



$$W_x = \frac{M \cdot \omega^2}{2}$$

# Entornos invisibles

(de la ciencia y la tecnología)

## Red de energía eléctrica

Capítulo 3

Guía didáctica

Autor | Agustín Rela

## Autoridades

---

Presidente de la Nación

**Dra. Cristina Fernández de Kirchner**

Ministro de Educación

**Dr. Alberto E. Sileoni**

Secretaria de Educación

**Prof. María Inés Abrile de Vollmer**

Directora Ejecutiva del Instituto Nacional de Educación Tecnológica

**Lic. María Rosa Almandoz**

Director Nacional del Centro Nacional de Educación Tecnológica

**Lic. Juan Manuel Kirschenbaum**

Director Nacional de Educación Técnico Profesional y Ocupacional

**Ing. Roberto Díaz**

---

**Ministerio de Educación.**

**Instituto Nacional de Educación Tecnológica.**

Saavedra 789. C1229ACE.

Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

República Argentina.

2011

---

Director de la Colección:

**Lic. Juan Manuel Kirschenbaum**

Coordinadora general de la Colección:

**Claudia Crowe**

Diseño didáctico y corrección de estilo:

**Lic. María Inés Narvaja**

**Ing. Alejandra Santos**

Coordinación y producción gráfica:

**Augusto Bastons**

Diseño gráfico:

**María Victoria Bardini**

**Augusto Bastons**

**Martín Alejandro González**

**Federico Timerman**

Ilustraciones:

**Diego Gonzalo Ferreyro**

**Martín Alejandro González**

**Federico Timerman**

Administración:

**Cristina Caratozzolo**

**Néstor Hergenrether**

Colaboración:

**Jorgelina Lemmi**

**Psic. Soc. Cecilia L. Vázquez**

**Dra. Stella Maris Quiroga**

---

“Colección Encuentro Inet”.

Director de la Colección: Juan Manuel Kirschenbaum.

Coordinadora general de la Colección: Claudia Crowe.

Queda hecho el depósito que previene la ley N° 11.723. © Todos los derechos reservados por el Ministerio de Educación - Instituto Nacional de Educación Tecnológica.

Reproducción autorizada haciendo mención de la fuente.

Industria Argentina

---

#### ADVERTENCIA

La habilitación de las direcciones electrónicas y dominios de la web asociados, citados en este libro, debe ser considerada vigente para su acceso, a la fecha de edición de la presente publicación. Los eventuales cambios, en razón de la caducidad, transferencia de dominio, modificaciones y/o alteraciones de contenidos y su uso para otros propósitos, queda fuera de las previsiones de la presente edición -Por lo tanto, las direcciones electrónicas mencionadas en este libro, deben ser descartadas o consideradas, en este contexto-.

# Colección Encuentro Inet

Esta colección contiene las siguientes series (coproducidas junto con el Instituto Nacional de Educación Tecnológica - INET):

- La técnica
- Aula-taller
- Máquinas y herramientas
- Entornos invisibles de la ciencia y la tecnología

## DVD 4 | Aula-taller

### Capítulo 1

Biodigestor

### Capítulo 2

Quemador de biomasa

### Capítulo 3

Planta potabilizadora

### Capítulo 4

Probador de inyecciones

## DVD 5 | Aula-taller

### Capítulo 5

Planta de tratamiento de aguas residuales

### Capítulo 6

Tren de aterrizaje

### Capítulo 7

Banco de trabajo

### Capítulo 8

Invernadero automatizado

## DVD 6 | Máquinas y herramientas

### Capítulo 1

Historia de las herramientas y las máquinas herramientas

### Capítulo 2

Diseño y uso de Máquinas Herramientas

### Capítulo 3

Diseño y uso de Herramientas de corte

### Capítulo 4

Nuevos paradigmas en el mundo de las máquinas herramientas y herramientas de corte



## DVD 7 | Entornos invisibles (de la ciencia y la tecnología)

**Capítulo 1**  
Parque de diversiones

**Capítulo 2**  
Cocina

**Capítulo 3**  
Red de energía eléctrica

**Capítulo 4**  
Campo de deportes

## DVD 8 | Entornos invisibles (de la ciencia y la tecnología)

**Capítulo 5**  
Estadio de Rock

**Capítulo 6**  
Estructuras

**Capítulo 7**  
Chacra orgánica

**Capítulo 8**  
Bar

## DVD 9 | Entornos invisibles (de la ciencia y la tecnología)

**Capítulo 9**  
Estación meteorológica

**Capítulo 10**  
Restaurante

**Capítulo 11**  
Seguridad en obras de construcción

**Capítulo 12**  
Camping musical

**Capítulo 13**  
Hospital

# Índice | Red de energía eléctrica

<b>3.1. Energía eléctrica.</b>	<b>09</b>
<b>Generación, transmisión, distribución y consumo</b>	
<b>3.2. Red conceptual</b>	<b>10</b>
<b>3.3. Introducción</b>	<b>11</b>
<b>3.4. Resumen</b>	<b>11</b>
<b>3.5. Breve historia hasta la era eléctrica</b>	<b>12</b>
♦ ¿Cómo viviríamos sin energía eléctrica?	12
♦ ¿Cuántos interruptores tienen en sus casas?	13
♦ Corriente continua y alterna	14
♦ Modelo analógico explicativo	16
♦ Fórmulas eléctricas	16
♦ Historia del empleo público de la electricidad	17
♦ Generación, transmisión, distribución y consumo	18
• Generación	18
• Principio de funcionamiento de un generador	18
• Principio motor	19
• Principio transformador	20
♦ Distintos tipos de centrales eléctricas	21
• Funcionamiento de una central hídrica	22
• Funcionamiento de una central nuclear	23
• Agua pesada	24
♦ Representación de los átomos de hidrógeno y deuterio	25
♦ Mapa de transmisión de energía	27
♦ Categorías de tensión	30
• Variedad de tensiones	31
♦ Seguridad eléctrica	31
• Puesta a tierra de los artefactos	32
♦ Fusibles	37
• Algunos tipos de fusibles	37

• Disyuntor diferencial	38
• Curva de actuación de un fusible	38
• Llave termomagnética	39

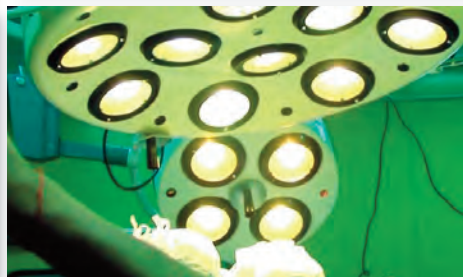
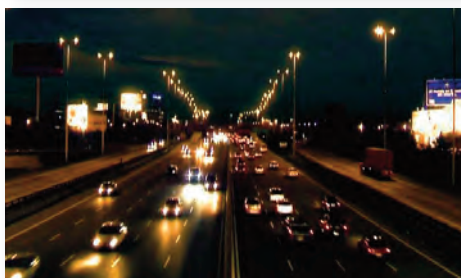
## **Experimentos económicos y accesibles** 40

♦ Pantalla de cristal líquido utilizada para detectar tensión	40
♦ Buscapolos electrónico	40
♦ Hamaca electrodinámica	41
♦ Motor eléctrico hecho con una caja de fósforos	41
♦ Indicador de humedad	41
♦ Efectos magnéticos de la electricidad	42
♦ Efectos biológicos de la electricidad	42
♦ Efectos magnéticos y térmicos de la electricidad en el filamento de una lámpara	43
♦ La injustamente odiada energía nuclear	43
♦ Cortocircuito	43
♦ La Tierra de noche	44

