

**MF0835\_2**  
**REPLANTEO**  
**DE INSTALACIONES**  
**SOLARES FOTOVOLTAICAS**

 **Hispanamérica**  
EDITORIAL

**MF0835\_2 Replanteo de instalaciones solares fotovoltaicas**

© Desarrollos didácticos S.A de C.V.

© HISPAMERICA BOOKS, S.L. (2021)

Telef. (00 34) 91 028 28 51

Madrid, España

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea éste electrónico, mecánico, por fotocopia, grabación o cualquier otro medio sea cual fuere sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (artículo 270 y siguientes del Código Penal).

**ISBN 978-84-17958-52-7**

Impreso en Madrid (España) – Printed in Madrid (Spain)

**ENAE0108 MONTAJE Y MANTENIMIENTO  
DE INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS (420 h)**

**(RD 1114/2007, de 24 de agosto de 2007)**

**MF0835\_2: Replanteo de instalaciones solares fotovoltaicas (150 h.)**

**UF0149: Electrotécnia (90 h.)**

**UF0150: Replanteo y funcionamiento de las instalaciones  
solares fotovoltaicas (60 h.)**

**MF0836\_2: Montaje de instalaciones solares fotovoltaicas (210 h.)**

**UF0151: Prevención de riesgos profesionales y seguridad  
en el montaje de instalaciones solares (30 h.)**

**UF0152: Montaje mecánico en instalaciones solares  
fotovoltaicas (90 h.)**

**UF0153: Montaje eléctrico y electrónico en instalaciones  
solares fotovoltaicas (90 h.)**

**MF0837\_2: Mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas  
(60 h.)**

**MP0032: Módulo de prácticas profesionales no laborales de Montaje y  
mantenimiento de instalaciones solares fotovoltaicas. (120 h.)**



**MF0835\_2**  
**REPLANTEO**  
**DE INSTALACIONES**  
**SOLARES FOTOVOLTAICAS**



# ÍNDICE

**MF0835\_2 REPLANTEO DE INSTALACIONES SOLARES FOTOVOLTAICAS**

**UF0149 ELECTROTECNIA**

<b>1. Electricidad y electromagnetismo.....</b>	<b>23</b>
1.1 Naturaleza de la electricidad.....	25
1.1.1 Conceptos y leyes básicas	
1.1.2 Propiedades y aplicaciones	
1.1.3 Corriente eléctrica	
1.1.4 Magnitudes eléctricas (Energía, potencia, tensión, intensidad, frecuencia, factor de potencia, impedancia, resistencia, reactancia, etc.)	
1.2 Magnetismo y electromagnetismo.....	72
1.2.1 Conceptos y leyes básicas	
1.2.2 Circuitos magnéticos y conversión de la energía	
1.2.3 Magnitudes magnéticas (Flujo magnético, intensidad magnética, reluctancia, etc.)	
1.3 Circuitos eléctricos.....	91
1.3.1 Circuitos de corriente continua	
1.3.2 Circuitos monofásicos y trifásicos de corriente alterna	
1.3.3 Estructura y componentes	
1.3.4 Simbología y representación gráfica	
1.3.5 Análisis de circuitos	
1.4 Redes eléctricas de B.T.....	107
1.4.1 Propiedades y aplicaciones	
1.4.2 Descripción de componentes fundamentales (circuitos de generación, circuitos de control y servicios auxiliares)	
1.4.3 Esquemas eléctricos de B.T. (Normativa), dispositivos de maniobra, corte y protección	

