutro inicial de los objetos polarizados.

Esta estrategia se puede completar de forma motivadora puesto que es posible poner a los alumnos en una situación vivencial de todo ello : Con un generador de van der Graaf, la carga por inducción es algo que los estudiantes pueden experimentar en ellos mismos con solo estar unos instantes en las proximidades del generador. La carga superficial que van adquiriendo se percibe como un cosquilleo extraño en la piel. Si posteriormente se rozan con otro compañero o con algún metal, notarán el pinzacho producido por la rápida descarga . El análisis desde la Física de estos fenómenos, experimentados en ellos mismos, conlleva un aprendizaje significativo de los fenómenos de influencia.

#### **SOBRE LAS CONEXIONES A TIERRA**

Los conceptos de "aislamiento de tierra" o "conexión a tierra", cuestan trabajo de entender a los estudiantes por el motivo de que, "el suelo" a no ser que contuviera humedad, o fuera metálico, no encaja en el concepto experiencial de "conductor" que ellos poseen. De hecho bajo tensiones eficaces de 220v, aparentemente, no se comporta como conductor.

En un generador de van der Graaf de prácticas, podemos conseguir tensiones entre cúpula y tierra del orden de 100 a 200 Kv. En estas condiciones la suela de los zapatos y el propio suelo de terrazo, ya no nos aíslan y este es el motivo por el que una persona adquiere carga si se sitúa en las proximidades del generador. A través de la percepción de la ulterior descarga se

puede comprobar como el aislamiento de unos zapatos de deporte y un apoyo de poliestireno es mayor que el de unos de suela de cuero sobre un estante de madera. La interpretación física de la propia experiencia vivida conduce hacia una idea clara de significado de la conexión o de un buen aislamiento de tierra.

#### SOBRE LOS CONCEPTOS DE CONDUCTOR Y AISLANTE

En los textos de Física General, al estudiar los materiales en cuanto a su conductividad eléctrica se suele distinguir entre conductores, semiconductores y aislantes (dieléctricos). Incluso se establecen diferencias cuantitativas en cuanto a la banda prohibida entre las de valencia y de conducción (el citar estos valores contribuye a magnificar la diferencia). Esta distinción induce en los alumnos la idea de que los dieléctricos están incapacitados para conducir la electricidad. De forma que, por ejemplo, el contacto con un cable de alta tensión no revestiría riesgo si se utilizase una protección de plástico o madera, un condensador con su dieléctrico, cargado y aislado, no se descargaría nunca a través de éste, ..., etc. (La realidad es que prácticamente todos los electroaislantes utilizables dejan pasar una débil corriente cuando se les aplica una tensión). Para reconducir esta concepción alternativa proponemos que se complete la información teórica sobre dieléctricos por una parte, y que se verifique el alcance de las predicciones realizadas de forma empírica.

En el laboratorio, bajo tensiones altas como las aludidas anteriormente, la identificación de "dieléctrico" con "aislante" deja de ser válida a la hora de la práctica, ya que materiales como el plástico, el vidrio, la madera, en estas condiciones,

presentan conductividad sensiblemente apreciable.

### Características de los dieléctricos

Para conocer mejor el concepto físico de dieléctrico se puede hacer mención a propiedades como las siguientes

Vector polarización $P$	Rigidez dieléctrica
Vector desplazamiento $D$	Resistencia de aislamiento
Permitividad relativa $\epsilon$	Absorción dieléctrica
Susceptibilidad eléctrica $X$	Pérdidas dieléctricas

Centrémonos en los cuatro de la derecha, ya que son los menos citados en los textos de Física General y sin embargo pueden proporcionar al estudiante una idea más adecuada del concepto de dieléctrico a efectos prácticos.

Desde el enfoque de enseñanza habitual, se desprende que el hecho de utilizar vidrio, plástico o madera es indiferente desde el punto de vista del aislamiento eléctrico, ya que "ninguno de ellos conduce". (Ello contrasta con la clara distinción que se establece entre los metales mejores y peores conductores con diferentes valores de la resistividad  $\rho$ ). Análogamente a esta distinción, se pueden establecer diferencias entre los aislantes, atendiendo a la desigualdad en propiedades como :

**Rigidez dieléctrica** : Si se somete un dieléctrico a una tensión que va aumentando progresivamente, ocurrirá su "perforación", la corriente aumenta bruscamente, formándose un "canal de perforación" muy conductor, dándose prácticamente un cortocircuito entre los electrodos. La rigidez dieléctrica se expresa en Kv/cm, como el máximo valor de la intensidad de campo que puede soportar el dieléctrico sin perforarse.

**Absorción dieléctrica** : Ya Franklin hacía experiencias con una botella de Leyden análogas a la siguiente : Si se carga un



condensador con un dieléctrico, y a continuación se pone en cortocircuito, dejándolo seguidamente a circuito abierto durante cierto tiempo, se comprueba que aparece una nueva diferencia de potencial entre sus armaduras. (Se pueden obtener varias chispas, cada vez más pequeñas).