## **Cuestionario** 45

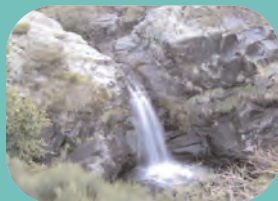
## **Referencias** 46

### 3. Red de energía eléctrica



## 3.1. Energía eléctrica.

### Generación, transmisión, distribución y consumo



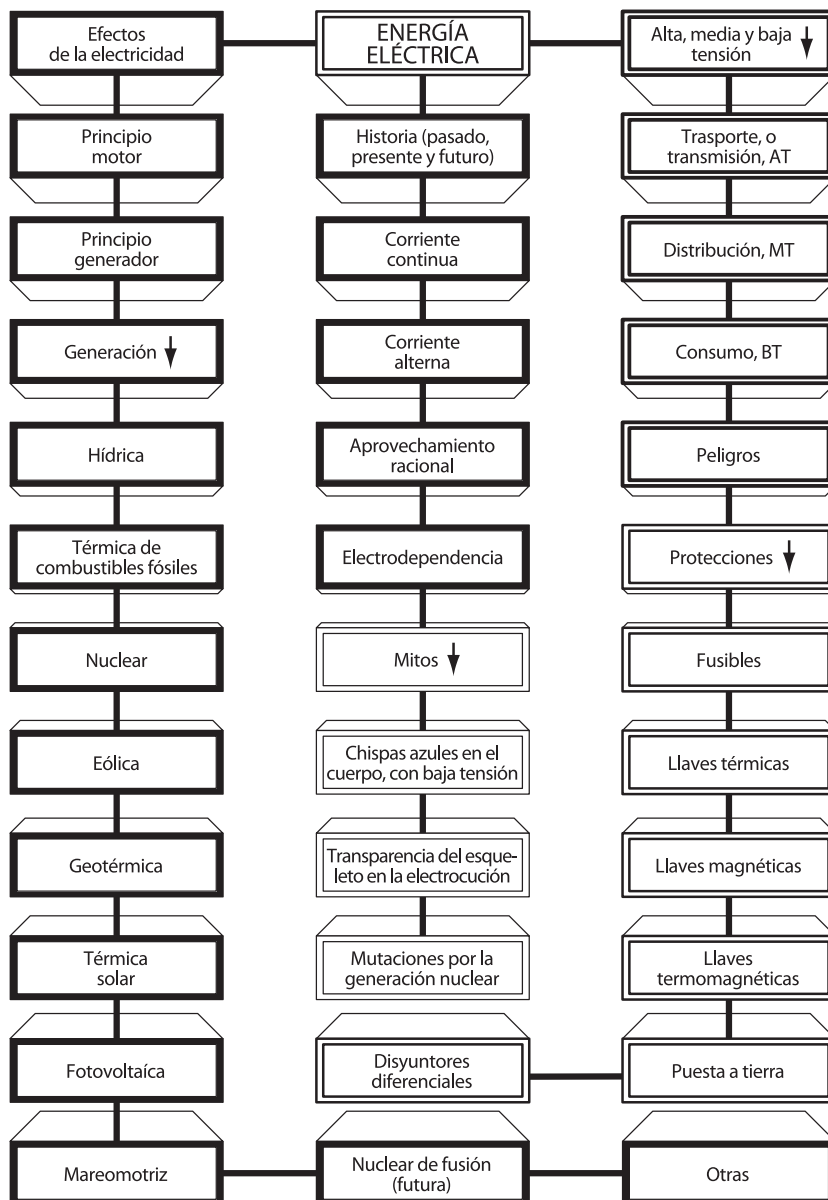
El inicio del programa, con una música que sugiere tormentas, se representan las lluvias, los cursos de agua, arroyos, torrentes, ríos y lagos, hasta llegar a una presa hidroeléctrica, donde el agua se embalsa, y se aprovecha su energía de descenso para impulsar turbinas acopladas a generadores de energía eléctrica. Ahí se eleva la tensión o voltaje, se transporta la energía por líneas, en destino se reduce la tensión, la energía se distribuye y se la consume en el hogar, la industria, la calle y los servicios públicos y privados. Ésa es una de las formas más limpias de generación, pero no la única, ni la que más usamos hoy.

La guía trata asuntos técnicos, científicos, legales, sanitarios, económicos y sociales, entre ellos la necesidad de aprovechar bien ese valioso recurso, que hace un siglo prácticamente no existía y del que dependemos tanto, que hoy su interrupción, aun por pocos minutos, causa grandes trastornos.



## 3.2. Red conceptual

Cada cuadro representa un tema; las líneas, sus nexos lógicos; y los colores, su afinidad. Por ejemplo, el consumo de energía eléctrica (cuarta línea de cuadros, a la derecha), después de su transporte y distribución, suele hacerse en baja tensión; y entraña peligros, que se previenen con acciones y elementos de protección.



### 3.3. Introducción

Esta guía contiene información que no está en el video y algunas sugerencias de actividad, señaladas con este ícono:



El nivel de lenguaje y la complejidad conceptual de este material se suponen adecuados para docentes, y para estudiantes con estudios secundarios y terciarios. Sin embargo, seguramente se hallarán fragmentos que puede comprender, directamente, un estudiante menor de edad, de los niveles primarios de estudio.

Los realizadores y realizadoras del video, lejos de la pretensión de desarrollar en detalle el tema de la generación, transporte y consumo de la energía eléctrica, prefirieron tocar sólo algunos aspectos, los que supusieron menos conocidos por el público y más relacionados con la problemática energética contemporánea. La proyección puede servir como estímulo de la curiosidad de los estudiantes, quienes, con la ayuda de sus docentes, podrán buscar más información, realizar experimentos, y estudiar en fuentes más extensas diversos temas de interés.

Las cuestiones políticas, ambientales, económicas y energéticas son fuente de polémica en todos los ámbitos y se prestan a que, desde cada sector, se intente pregonar una perspectiva sesgada en favor de sus intereses. Hay, por ejemplo, quienes alientan el aumento del precio de la energía y otros que proponen que, al contrario, se lo disminuya, o que su distribución sea gratuita. Otros se oponen a los subsidios; o, al contrario, los pretenden mayores; y hasta algunos grupos invitan a prescindir de este recurso, y vivir de la naturaleza, sin electricidad. También ha ocurrido que, a veces, algunos funcionarios públicos presentaron la temática desde perspectivas tendenciosamente favorables a su gestión oficial. Esperamos que se note, en este programa, el esfuerzo por huir de esas parcialidades y el deseo de presentar la información de manera objetiva, sin excluir opiniones ni argumentos divergentes y encontrados. Se confía en que, del libre ejercicio de la libertad de estudio y discusión, la información que alcancen alumnos y alumnas y al público, sea de categoría superior a la de la simple repetición de lo que se ve o se oye, aunque sea cierto.

### 3.4. Resumen

La idea central que se desarrolla es la del empleo de la energía eléctrica que es relativamente reciente en la historia humana. Hay personas aún vivas que recuerdan épocas de su infancia en las que debían arreglárselas sin electricidad. En pocos años, menos de una generación, alcanzamos una verdadera dependencia crítica, al punto de que ya no podemos prescindir de ese servicio más que durante muy breves períodos. Aun así, esa dependencia es buena, como lo



La súbita interrupción del suministro eléctrico causa siempre trastornos, a veces, soportables, como la interrupción de un noticiero de TV; y, otras veces, molestos, costosos y peligrosos, como cuando se caen los sistemas informáticos, se paralizan los trenes, o quedan ascensores parados entre pisos



es depender de la higiene, las vacunas, los servicios de salud, de los alimentos sanos, y de la información.

Ya que la energía eléctrica es un recurso crítico, apenas suficiente y a veces escaso, el programa recomienda usarlo racionalmente, para que a nadie le falte.

### 3.5. Breve historia hasta la era eléctrica



Los tres grandes hechos en la evolución de la sociedad humana, que son los que más influyeron en el aumento de su población: la introducción de la agricultura hace 120 siglos, la maquinaria industrial hace dos o tres siglos, y las computadoras de hoy, que automatizaron y abarataron tareas. En rojo, la era eléctrica



#### ¿Cómo viviríamos sin energía eléctrica?

Sugerimos formular la siguiente pregunta a los alumnos: ¿qué pasaría si, súbitamente, desapareciera la energía eléctrica en todo el mundo, o en nuestro país, o en la ciudad; o, ya con menos fantasía, porque verdaderamente ocurre a veces, en el barrio; o simplemente en nuestra casa?

—Encendería una vela—podría comentar alguien. Pero a algunos a quienes nos pasó eso y quisimos encender una vela, y no la encontrábamos a mano, accionamos, automáticamente, el interruptor de la luz para alumbrarnos y encontrarla, como si efectivamente hubiera electricidad. O, una vez hallada la vela, pretendemos encenderla en la hornalla de la cocina con encendedor eléctrico incorporado y apretamos inútilmente el botón del chispero.

—Llamaría por teléfono a la compañía, para que repararan el desperfecto.— Correcto; pero también nos pasa, a veces, que pretendemos llamar desde un teléfono inalámbrico conectado a una base que no funciona en ese momento, precisamente, porque ese aparato necesita electricidad. (En cambio, un teléfono de línea funcionará normalmente, lo mismo que un celular). Se mencionarán, posiblemente, trabajos perdidos por haberse apagado la computadora antes de que los grabáramos, o aparatos para evaporar tabletas contra mosquitos que dejaron de funcionar y las picaduras de los mosquitos nos hicieron notar que hubo un corte a medianoche. En cuanto se den esos ejemplos, si es que no surgen naturalmente, los estudiantes hallarán, posiblemente, más, como: que no anda el timbre de la puerta, y si el edificio es de departamentos tienen que llamar por teléfono desde la entrada para que alguien vaya a abrirles. Es posible que algunos alumnos o alumnas refieran algún caso cercano de corte de energía prolongado que comprometió la conservación de alimentos en freezers y heladeras.

El docente puede agregar ejemplos industriales (trenes de laminación detenidos, con el metal



que se endurece entre los rodillos y que no se puede sacar fácilmente; cintas de hornos paralizadas, con miles de galletitas que quedan adentro y se incendian; el tránsito de la ciudad convertido en un caos por haberse apagado los semáforos, y otros casos similares).

Las autopistas quedan a oscuras y los anuncios (que operan con fuentes de energía de emergencia) recomiendan reducir la velocidad; en los hospitales se deben encender grupos generadores para continuar con las operaciones complejas, mientras el quirófano queda iluminado con una simple luz de emergencia, hasta que vuelve la energía. (Recientemente fallaron esos dos recursos en un hospital y los médicos debieron iluminarse con celulares). Una extracción a medio hacer en un cajero automático nos deja sumidos en fundados temores; pedimos un sándwich tostado en un café iluminado por faroles de gas y nos dicen que la tostadora es eléctrica y no lo pueden hacer...