1.5 Centros de transformación.....	128
1.5.1 Propiedades y aplicaciones	
1.5.2 Disposiciones habituales	
1.5.3 Esquemas	
1.5.4 Tipos y funciones de las celdas de M.T.	
1.5.5 Dispositivos de maniobra, corte y protección	
1.6 Pilas y acumuladores.....	145
1.6.1 Principio de operación	
1.6.2 Aspectos constructivos y tecnológicos	
1.6.3 Propiedades y aplicaciones	
1.6.4 Clasificación	
1.6.5 Tipología	
1.6.6 Características físico/químicas y técnicas	
1.7 Medidas de magnitudes eléctricas.....	165
1.7.1 Procedimiento	
1.7.2 Instrumentos de medida	
1.7.3 Errores de medida	
1.8 Protecciones de la instalación eléctrica.....	179
1.8.1 Normativa	
1.8.2 Medidas de protección	
1.8.2.1 Aparata de maniobra (apertura y cierre)	
1.8.2.2 Aparata de protección (relés)	
1.8.2.3 Aparata de maniobra y protección	
1.9 Seguridad eléctrica.....	191
1.10 Reglamento electrotécnico de baja y media tensión.....	196
<b>2. Máquinas eléctricas estáticas y rotativas.....</b>	<b>215</b>
2.1 Generadores.....	218
2.1.1 Tipos de generadores (dinamos y alternadores)	
2.1.2 Dinamos	
2.1.3 Máquina asíncrona	
2.1.3.1 Generador asíncrono convencional y de doble devanado, principio de operación, aspectos constructivos y tecnológicos	
2.1.4 Máquina síncrona	
2.1.4.1 Generador síncrono convencional de rotor devanado, generador síncrono de imanes permanentes, principio de operación, aspectos constructivos y tecnológicos.	
2.1.5 Protección de generadores.	
2.2 Transformadores.....	240

2.2.1 Transformadores de tensión y transformadores de medida, principio de operación, aspectos constructivos y tecnológicos	
2.3 Motores eléctricos.....	245
2.3.1 Motores de corriente continua	
2.3.1.1 Principio de operación, aspectos constructivos y tecnológicos	
2.3.2 Motores de corriente alterna (máquina síncrona y asíncrona)	
2.3.2.1 Monofásicos, trifásicos (de rotor bobinado y jaula de ardilla): Principio de operación, aspectos constructivos y tecnológicos	
<b>3. Electrónica.....</b>	<b>259</b>
3.1 Electrónica básica.....	262
3.1.1 Estudio de las características de los componentes electrónicos	
3.1.2 Resistencias, condensadores, diodos, bobinas, amplificadores operacionales, circuitos integrados, convertidores analógicos y digitales, etc.	
3.1.2.1 Resistencias	
3.1.2.2 Condensadores	
3.1.2.3 Diodos	
3.1.2.4 Bobinas	
3.1.2.5 Amplificadores operacionales	
3.1.2.6 Circuitos integrado	
3.1.2.7 Convertidores analógicos y digitales	
3.1.3 Dispositivos semiconductores de potencia	
3.1.3.1 Diodos, tiristores, tiristores GTO, transistores MOSFET, transistores IGBT. Principio de operación, aspectos constructivos y tecnológicos	
3.2 Circuitos electrónicos.....	292
3.2.1 Teoría de funcionamiento de circuitos analógicos y digitales básicos	
3.2.2 Esquemas de representación.	
3.3 Circuitos convertidores electrónicos de potencia convencionales....	299
3.3.1 Rectificador monofásico y trifásico no controlado.	
3.3.2 Rectificador monofásico y trifásico controlado (tiristores, PWM con IGBTs).	
3.3.3 Inversor monofásico y trifásico (tiristores, PWM).	
3.3.4 Principio de operación, aspectos constructivos y tecnológicos.	