Se dice que una parte de la carga inicial de las placas ha sido absorbida por el dieléctrico, de tal manera que la absorción y restitución de la carga por dicho material no son inmediatas y se necesita para ello un cierto tiempo, según la naturaleza del dieléctrico. (Desde una fracción de segundo a varias horas). En algunos condensadores -como los de papel para alta tensión-, la carga residual debido a la absorción puede resultar peligrosa para el operador, por lo que es conveniente cortocircuitarlos durante varias horas.

**Resistencia de aislamiento** : Todos los dieléctricos en mayor o menor medida presentan una corriente de fuga  $i_f$ , cuando son sometidos a una diferencia de potencial ( $\Delta V$ ). Se habla de una "resistencia de aislamiento" ( $R_{ais} = \Delta V / i_f$ ) o una resistividad  $\rho$  que tienen valores finitos. La conductividad se produce tanto a través del interior de la masa del dieléctrico como a nivel superficial y los valores de  $\rho$  contemplan ambos aspectos.

**Pérdidas dieléctricas**: Se llaman así a la parte de energía eléctrica que se transforma en calor en un dieléctrico. Como el calentamiento es muy intenso en alta frecuencia, el calor desprendido en el dieléctrico se debe, no sólo a la acción de la corriente que pasa por él (pérdidas óhmicas por efecto Joule), sino también a los procesos de establecimiento de la polarización dentro del campo eléctrico alterno (pérdidas dieléctricas).

Para que todos estos conceptos se entiendan, es oportuno, didácticamente, estudiar los valores que toman esas magnitudes en dieléctricos conocidos (tabla I) y si es posible, comentar las situaciones reales donde se pueden alcanzar estos valores. Por ejemplo, con tensiones alternas (50Hz) del orden del 1Kv la corriente de fuga  $i_f$  a través de guantes aislantes vale alrededor de 1mA; mientras que con voltajes continuos la corriente toma valores de  $1\mu A$ . Las consecuencias que se deducen del análisis de estos valores están claras si se tiene en cuenta que el umbral de percepción humana de una corriente está en 1 mA y que alrededor de los 15 mA se produce la pérdida del control muscular voluntario -con la consiguiente incomodidad que supone no poder soltar un cable activo- .

\* En conclusión, los dieléctricos conducen la electricidad; de forma que los condensadores se descargan a través de ellos, si bien esta corriente de fuga es muy débil en condiciones no extremas. En situación de altas tensiones y campos, la conducción se hace evidente (y hasta puede observarse a simple vista en cualquier descarga a través del aire).

Todos estos aspectos de tipo empírico se pueden justificar a otros niveles, por el hecho de que existen mecanismos de conducción en los dieléctricos perfectamente descritos en la Física de los sólidos. A temperaturas normales, el carácter de conductividad de los dieléctricos es por impurezas, y según la composición química del dieléctrico, existen varios mecanismos de conducción, como por ejemplo "la polarización electrónica térmica" que se da en el polietileno, poliestireno y otros plásticos en presencia de campos intensos. Además de este

Por lo mismo, se da conductividad iónica en una serie de sustancias de uso extendido en aislamiento eléctrico: resinas, películas de barniz, vidrios, y en la mayoría de los polímeros orgánicos debido a impurezas que bajan su calidad como aislantes.

Resumiendo, se ha descrito la problemática didáctica de ciertos aspectos relacionados de la Electricidad Estática (la inducción, el aislamiento de tierra y el concepto de aislante eléctrico) y se sugieren estrategias para modificar los conceptos alternativos implicados.

tabla I

Tabla de Propiedades de algunos dieléctricos			
NOMBRE	RIGIDEZ DIELECTRICA K.V/cm.	RESISTIVIDAD $\Omega \cdot \text{cm.}$ <i>valor</i>	PERMITIVIDAD $\epsilon_r$
POLIESTIRENO (Sercho blanco)	197-276	$10^{18}$	2.5
POLIETILENO (aislam. cables)	181	$10^{13}$	2.3
P.V.C.	138-197	$10^{10}$	3.5-4.5
VIDRIO <i>ventana</i>	12-59	$10^6-10^7$	5-10
AIRE SECO	30		1

*abs. % Virtual*  
*0'62%*

*Co-11-*

REFERENCIAS

ALVAREZ SANTOS 1977 **Materiales y componentes electrónicos.** Alvarez Santos. Litoprint. Madrid

NIKOLSKI V.V. 1976 **Electrodinámica y propagación de ondas de radio.** Mir. Moscú.

HETCH E. 1987 **Física en perspectiva.** Addison-Wesley Iberoamericana

MARTIN DEL RIO 1983 **Descargas disruptivas en el aire....** Tesis doctoral. Director: J.Lozano Campoy. E.T.S.I. Universidad de Sevilla

PAULOV/JOJLOV 1987 **Física del estado sólido.** Mir

TERÉIEV B.M.1978 **Física de los materiales dieléctricos.** Mir

*4 kV/cm 10<sup>3</sup>-10<sup>10</sup>  $\Omega \cdot \text{cm}$  2'5-7'2 enciclop. deis*

*polistera (nylon)*

*0'2%*