En una película de Woody Allen, en una escena muy teatral, por una tormenta se corta la energía eléctrica y los invitados a una fiesta se van reuniendo en grupos muy íntimos, alrededor del piano y un candelabro, y en rincones oscuros en los que suceden, naturalmente, escenas de diverso grado de aproximación física y emocional. Eso crea un ambiente muy cálido y mágico que se rompe de súbito cuando vuelve la energía. El tocadiscos, a partir del reposo, hace un efecto sonoro que en inglés llaman *wow*, y vuelve a reproducir la fría música moderna que escuchaban antes del percance. (¿Percance? Esa historia lo muestra como una bendición).

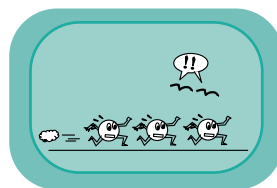
De esos comentarios se puede deducir hasta qué punto somos hoy dependientes de la energía eléctrica, qué útil recurso es en nuestras vidas y cómo conviene asegurarnos de que no nos falte, con el desarrollo y construcción de nuevas fuentes y con el cuidado de la energía con la que hoy contamos.

El video intenta mostrar al contar la cantidad de interruptores que tenemos en una vivienda, en la que no hay tomacorrientes que alcancen, tal la cantidad de aparatos eléctricos que utilizamos.



## ¿Cuántos interruptores tienen en sus casas?

Ésa es otra pregunta inicial diferente, quizá más cercana al título provisional del video (era *Clics domésticos*, expresión que se emplea en esta versión, a los 2<sup>m</sup> 30<sup>s</sup> de la proyección) podría ser cuántos interruptores tenemos en casa o usamos habitualmente; cuántas cosas hay que hagan *clic* para encenderlas o apagarlas. No son diez, ni veinte, sino centenares en cada casa y en la vida diaria, si incluimos los botones de mando de los controles remotos y de todos los demás artefactos, teléfonos fijos, inalámbricos y celulares, el timbre, el encendedor de la cocina, las llaves de todas las luces, los botones del ascensor, la bocina del auto y el botón que hace sonar la chicharra de pedir parada en el ómnibus. Tenemos más artefactos que enchufes y, en muchos tomacorrientes nos encontramos con uno o más triples y *zapatillas*, no como conexión transitoria de emergencia, sino de manera prácticamente definitiva (eso es peligroso, por el riesgo de recalentamiento e incendio). La cantidad de enchufes y llaves nos muestra qué extraordinaria relevancia tiene hoy el empleo de la energía eléctrica.



La corriente eléctrica es la circulación de electrones. Seis como veinticuatro trillones de electrones que circulan en un segundo, eso es un amperio. Si las cargas no se mueven, no hay corriente. Cuando decimos trillones, son millones, de millones, de millones. En los Estados Unidos de América, en cambio, *one trillion* es un billón.

La figura, de más está decirlo, es alegórica; los electrones no sudan cuando corren, ni tienen patitas; y las gaviotas jamás se asombran de ese fenómeno

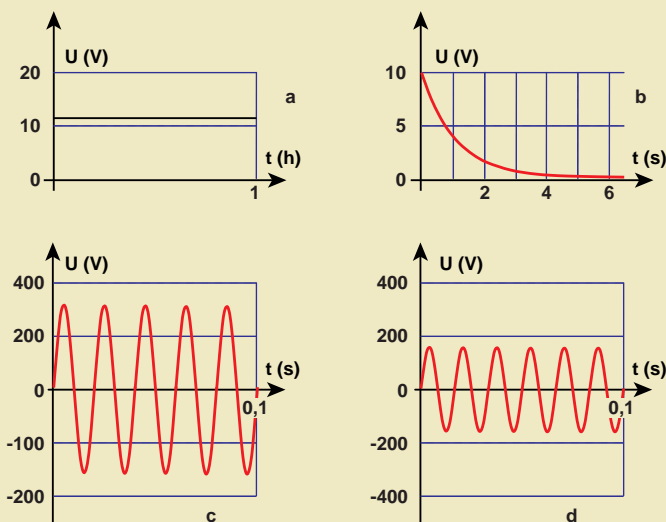
Dependemos por completo de ella, y eso que hace un siglo casi no existía. Su interrupción significa un gran trastorno, como cuando quedamos a oscuras, se paralizan las industrias, los subtes se detienen en sus túneles, los trenes quedan varados y la gente debe descolgarse de los estribos, el tránsito sin semáforos resulta un caos, los cines cancelan sus funciones y tienen que devolver el importe de las entradas, y las cintas de las líneas de hornos se detienen llenas de pan que se tuesta hasta incendiarse.

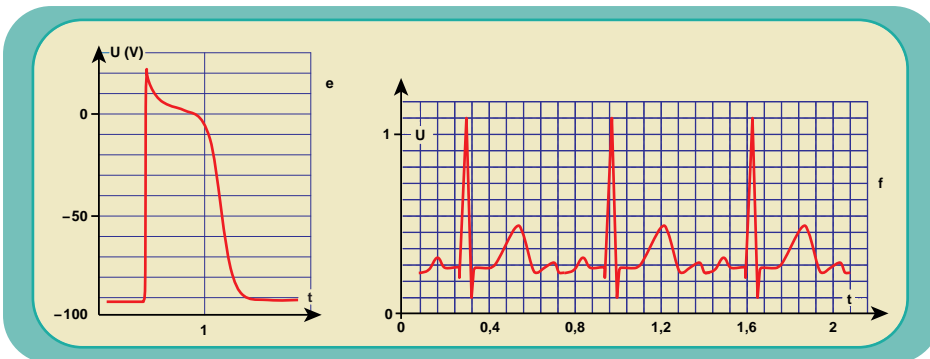
Estamos tan habituados a usar la energía eléctrica, que sólo somos conscientes cuando nos falta, sea por accidente, por habernos olvidado de pagar la cuenta o por exceso ocasional de demanda. Esto no era así hace un siglo, cuando casi nadie disponía de energía eléctrica.

Hasta fines del siglo 19 no había electricidad para uso público. En 1910 se usaba, principalmente, para la iluminación; y hoy en casi cualquier actividad. Pero todavía decimos que llegó la factura de la luz, a pesar de que gastamos más energía eléctrica para cocinar, secarnos el pelo o ver TV, que para alumbrarnos. De 1900 a 1940 se distribuía corriente continua; después corriente alterna, con grandes ventajas, entre ellas la de no necesitarse más pilas para los timbres y la de tener menos incendios, porque la corriente continua mantiene las chispas o arcos; la alterna, en cambio, se apaga cien veces por segundo. Una soldadura eléctrica, para mantener el arco, usa, precisamente, corriente continua. Esto se comenta a los 6<sup>m</sup> 20<sup>s</sup>.

## Corriente continua y alterna

Cuando decimos que la corriente y la tensión son *continuas* significa que tienen siempre la misma polaridad, como en las pilas y baterías, o en la energía eléctrica que se distribuía hasta 1940 ó 1950. *Alterna*, en cambio, significa que la polaridad cambia cíclicamente. Durante una centésima de segundo el vivo es positivo con respecto al neutro, y durante la siguiente centésima es negativo; y así sucesivamente a razón de cincuenta alternancias por segundo en nuestro país. Esto se trata a los 6<sup>m</sup> 20<sup>s</sup> del filme.





Tensiones diversas representadas en función del tiempo. (a) batería de automóvil; (b) descarga de un objeto cargado eléctricamente; (c) tensión entre los contactos de un tomacorriente argentino o alemán; (d) lo mismo, en un tomacorriente estadounidense o brasileño, de mayor frecuencia y menor tensión; (e) respuesta de una célula nerviosa a un estímulo; (f) electrocardiograma

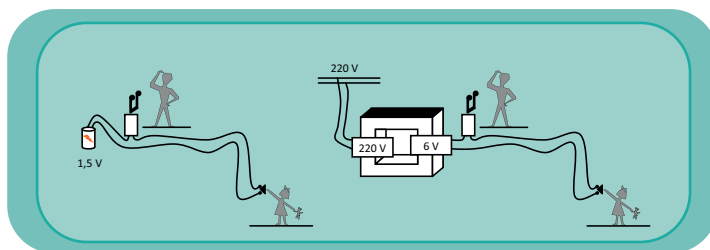
*Cuando estén secas las pilas  
de todos los timbres  
que vos apretás...*

(Yira, yira, Enrique Santos Discépolo, 1930)

La metáfora eléctrica de ese tango alude a la caída en la pobreza o la vejez, cuando ya nadie responda nuestros pedidos, ni nos haga caso. En 1930 era difícil bajar los peligrosos 220 voltios de tensión continua a 6 ó 12 voltios apropiados para hacer sonar un timbre desde la calle, donde quizá lo apriete alguien que tenga los zapatos húmedos por la lluvia; entonces, había que usar pilas, que cuando se gastaban decían que se habían secado. Hoy, gracias a la alterna, usamos cómodos y pequeños transformadores. A los 7<sup>m</sup> 10<sup>s</sup> se dice esto en la proyección y da ocasión a tratar la relación que existe entre la frecuencia del suministro eléctrico (los *hertz*, o ciclos por segundo) y la cantidad de veces que la tensión pasa por cero, que es el doble.