## **UF0150 REPLANTEO Y FUNCIONAMIENTO DE LAS INSTALACIONES SOLARES FOTVOLTAICAS**

<b>1. Funcionamiento general de las Instalaciones solares fotovoltaicas.....</b>	<b>311</b>
1.1 La energía solar.....	313
1.2 Transmisión de la energía.....	315
1.2.1 Conceptos elementales de astronomía en cuanto a la posición solar	
1.2.2 Conversión de la energía solar	
1.2.3 La constante solar y su distribución espectral	
1.2.4 Radiación solar en la superficie de la tierra	
1.2.5 Radiación solar y métodos de cálculo	
1.2.6 Energía incidente sobre una superficie plana inclinada	
1.2.7 Orientación e inclinación óptima anual, estacional y diaria	
1.2.8 Cálculo de radiación difusa y directa sobre superficies horizontales y sobre superficies inclinadas	
1.2.9 Comprobación de la respuesta de diversos materiales y tratamiento superficial frente a la radiación solar	
1.2.10 Cálculo de sombreadamientos externo y entre captadores	
1.2.11 Efecto invernadero	
1.3 Datos de radiación solar.....	348
1.3.1 Bases de datos de estaciones meteorológicas	
1.4 Tipos y usos de las instalaciones fotovoltaicas.....	350
1.4.1 Funcionamiento y configuración de una instalación solar fotovoltaica conectada a red	
1.4.2 Funcionamiento y configuración de una instalación solar fotovoltaica aislada	
1.4.3 Almacenamiento y acumulación	
1.4.4 Funcionamiento y configuración de una instalación de apoyo con pequeño aerogenerador y/o grupo electrógeno	
1.4.5 Sistemas de protección y seguridad en el funcionamiento de las instalaciones	

<b>2. Componentes que conforman las instalaciones solares fotovoltaicas....</b>	<b>359</b>
2.1 Generador fotovoltaico.....	362
2.1.1 Panel fotovoltaico.	
2.1.2 Conversión eléctrica.	
2.1.3 Electricidad fotovoltaica; el efecto fotovoltaico, la célula solar, tipos de células.	
2.1.4 El panel solar; características físicas, constructivas y eléctricas.	
2.1.5 Protecciones del generador fotovoltaico	
2.2 Estructuras y soportes.....	381
2.2.1 Tipos de estructuras	
2.2.2 Dimensionado	
2.2.3 Estructuras fijas y con seguimiento solar	
2.3 Acumuladores.....	386
2.3.1 Tipos de acumuladores (Plomo-Ácido, Níquel-Cadmio, etc.)	
2.3.2 Partes constitutivas de un acumulador	
2.3.3 Reacciones químicas en los acumuladores Plomo-Ácido, Níquel-Cadmio, etc.	
2.3.4 Carga de acumuladores (caracterización de la carga y de la descarga)	
2.3.5 Fases de carga de una instalación de acumuladores	
2.3.6 Seguridad y recomendaciones generales de los acumuladores	
2.3.7 Aspectos medioambientales (reciclaje de baterías)	
2.4 Reguladores.....	396
2.4.1 Reguladores de carga y su función	
2.4.2 Tipos de reguladores	
2.4.3 Variación de las tensiones de regulación	
2.4.4 Sistemas sin regulador	
2.4.5 Protección de los reguladores	
2.5 Inversores.....	401
2.5.1 Funcionamiento y características técnicas de los inversores fotovoltaicos	
2.5.2 Topologías	
2.5.3 Dispositivos de conversión CC/CC y CC/CA	
2.5.4 Métodos de control PWM	
2.5.5 Generación de armónicos	
2.6 Inversores conectados a red y autónomos.....	411
2.6.1 Configuración del circuito de potencia	
2.6.2 Requerimientos de los inversores autónomos y conectados a red	
2.6.3 Compatibilidad fotovoltaica	