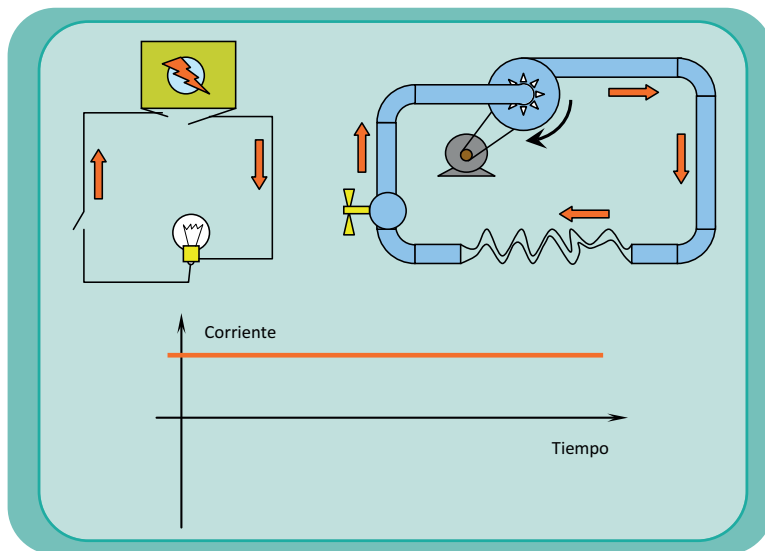
*Si la tensión alterna, en nuestro país, tiene una frecuencia de cincuenta ciclos por segundo ¿cuántas veces pasa por cero, en ese mismo tiempo de un segundo? La respuesta es: cien veces. (En algunos otros países, ciento veinte).*



**Izquierda:** antiguo timbre de 1930, cuando se distribuía la peligrosa tensión continua de 220 volts. El timbre se alimentaba con una pila de un volt y medio, cuyo tamaño era el de un termo; al tiempo se agotaba y había que renovarla. **Derecha:** Un pequeño transformador (el dibujo exagera su tamaño) transforma los 220 volts de tensión alterna, en 6 volts también alternos, muy seguros para operar el llamador de la calle. (Los transformadores no funcionan con corriente continua)

## Modelo analógico explicativo

En el video, una animación compara la circulación de la corriente eléctrica por un cable, con la del agua por una tubería. (Esto se ve a los 5<sup>m</sup> 00<sup>s</sup> del video).



La energía de la pila se identifica con la de una bomba impulsora; la llave de paso es el interruptor, y el caño sinuoso y delgado se corresponde con la resistencia eléctrica del filamento de la lámpara. En esta comparación la corriente eléctrica, en amperes, se corresponde con el caudal de la tubería, o sea con los litros por minuto que circulan. La tensión de la pila, en voltios se compara con la presión de la bomba. En estos dos casos, el eléctrico y el hidráulico, la corriente es continua y se la representa con una recta en la gráfica. (Un ampere equivale al pasaje de unos seis trillones de electrones por segundo)

## Fórmulas eléctricas

El público sin especialidad técnica –y algunos periodistas y funcionarios– confunden a veces las unidades que se emplean para expresar cantidades eléctricas. Damos aquí un breve resumen, que se puede ampliar en libros de texto o en Internet.

La tensión se mide en volts o voltios; la corriente, en amperes; y, si se multiplican los volts por los amperes, obtenemos la potencia, en watts, o vatios<sup>1</sup> (11<sup>m</sup> 40<sup>s</sup>). La potencia se obtiene al dividir la energía por el tiempo en que se gasta. Recíprocamente, la energía se obtiene al multiplicar la potencia por el tiempo y se expresa, por ejemplo, en watts segundo y, también, en kilowatts hora; no en kilovatios, que es unidad de potencia ni en kilovatios por hora como se oye a veces erradamente; del mismo modo en que la mano de obra se mide en horas hombre y no en hombres, ni en hombres por hora.

<sup>1</sup> Una persona pide una lámpara en un comercio y la vendedora le pregunta de cuántos watts. El cliente dice: *Quiero una de muchos 'vua'*, porque la 'vua' a prender y la 'vua' apagar muchas veces. (Ese chiste no se burla de la ignorancia de una persona, sino que refleja el desconocimiento generalizado que tenemos de las magnitudes eléctricas, necesarias para saber cómo aprovechar mejor ese recurso).

$$P = U \times I$$

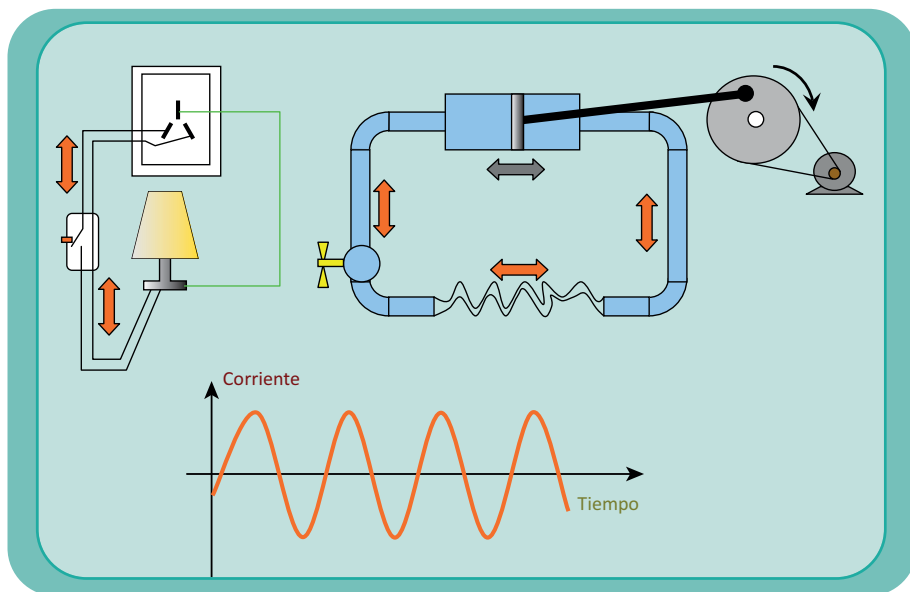
**P:** potencia, en watts  
**U:** tensión, en volts  
**I:** corriente, o intensidad de corriente, en amperes  
**E:** energía, en watts segundo  
**t:** tiempo, en segundos

$$E = P \times t$$

$$P = \frac{E}{t}$$

Por ejemplo, si por una estufa de 220 voltios circulan 5 amperes, su potencia es de 1100 watts. Y en una hora consume 1100 watts hora, ó 1,1 kilowatt hora, que cuestan unos 20 centavos.

 ¿Cuántos amperes circulan por un calefón eléctrico de 1500 vatios y 220 V? (R: 6,82 A)



Corriente alterna de la red de distribución comparada con un caudal de circulación líquida alterno. Del mismo modo en que el pistón oscilante impulsa el agua, alternativamente, en un sentido y el opuesto, la corriente eléctrica también va y vuelve por los cables. Por eso en las redes domiciliarias no hay un polo positivo y uno negativo; la polaridad cambia periódicamente cien veces por segundo, o sea que hay cincuenta ciclos completos en cada segundo. (En Brasil, los Estados Unidos y otros países usan 60 ciclos por segundo, ó 60 hertz)

## Historia del empleo público de la electricidad

El alumbrado eléctrico público empezó, en el mundo, en la última parte del siglo XIX y, en nuestro país, a comienzos del siglo XX.

Hasta 1940 la distribución se hacía con corriente continua pero, por los muchos incendios y por la dificultad de transformarla, a partir de entonces se distribuyó corriente continua y alterna a la vez. En 1960 ya sólo había alterna.



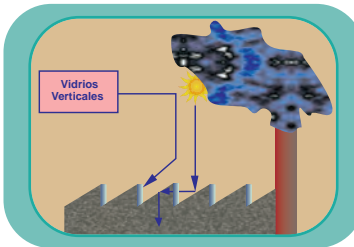
**Izquierda:** logotipo de la RCA Victor, empresa resultante de la unión, en 1901, de Victor Talking Machines y Radio Corporation of America, que muestra un tocadiscos mecánico de cuerda, púa y bocina.

**Derecha:** la célebre victrola eléctrica de los años 20

## Generación, transmisión, distribución y consumo

La energía eléctrica es muy útil, porque se la puede generar, transmitir, transformar, distribuir y utilizar de manera sencilla y económica. Hace dos siglos cada fábrica tenía que tener calderas y chimeneas para quemar carbón y hacer andar una enorme máquina de vapor, cuyo eje horizontal era un enorme tronco de árbol que cruzaba toda la planta y se acoplaba con correas de cuero a cada torno o telar. Hoy, en cambio, cada máquina funciona con su propio motor y eso es más barato, silencioso, pequeño y limpio.

**Izquierda:** Fábrica de electricidad de hace unos años con su máquina de vapor. No había luz eléctrica y se aprovechaba la solar con vidrios verticales para que no los rompiera el granizo (no había plásticos). **Derecha:** transmisión de energía por medios mecánicos en el interior de esa fábrica

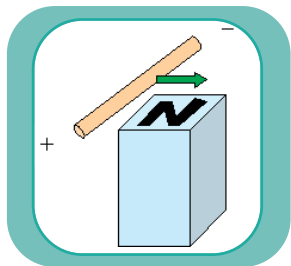


## Generación

Lo que llamamos *generación* es, en realidad, una *transformación*, porque se genera energía eléctrica a partir de otra forma de energía, como la nuclear, hídrica, térmica, solar, mareomotriz, entre muchas otras. Nuestro país recurre, principalmente, a la térmica y a la hídrica y, también, aprovecha la nuclear. La denominación térmica no es del todo clara: se refiere, generalmente, a la energía proveniente de la quema de carbón, petróleo y gas; pero, también, la energía nuclear genera vapor; y la solar calienta agua y produce vapor en ciertos casos en las que la conversión es indirecta.