2.7 Otros componentes	
2.7.1 Diodos de bloqueo y de paso	
2.7.2 Equipos de monitorización, medición y control	
2.7.3 Aparatación eléctrica de cableado, protección y desconexión	
2.7.4 Estructuras de orientación variable y automática	
2.7.5 Elementos de consumo	
2.7.6 Otros generadores eléctricos (pequeños aerogeneradores y grupos electrógenos)	
2.7.2. Dispositivos de optimización	
<b>3. Emplazamientos y dimensionado de una instalación solar fotovoltaica.431</b>	
3.1 Optimización y elección de emplazamientos.....434	
3.1.1 Emplazamientos rurales (techos de granjas, campos fotovoltaicos)	
3.1.2 Protección contra robos y actos vandálicos	
3.1.3 Emplazamientos urbanos (techos de viviendas, fachadas, aparcamientos...)	
3.2 Dimensionado de los emplazamientos por utilización y aplicación...438	
3.3 Cálculo de consumos.....440	
3.4 Dimensionado de almacenamiento.....441	
3.5 Dimensionado de una instalación con apoyo de aerogenerador y/o grupo electrógeno.....442	
3.6 Cálculo y dimensionado de una instalación fotovoltaica mediante soporte informático u otros medios.....444	
3.6.1 Caracterización de las cargas	
3.6.2 Cálculo de la potencia de paneles	
3.6.3 Elección del panel. Diseño y dimensionado del acumulador	
3.6.4 Dimensionado del regulador	
3.6.5 Dimensionado del cargador de baterías	
3.6.6 Dimensionado del inversor	
3.6.7 Dimensionado y cálculo del aerogenerador y/o grupo electrógeno de apoyo	
<b>4. Representación simbólica de instalaciones solares fotovoltaicas.....453</b>	
4.1 Sistema diédrico y croquizado.....456	
4.2 Representación en perspectiva de instalaciones.....458	
4.3 Simbología eléctrica.....460	
4.4 Representación de circuitos eléctricos.....463	
4.4.1 Esquema unifilar y multifilar	
4.5 Esquemas y diagramas simbólicos funcionales.....465	
4.6 Interpretar planos de instalaciones eléctricas.....465	

<b>5. Proyectos y memorias técnicas de Instalaciones solares fotovoltaicas...</b>	<b>467</b>
5.1 Concepto y tipos de proyectos y memorias técnicas.....	470
5.2 Memoria, planos, presupuesto, pliego de condiciones y plan de seguridad.....	471
5.3 Planos de situación.....	474
5.4 Planos de detalle y de conjunto.....	475
5.5 Diagramas, flujogramas y cronogramas.....	477
5.6 Procedimientos y operaciones de replanteo de las instalaciones.....	480
5.7 Equipos informáticos para representación y diseño asistido.....	480
5.8 Programas de diseño asistido.....	482
5.9 Diseño y dimensionado mediante soporte informático de instalaciones solares fotovoltaicas.....	486
5.10 Visualización e interpretación de planos digitalizados.....	487
5.11 Operaciones básicas con archivos gráficos.....	488
5.12 Resistencias de anclajes, soportes y paneles.....	488
5.13 Cálculo de dilataciones térmicas y esfuerzos sobre la estructura....	489
5.14 Desarrollo de presupuestos.....	489
<b>Bibliografía.....</b>	<b>493</b>



**UF0149**  
**ELECTROTECNIA**



## Introducción

La Real Academia Española (RAE) define electricidad como “propiedad fundamental de la materia que se manifiesta por la atracción o repulsión entre sus partes, originada por la existencia de electrones, con carga negativa, o protones, con carga positiva”.

Y define electromagnetismo como “todo aquello relacionado con electro y magnetismo: campo, inducción, interacción u onda”.

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene al convertir la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico. Se trata de un tipo de energía renovable, inagotable y no contaminante que puede producirse en instalaciones que van desde los pequeños generadores para autoconsumo hasta las grandes plantas fotovoltaicas.

En este apartado veremos todo lo que necesitamos saber sobre la electrónica que no es más que todo lo perteneciente o relativo al electrón, dentro de su aplicación en las instalaciones solares fotovoltaicas.

Es necesario saber y entender algunos procesos para poder aplicarlos a la teoría de la propia unidad.

Los objetivos a alcanzar en esta en este primer capítulo de esta primera unidad de este primer módulo son:

- Conseguir entender la naturaleza de electricidad y electromagnetismo.
- Analizar los circuitos eléctricos.
- Conocer el funcionamiento de los centros de transformación.
- Explicar las pilas.
- Entender el concepto de medidas de magnitud eléctrica.