## Principio de funcionamiento de un generador

Si se desplaza un conductor eléctrico (por ejemplo un alambre de cobre) frente a un imán, entre los extremos del conductor aparece una tensión eléctrica. Si en vez de un solo conductor se ponen varios, el efecto se magnifica. Y si esos varios conductores se ponen en serie, la tensión de cada alambre se suma. Pero ese conjunto de alambres dispuestos en serie forman una bobina.



Lo mismo sucede si se deja la bobina quieta y se desplaza el imán.

Actualmente, hay sólo una forma de generación de energía eléctrica de importancia práctica que es la de hacer girar una máquina que hace pasar imanes (o electroimanes) frente a bobinas fijas arrolladas alrededor de grandes trozos de hierro.

No importa cuál sea el tipo de central de energía (hídrica, térmica, nuclear, etcétera), la electricidad se genera siempre en máquinas rotativas llamadas generadores, que son muy parecidas

a los motores, de hecho podrían funcionar como tales, pero que andan al revés: en vez de recibir energía eléctrica y entregar energía mecánica, reciben energía mecánica y suministran energía eléctrica.

Por ejemplo, en una central eléctrica que queme carbón, el calor de la combustión hace hervir agua: el vapor impulsa turbinas, que hacen girar generadores formados por imanes que pasan frente a bobinas. El principio es el mismo que el de las linternas de dínamo.

En su esencia, los generadores de las centrales se parecen a los alternadores de los coches que impulsa el motor del vehículo para cargar las baterías, sólo que en el caso de la generación industrial no hay baterías que se puedan cargar; la energía producida se debe consumir en ese instante. (Sería grandioso poder almacenar la energía cuando hay mucha, hoy eso es todavía imposible).

Se puede hacer un motor hecho con una caja de fósforos y usarlo como generador. (El que muestra el vídeo es de verdad y funciona en serio, sin truco). Es posible, también, desarmar un transformador de una fuente de reemplazo de pilas hasta reducirlo a un pedazo de hierro con un alambre de cobre arrollado a su alrededor, se le acerca y se le aleja

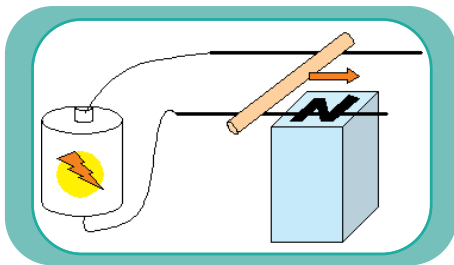
bruscamente un imán y, sólo, con ese movimiento se enciende una lamparita. Algunas personas de edad avanzada suelen hacer el gesto antiguo de llamar por teléfono (un giro de manivela alrededor de la oreja). Ese movimiento servía para hacer andar a manija un pequeño generador eléctrico que hacía sonar la campanilla del teléfono remoto. En la serie *La familia Ingalls* lo usan a menudo para llamar a la telefonista entremetida que escucha conversaciones privadas que no le conciernen; y el coyote del dibujo animado opera un aparato similar de recorrido recto para generar la energía eléctrica de la chispa con la que activa los detonadores que hacen estallar los explosivos que compra a Acme para cazar al correcominos.



Linterna de mano basada en el giro de una rueda de imanes que se impulsa con la mano. Unos pequeños imanes, cuando pasan frente a una bobina, generan en ella una corriente eléctrica que, en este caso, encienden lámparas. (Se podría accionar y desarmar una para ver eso en detalle, o una linterna de las que se cargan cuando se las agita, que se basan también en un imán móvil y una bobina)

## Principio motor

Este principio es el recíproco, o inverso, del principio motor. El primitivo motor de Faraday no usaba bobinados; era una barra de imán colgada de un extremo y del otro hacía contacto en una cubeta con mercurio. Faraday inventó el motor cuando no había alambre para bobinados, porque no había bobinados, ni alambres apropiados para construirlos, antes de su invento.

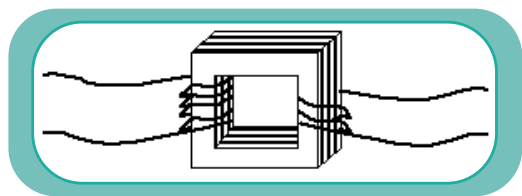


Se las arregló al principio con alambres de bronce envueltos en seda que se usaban para las charreteras de los uniformes militares. Faraday era pobre y no tenía estudios. Trabajaba en una imprenta a la que el científico Humphry Davy (1778 - 1829) llevaba cosas para imprimir. Un día Davy le dejó al dueño una entrada para una conferencia y el comerciante se la dio al joven para que la aprovechara. Faraday fue, se

interesó en el tema, tomó notas, las encuadernó en el taller en el que trabajaba y se las dio a Davy la siguiente vez que lo vio. El investigador admiró los apuntes, cuidadosamente, encuadernados que había tomado el jovencito de la conferencia a la que había asistido, y lo contrató como ayudante de las tareas domésticas, porque en la universidad no lo admitían sin estudios y, después, como ayudante de laboratorio. Faraday resultó un brillante científico y un muy hábil experimentador. Cuando muchos años después le preguntaron a Davy, para una biografía, cuál había sido su mayor descubrimiento, respondió: *–Faraday.*

## Principio transformador

Doscientas veinte vueltas de alambre (por ejemplo) arrolladas alrededor de un hierro, a las que se aplican 220 voltios, inducen 110 voltios en 110 espiras independientes y sin contacto eléctrico con las primeras, arrolladas alrededor del mismo núcleo. El transformador es quizá la máquina eléctrica más simple de imaginar. Con la corriente en amperes ocurre lo opuesto: menos espiras, más amperes (así la potencia de entrada, en watts, es la misma que la de salida, salvo las pérdidas).



Un soldador instantáneo de espira (son muy conocidos los de la marca Vesubio) tiene centenares de espiras conectadas a 220 V, y una sola espira como salida de alambre de cobre muy grueso. Por ella pasan centenares de amperes, que lo calientan; eso derrite el estaño para soldar. Como curiosidad, esa clase de soldador sirve para desmagnetizar la pantalla de un televisor que se haya magnetizado por accidente y que haya adquirido, por eso, unas características manchas de color. El campo magnético alterno de la espira magnetiza la criba de la pantalla hacia un lado y otro, y a medida que alejamos el soldador de la pantalla ese efecto se va atenuando, y, en definitiva, se le quita así el magnetismo. (Los antiguos relojeros tenían una bobina para desmagnetizar las espirales de acero de los relojes de cuerda, que todavía usan los coleccionistas).

En las centrales, la energía se genera con una tensión de unos 20.000 voltios. Hoy no se usan tensiones de generación mucho mayores, porque la tensión o voltaje que pueden soportar los aislantes actuales es limitada. La corriente es de unos 20.000 amperes que circulan por conductores de aluminio huecos, pero gruesos como troncos de árboles. Inmediatamente y, a escasos metros del punto de generación, la energía se transforma (con un transformador elevador) a una tensión de 500.000 voltios; también, en algunos casos a tensiones mayores

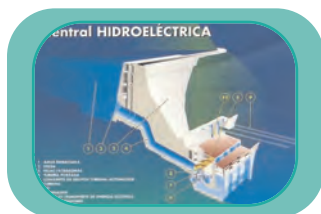


o menores, pero muy altas; por ejemplo 132.000 volts. La ventaja de eso es que la corriente en amperes se reduce y se la puede conducir por cables no muy gruesos, que se tienden al aire libre sobre torres a lo largo de grandes distancias.

## Distintos tipos de centrales eléctricas

La energía eléctrica proviene de diversos tipos de centrales de generación:

**Hídricas:** Estas centrales aprovechan las diferencias de nivel del terreno por donde pasan los ríos. Se embalsa el agua y se la deja caer a través de turbinas que hacen girar alternadores de igual principio de funcionamiento que los de los coches, pero de cuarenta metros de diámetro. Esas centrales son muy limpias, requieren poco mantenimiento y no hay gastos de combustibles. Una de sus grandes ventajas es que se pueden poner en marcha y detener casi instantáneamente; no hay que esperar que se calienten, como las térmicas y las nucleares pero, a veces, alteran mucho el paisaje, y hasta el clima local, y cuando escasean las lluvias, también falta la energía.



**Térmicas:** En estas centrales de generación se queman combustibles y con el calor de combustión se hace hervir agua cuyo vapor impulsa turbinas y alternadores. Son muy útiles en países que tienen mucho combustible, como los Estados Unidos de América donde, prácticamente, viven sobre un gigantesco yacimiento de carbón que les va a durar siglos.



**Izquierda:** la chimenea mayor no echa casi humo porque quema bien; pero despidе gases que recalientan la atmósfera. Las torres gruesas y de altura menor son sólo enfriadoras de agua. **Derecha:** una central térmica en el Puerto de Buenos Aires. (En dibujos animados se suelen mostrar esa clase de torres como muy peligrosas y contaminantes, sin que lo sean en verdad)

Pero producen gases que recalientan la atmósfera. En los últimos dos siglos esos gases aumentaron al triple del valor normal, y se temen cambios climáticos desfavorables en todo el mundo.