- Aprender las medidas de protección y seguridad de las instalaciones eléctricas.
- Saber el articulado del Reglamento de Baja Tensión.

Antes de comenzar con la naturaleza de la electricidad hemos de indicar que la electrónica se define también como la disciplina tecnológica dirigida al aprovechamiento de la electricidad. Su campo abarca el estudio de los fenómenos eléctricos y electromagnéticos, desde el punto de vista de su utilidad práctica, las técnicas de diseño y construcción de dispositivos eléctricos característicos, ya sean circuitos, máquinas o sistemas complejos, y las técnicas de cálculo y medida de magnitudes en ellos.

Las aplicaciones de la electrotecnia se extienden a todos los ámbitos de la vida cotidiana y económica, a desarrollos especializados en distintos campos de aplicación, que dan lugar a opciones formativas y profesionales en diversos sectores: producción y distribución de energía, calefacción y refrigeración, alumbrado, obtención de energía mecánica, tratamiento de información codificada, automatización y control de procesos, transmisión y reproducción de imágenes de sonido, etc., y en este caso que nos ocupa veremos la importancia para las instalaciones solares fotovoltaicas.

### Definición

La **electrotecnia** es la disciplina tecnológica dirigida al aprovechamiento de la electricidad (que se manifiesta por la atracción o repulsión entre partículas cargadas, originada por la existencia de electrones y protones).

Para comprender esta disciplina tecnológica debemos de pararnos en analizar cada uno de los siguientes apartados con detalle:

- Los conceptos y leyes científicas que explican los fenómenos físicos que tienen lugar en los dispositivos eléctricos. Conceptos a entender y leyes a utilizar para comprender los procesos.
- Los circuitos y aparatos eléctricos, sus características y disposición, así como cuándo han de usarse y dónde situarlos.
- Las técnicas de análisis y cálculo del comportamiento de circuitos y dispositivos eléctricos.

## **Recuerde**

En la electrotecnia se utiliza modelos explicativos procedentes de las ciencias físicas y emplea métodos de análisis, cálculo y representación gráfica procedente de las matemáticas.

El conocimiento profundo de los elementos básicos con los que se construye cualquier circuito o máquina eléctrica, la resistencia óhmica, la autoinducción y la capacidad, su comportamiento ante los fenómenos eléctricos y su disposición en circuitos característicos, constituye el núcleo de esta materia, complementando con las técnicas de cálculo y medida directa de magnitudes en circuitos eléctricos.

Este es el objeto de estudio de esta unidad.



# 1 Electricidad y electromagnetismo

**MF0835\_2** Replanteo de instalaciones  
solares fotovoltaicas

 Hispanamérica  
BOOKS



# 1. Electricidad y electromagnetismo

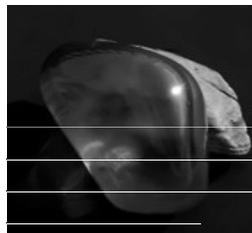
En este apartado nos vamos a referir a la propia naturaleza de la electricidad, su historia, sus leyes y conceptos básicos, sus propiedades y aplicaciones. Se hará mención a la propia corriente eléctrica y a sus magnitudes y, también comentaremos todo lo relacionado con el electromagnetismo.

## 1.1 Naturaleza de la electricidad

Vamos a ver la cronología de historia de la electricidad y sus principales avances, los cuales han marcado un punto de inflexión para la ciencia actual:

### 600 antes de Cristo: electricidad estática

Tales de Mileto (630-550 antes de Cristo) descubre la electricidad estática, al darse cuenta de que al frotar el ámbar éste posee la propiedad de atraer algunos objetos.



Ámbar

**Para saber más...**

Podemos buscar en internet qué es el ámbar y sus propiedades.