**Geotérmicas:** Aprovechan el calor interno de la Tierra. Tienen la ventaja de que no liberan gases, pero no hay muchas fuentes termales útiles; se aprovechan las pocas que existen.

**Nucleares:** Son las centrales más baratas y limpias; no generan gases, y sus insumos (llamados combustibles aunque no se quemen) son abundantes. Por desgracia, sus residuos requieren almacenamiento especial y sirven para fabricar armas. El 75% de la energía que usa Francia proviene de centrales nucleares, nosotros usamos sólo un 12% de ese origen.



Atucha I, y atrás Atucha II en construcción

**Eólicas:** Usan la energía del viento para impulsar generadores. Son útiles en regiones de pocos habitantes y donde hay mucho viento, como nuestra Patagonia. Un solo molino puede alimentar un pequeño poblado; pero para una ciudad harían falta miles de molinos y no habría dónde ponerlos.

**Solares térmicas:** Concentran los rayos del sol con espejos para hervir agua en calderas cuyo vapor impulsa las turbinas, las que, a su vez, hacen girar alternadores.

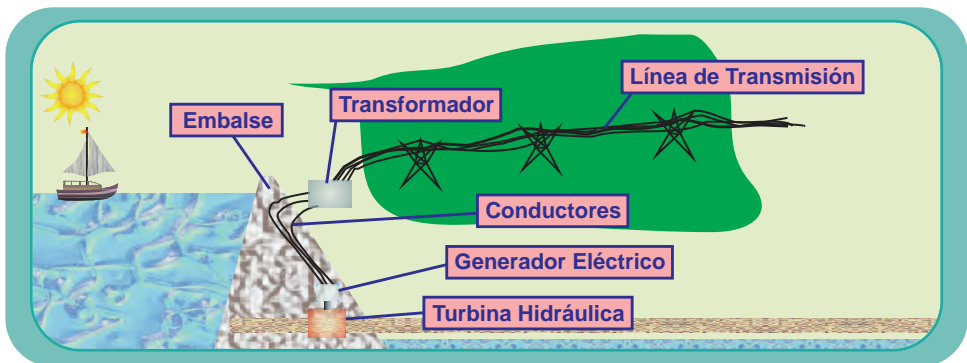
**Solares fotovoltaicas:** Estas centrales frías convierten, directamente, la radiación solar en electricidad. Podemos ver paneles convertidores en las autopistas, donde cargan las baterías de los teléfonos de emergencia para que funcionen aunque se interrumpa el servicio eléctrico. (Ese servicio es importante, a pesar de que hoy casi todo el mundo lleva un teléfono celular consigo). Los paneles tienen bajo rendimiento y ocupan mucho lugar, pero son muy limpios y útiles en lugares adonde es difícil o imposible llegar con una red eléctrica, por ejemplo una estación repetidora de TV en la cima de una montaña, o un satélite de comunicaciones.

**Tidales o de mareas:** Son centrales hidroeléctricas que aprovechan los desniveles producidos por las mareas. Sólo sirven en lugares costeros donde ese efecto sea importante; además la geografía debe ser apropiada para embalsar el agua cuando sube, para usarla después.

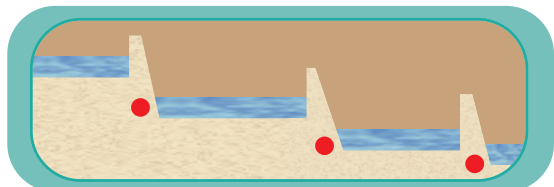


Paneles fotovoltaicos

## Funcionamiento de una central hídrica



Las centrales hídricas requieren de un desnivel importante de agua, que se consigue con represas. La energía se genera en 20.000 volts (con una tensión mayor, sería imposible con los materiales de hoy); se la transforma a 500.000 V para reducir los amperes y se la transmite por conductores de pocos centímetros de diámetro



En un mismo río se pueden hacer varias represas, cada una con su central de generación

Las centrales hídricas deben embalsar agua hasta determinado límite porque si almacenaran demasiada, subiría el nivel y eso disminuiría el rendimiento de las centrales que puede haber río arriba. En la figura (que en el vídeo es móvil) la presa de la derecha embalsó demasiada agua, y eso reduce la disponibilidad de energía de la del medio que cuenta con muy poco desnivel para hacer andar sus turbinas porque le inundaron la salida. El esquema exagera las proporciones; la altura de los diques es mucho menor que la distancia entre dos presas consecutivas.



Turbinas hídricas de la central de Salto. Algunas de ellas generan energía eléctrica de 50 Hz, y otras de 60 Hz, para vender su energía al exterior

## Funcionamiento de una central nuclear

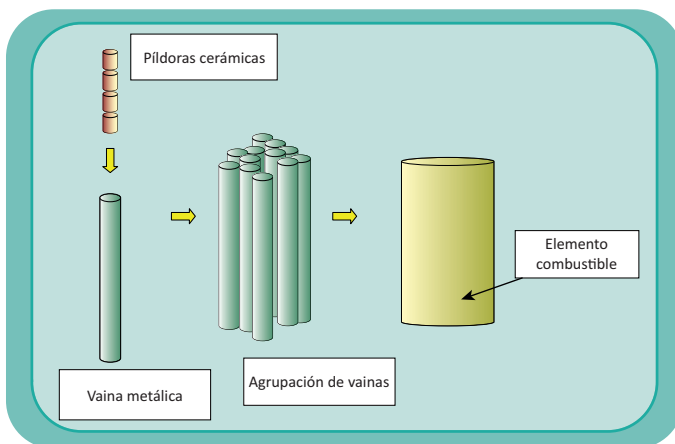
La radiactividad es la desintegración de los núcleos de los átomos, con emisión de partículas y energía. Cuando el núcleo de un átomo se desintegra, emite diferentes partículas y cuando esas partículas chocan contra un núcleo vecino, hacen que se desintegre. Así se produce una reacción en cadena que, si es controlada o moderada, sirve para aprovechar su energía en la producción industrial de energía o con otros fines útiles. Si es descontrolada, sólo sirve para destruir. En nuestro país existen yacimientos de minerales radiactivos útiles para la industria nuclear.

En su estado natural, la radiactividad de esos materiales es bastante baja y no resulta peligrosa ni siquiera para los pobladores que viven, permanentemente, sobre ellos. Esos minerales se someten a un proceso de purificación y concentración.

De las muchas tecnologías que se utilizan en diversos países y que se adecuan a sus industrias y recursos naturales, la Argentina adoptó la del uranio natural, o levemente enriquecido, a diferencia de la del uranio muy enriquecido, usado en otras partes.

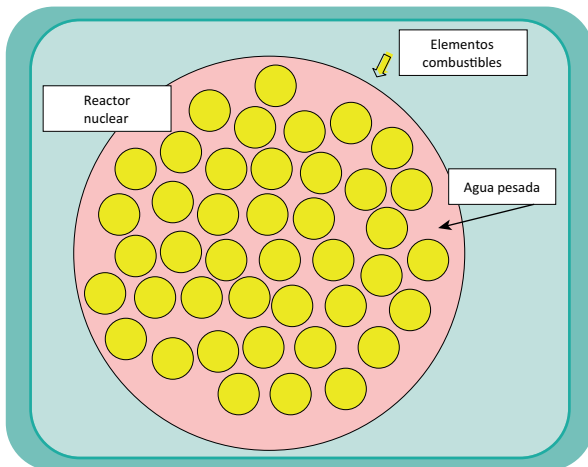
Con el uranio natural se fabrican píldoras cerámicas cilíndricas de aproximadamente un centímetro de diámetro y se las aloja en fila dentro de tubos metálicos de unos cuatro metros de largo. Con unos doscientos de esos tubos se hace un manojo (parecido a un paquete de fideos rectos), y se los coloca

en un tubo más grande, creando un *elemento combustible*.

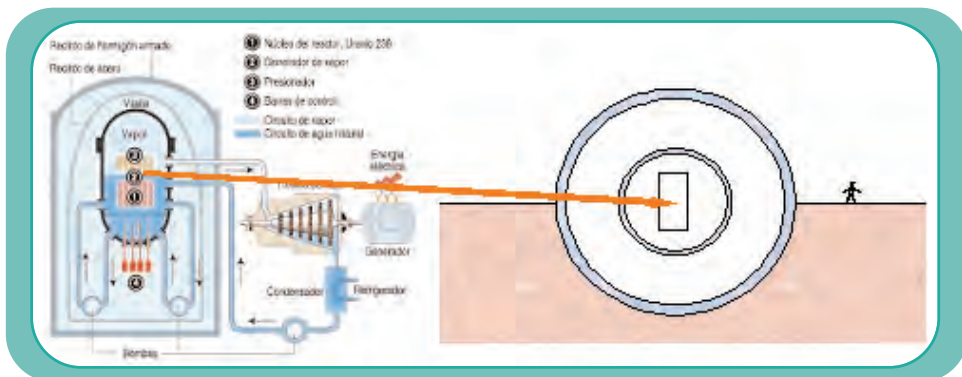


Elaboración de un elemento combustible. Su nombre obedece a que se gasta con el uso, no es que se queme químicamente; es sólo una jerga del ambiente nuclear. Cada pastilla cerámica de uranio mide, aproximadamente, un centímetro. Las vainas tienen cuatro metros del largo y dos centímetros de diámetro y el elemento combustible el mismo largo, y casi un metro de diámetro

Los elementos combustibles son bastante radiactivos y se deben guardar sumergidos en agua. Cuando se juntan algunas y se produce calor se calienta el agua, agua pesada, que los rodea, y ese calor se transfiere a agua ordinaria con la que se produce el vapor que impulsa las turbinas acopladas a los generadores de energía eléctrica.



Reactor nuclear visto en corte y desde arriba. El sólo hecho de juntar bastante uranio genera calor suficiente para calentar el agua pesada que lo rodea. Ese calor se transmite a agua ordinaria, para generar vapor para las turbinas que impulsan generadores eléctricos

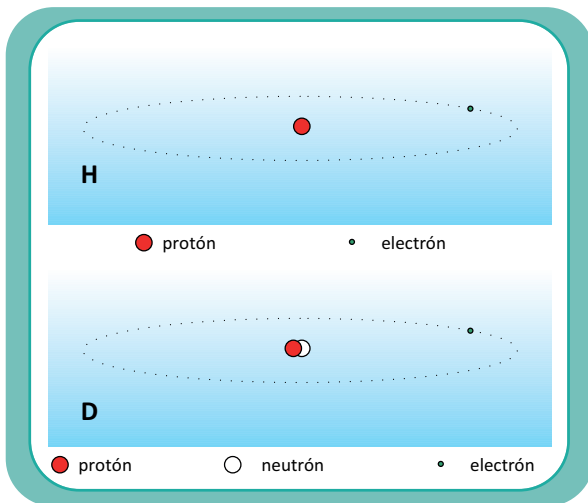


El reactor funciona dentro de un recipiente hermético, y éste se aloja, por seguridad, dentro de otro que contiene las posibles fugas y hasta una eventual explosión. De todo eso, sólo asoma sobre el terreno la mitad superior

## Agua pesada

El agua pesada tiene como fórmula  $D_2O$  (en vez de  $H_2O$ ). La letra D representa al deuterio, llamado también hidrógeno pesado; es un átomo compuesto por un protón, un neutrón y un electrón. La presencia de ese neutrón (que el hidrógeno ordinario no tiene) es útil para moderar la reacción nuclear y aprovechar su calor. Otros modelos diferentes de reactor moderan la reacción con grafito.

## Representación de los átomos de hidrógeno y deuterio



### ● Otras aplicaciones de la energía nuclear

Los reactores nucleares no sólo se usan para generar energía; su radiactividad sirve para esterilizar instrumental quirúrgico sin necesidad de hervirlo (por lo que puede ser de plástico, más barato que el de vidrio o metal). También se esterilizan papas y cebollas para que no broten en los depósitos y duren más; se esteriliza agua potable para embarcaciones; en la Argentina se instaló una Planta de Esterilización de Líquidos Cloacales (PIBA) que mata los microbios de las aguas servidas antes de verterlas en los ríos y las torna así menos peligrosas para la salud.

Con un reactor nuclear se pueden fabricar fuentes radiactivas para el tratamiento del cáncer y se producen sustancias químicas radiactivas, llamadas *trazadores*, a las que se les sigue el rastro en aplicaciones médicas y científicas.

En los Estados Unidos está permitido el uso de cintas para pasar cables con una fuente radiactiva en un extremo. Cuando se introduce la cinta en un caño se sabe su recorrido o el lugar de una obstrucción porque se detecta desde afuera la pequeña radiactividad de esa fuente.

### ● Residuos radiactivos

Los elementos combustibles de un reactor nuclear, cuando se gastan, siguen siendo todavía bastante radiactivos y pueden dañar el medio ambiente y la salud humana. Estos residuos deben ser guardados en lugares seguros. Algunos países, como el Japón, los utilizan en otros reactores.

### ● Despacho unificado de carga

Con ese nombre se conoció durante mucho tiempo lo que, actualmente, es el Sistema Argentino de Interconexión, SADI, que maneja una empresa privada de servicio público, Cammesa:



Las líneas de muy alta tensión (500.000 V), tendidas entre torres de acero, unen las grandes distancias que hay entre las centrales de generación y los centros de consumo. Se usa esa tensión tan alta para que, a igual potencia, la corriente sea baja y se la pueda conducir en cables no muy gruesos. Y la tensión no es más alta porque el aire vecino se tornaría conductor y habría entonces pérdidas

La posibilidad de generar energía en un sitio y consumirla en otro brinda la posibilidad de aprovechar mejor los recursos; por ejemplo, se puede vender energía cuando sobra y comprarla cuando falta. A esto se lo llama *transmisión* de la energía; en zonas más pequeñas está la *distribución* y, por fin, el *consumo*.

La energía eléctrica generada en una central se transmite a distancias de miles de kilómetros, a veces, entre países vecinos. Cuando los horarios pico de consumo no son simultáneos entre regiones apartadas en longitud geográfica, entonces, gracias a la transmisión, es posible aprovechar una central para abastecer dos zonas en diferentes horarios.<sup>2</sup> La figura muestra torres de 500.000 volts que soportan seis cables (dos líneas trifásicas). A unos metros del suelo hay garfios para que los chicos no se trepen y puedan sufrir daños.

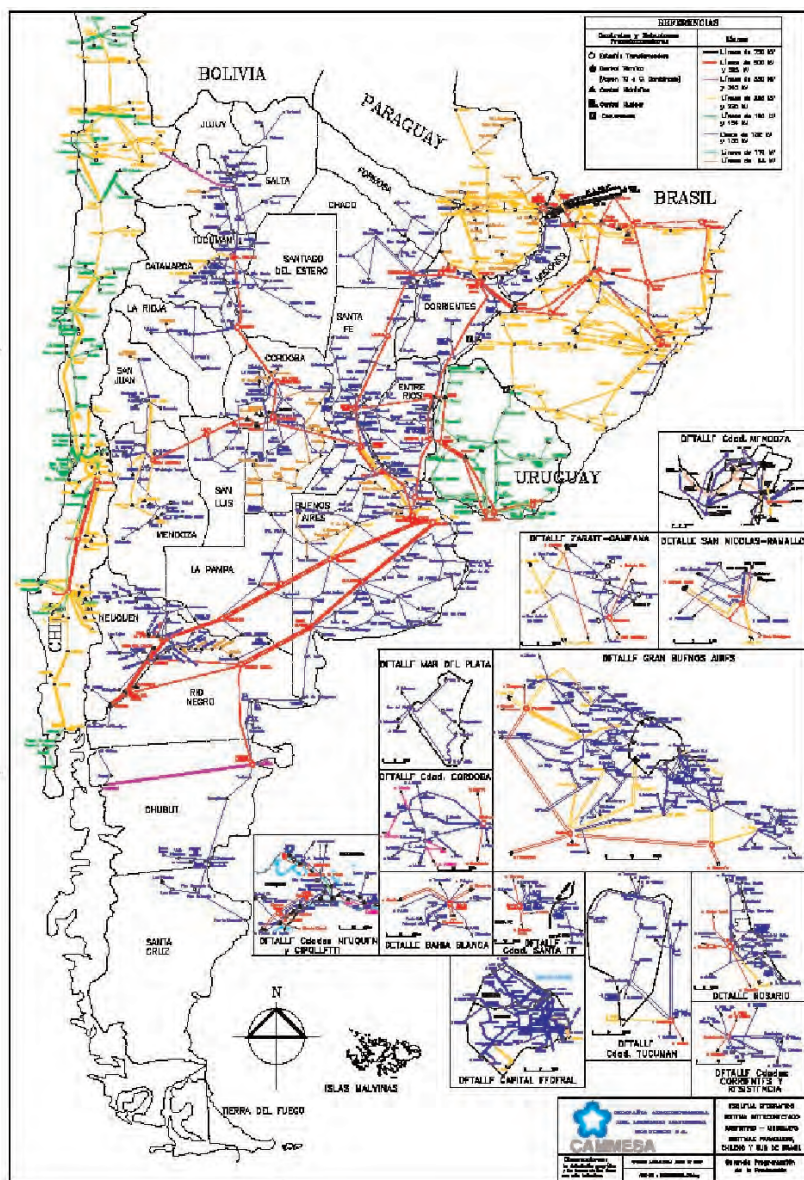


Un organismo decide, bajo la autoridad política, cómo se reparte la energía; a quién le quitan cuando no alcanza porque llueve poco; cuánta se compra o se vende; si el agua embalsada se guarda un poco más de tiempo o en cambio se la hace pasar de inmediato por las turbinas; qué se hace cuando sobra energía que nadie compra; qué máquinas se detienen en ese caso o en qué embalse se deja escapar el agua sin turbinarla.

<sup>2</sup> Los países más desarrollados tienen picos de demanda muy poco marcados, porque fomentan el consumo industrial en los horarios de descanso. La Argentina tiene todavía pronunciados picos de consumo, el más grande al caer la noche; eso nos obliga a tener más máquinas que las estrictamente necesarias, muchas de ellas paradas durante gran parte del tiempo.