**310 antes de Cristo: primer tratado de electricidad**

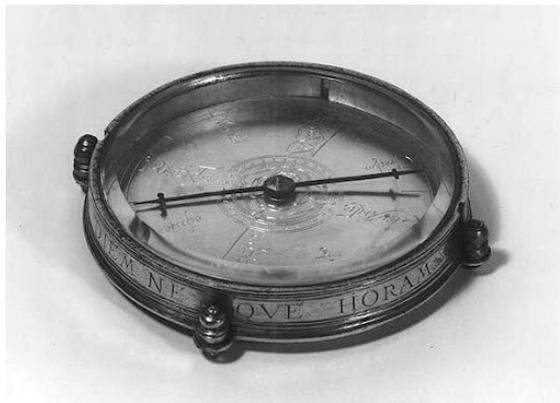
Theophrastus un filósofo griego (374-287 antes de Cristo) escribe el primer tratado donde se establece que existen varias sustancias, aparte del ámbar, que poseen la propiedad de atraer objetos al ser frotadas. Así deja constancia de lo que sería el primer estudio científico sobre la electricidad.

**1600: estudios sobre electrostática y magnetismo**

William Gilbert (1544-1603): la Reina Elizabeth I le encarga a este importante físico inglés estudiar los imanes y así poder mejorar la exactitud de las brújulas usadas en la navegación. Este trabajo sería la base principal para la definición de los fundamentos de la electrostática y el magnetismo.

**Para saber más...**

El Gilbert es la unidad de medida de la fuerza magnetomotriz.  
William Gilbert creó la brújula en 1562.



Brújula Gilbert, 1562

### 1670: teoría ondulatoria de la luz

El científico alemán Huygens fue el autor de la teoría de ondas de la luz y demostró que las leyes de la reflexión y de la refracción podían explicarse perfectamente según la teoría ondulatoria, este pensamiento va en contra de la teoría corpuscular.

#### Para saber más...

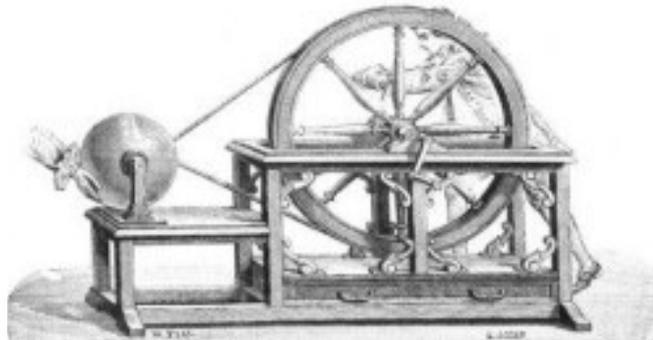
Según el diccionario de la RAE:

Ley de reflexión: cambio de dirección de una onda al entrar en contacto con la superficie que separa dos medios diferentes.

Ley de refracción: propiedad que tienen ciertos cristales de duplicar las imágenes de los objetos.

### 1672 Máquina electrostática

Otto von Guericke (1602-1686) desarrolló la primera máquina electrostática para producir cargas eléctricas. Estas máquinas consisten en una esfera de azufre torneada, con una manija a través de la cual, la carga es inducida al posar la mano sobre la esfera.



Primera máquina electrostática

### **1673: polaridad de las cargas eléctricas**

Francois de Cisternay Du Fay fue el primero en identificar la existencia de dos cargas eléctricas: Negativa (-) y Positiva (+).

### **1733: existencia de dos cargas eléctricas**

Francois de Cisternay Du Fay (1698-1739) también identificó la existencia de dos cargas eléctricas, las cuales denominó en su momento como electricidad vitria y resinosa.

### **1745: Alessandro Volta**

Este gran físico italiano (1745-1827), descubrió accidentalmente el llamado Efecto Volta, en honor a su descubridor, que le permitió construir una pila eléctrica.

También definió la Tensión de Volta, es la diferencia de potencial existente en la superficie de contacto de dos metales distintos. Dicho fenómeno, el llamado Efecto Volta, es aprovechado para producir corriente eléctrica por medio de una pila construida de placas de cinc y cobre intercaladas con tela empapada en salmuera.

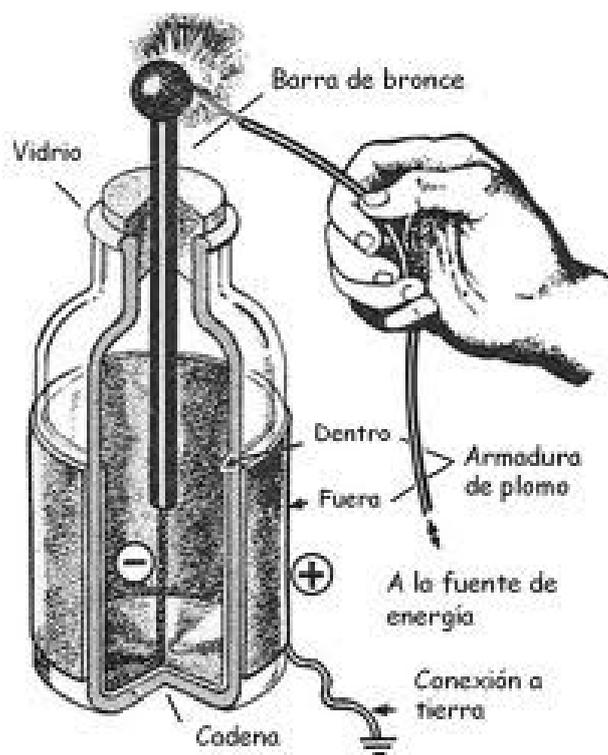
### **1745: condensador eléctrico**

E. G. Von Kleist y Pieter Van Musschenbroeck (1692-1761) desarrollaron, lo que daría paso al Condensador Eléctrico, la botella de Leyden. Este descubrimiento se realizó en la Universidad de Leyden, como su propio nombre indica, con esta botella se almacenó por primera vez electricidad estática.

La botella de Leyden es un condensador eléctrico de capacidad fija constituido por una botella de vidrio en la que dicho material desempeña el papel de dieléctrico y los electrodos, de papel de estaño, están colocados dentro y fuera de la botella.

### Definición

Según la RAE es un recipiente cilíndrico, alargado y metálico, que se utiliza para contener gases a presión.



Botella de Leyden

### 1745: naturaleza eléctrica de los rayos

Benjamín Franklin (1706-1790) demostró la naturaleza eléctrica de los rayos.

Desarrolló la teoría de que la electricidad es un fluido que existe en la materia y su flujo se debe al exceso o defecto del mismo en ella. Algunos de sus grandes inventos fueron el pararrayos (utilizando la botella de Leyden) y las lentes bifocales.

### 1766: el químico Joseph Priestley

Joseph Priestley (1733-1804), químico, prueba que la fuerza que se ejerce entre las cargas eléctricas varía inversamente proporcional a la distancia que las separan.

Priestley demostró que la carga eléctrica se distribuye uniformemente en la superficie de una esfera hueca, y que en el interior de la misma, no hay un campo eléctrico, ni una fuerza eléctrica. Uno de sus grandes aportaciones fue el descubrimiento del oxígeno.

### 1776: balanza de torsión

Charles Agustín de Coulomb (1736-1806) inventó la balanza de torsión con la cual, midió con exactitud la fuerza entre las cargas eléctricas confirmando que dicha fuerza era proporcional al producto de las cargas individuales e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que las separa.

$$\begin{array}{ccc} q1 & & q2 \\ F \leftarrow d & \rightarrow & F \end{array}$$

$$F = \frac{K \cdot q1 \cdot q2}{d^2}$$

### Definición

Coulomb es la unidad de medida de carga eléctrica.
--