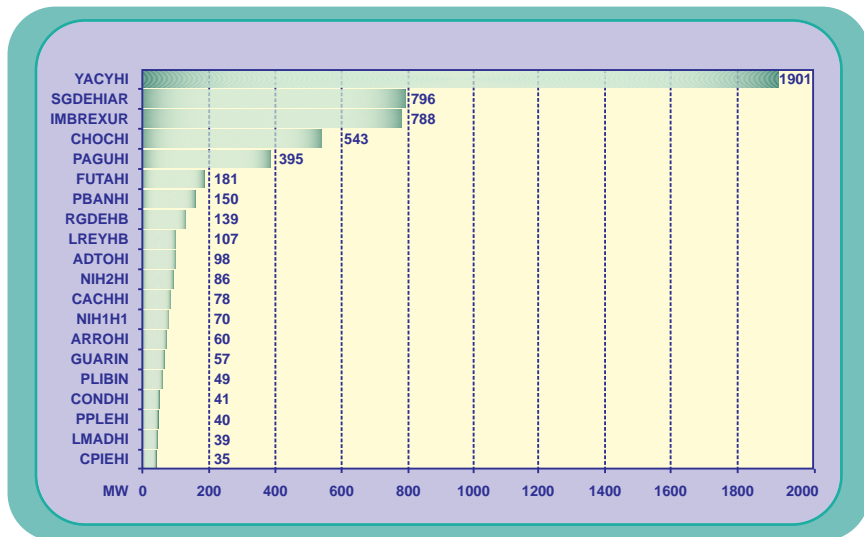


## Mapa de transmisión de energía

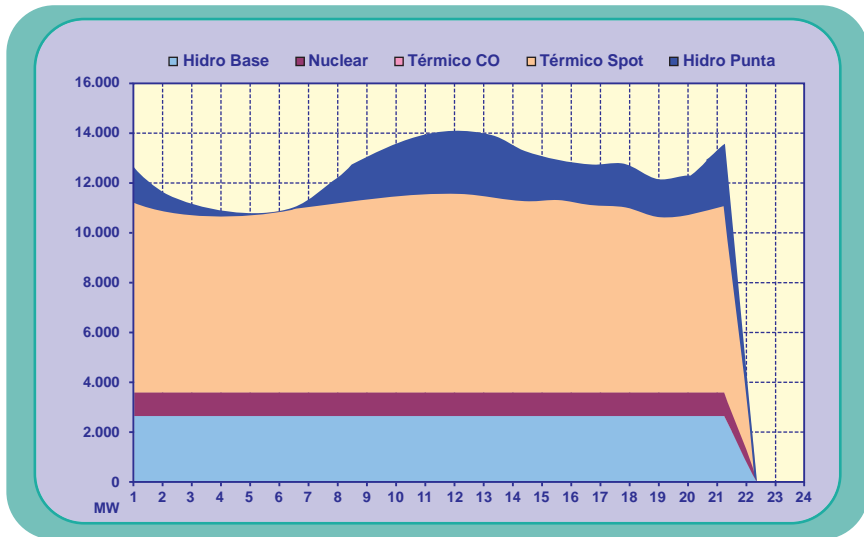


Las líneas eléctricas cubren todo el país y conectan países vecinos a los que se les compra y se les vende energía

La información sobre la generación, transmisión, distribución y consumo de energía está a disposición del público en Internet. Se puede consultar cuánta potencia genera, día a día cada central, cuáles fueron sus desperfectos (si los hubo), y cuánto vale la energía hora a hora. Los gráficos que siguen ilustran parte de la información disponible.



Potencia de las principales centrales en gigavatios o miles de megavatios. Yaciretá rinde casi dos gigavatios, suficientes para alimentar cinco millones de viviendas familiares

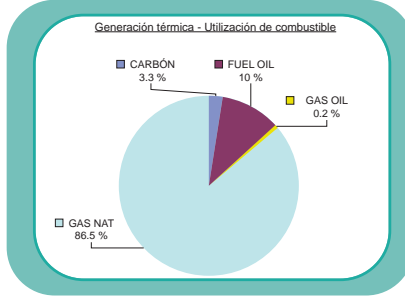


Generación del primero de agosto de 2007, con datos actualizados hasta las 19. Las energías de origen térmico, parte de la hídrica (en celeste, llamada de base) y la nuclear son casi constantes a lo largo del día; en cambio la hídrica de punta es variable y responde a las demandas diferentes en cada horario. A las cuatro de la mañana el consumo es mínimo

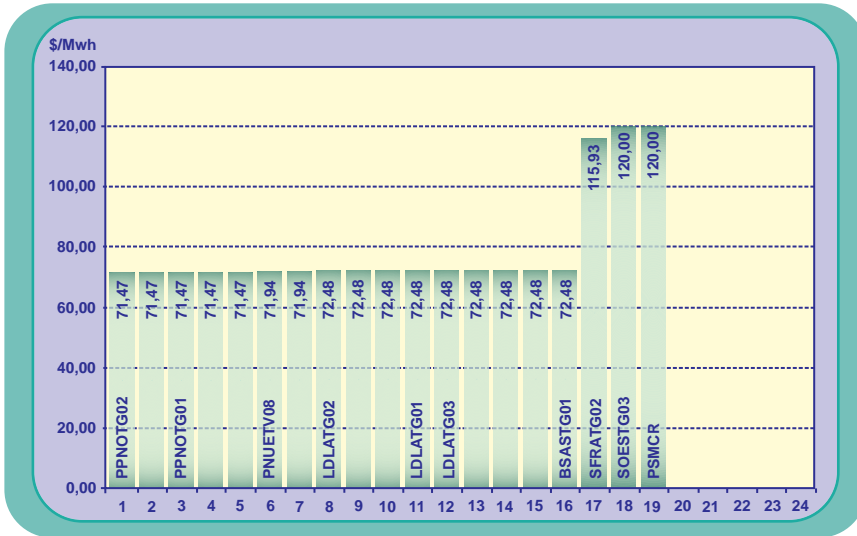




El gigantesco eje de una turbina hidráulica, a la vista



Nuestro país usa el gas natural como principal combustible para la generación térmica. En menor medida quema también combustibles líquidos derivados del petróleo y carbón



Variación del precio al por mayor de la energía, hora a hora. Llegó, en la hora pico de las 19, a 120 pesos el megawatt hora, o sea 12 centavos el kilowatt hora. (El público paga entre 15 y 25 centavos, según la categoría). El Cammesa declara también, en otros gráficos públicos, cuál es el costo de producción de esa energía

DÍA	HÁBIL		SÁBADO		DOMINGO	
	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Potencia (MW)	Energía (GWh)	Potencia (MW)	Energía (GWh)
MÁXIMO HISTÓRICO	18345	356,0	16818	328,2	16595	313,7
FECHA	14/06/07	29/05/07	16/06/07	03/02/07	25/02/07	25/02/07
HORA	19:56	-----	20:16	-----	21:30	-----
TEMP. MEDIA BUENOS AIRES (°C)	10,0	6,6	7,3	28,9	29	29

Máximos Históricos de Potencia y Energía del Sistema Argentino de Interconexión (incluye la Patagonia)

## Categorías de tensión

En el ambiente de la energía eléctrica las palabras “alta” y “baja” tensión tienen un significado específico, diferente del que se acepta en el ámbito de la electrónica.<sup>3</sup>

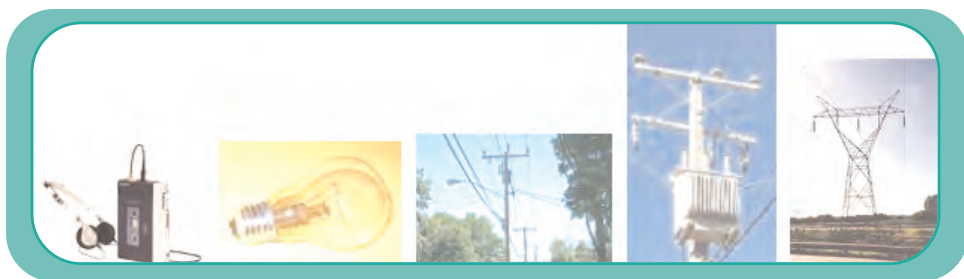
### EN VOLTIOS

	DESDE	HASTA	Uso
Muy baja tensión	cero	25 V	electrónica
Baja tensión	más de 25 V	1000 V	viviendas
Media tensión	más de 1000 V	36.000 V	generación, distribución
Alta tensión	más de 36.000 V	230.000 V	transporte de energía
Extra alta tensión	más de 230.000		transporte de energía

Cuanto más elevada es la tensión en volts, más largos tienen que ser los aisladores (aproximadamente un centímetro cada mil volts), y más gruesas las vainas aislantes. En cambio, cuanto más elevada es la corriente en amperes, más gruesos tienen que ser los conductores. Un cable de cobre de un milímetro de grosor puede conducir 6 amperes, uno de dos centímetros de diámetro, 600 A. Para conducir diez mil amperes hace falta una barra de cobre de diez centímetros de diámetro. (El cálculo no es directamente proporcional).

En todos los enchufes de una vivienda de nuestro país hay 220 V, pero cada artefacto puede tomar una corriente diferente: una lámpara, medio ampere; un secador de cabello, seis amperes. El motor de arranque de un coche toma unos 200 amperes de la batería de 12 volts.

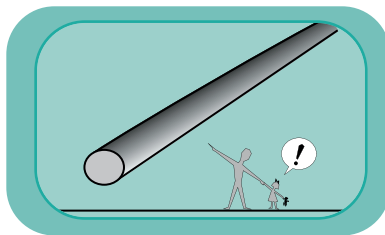
Si se multiplican los volts por los amperes, resulta la potencia en watts. El consumo de un artefacto se mide en watts. Por ejemplo, una tostadora o una plancha consumen unos 500 W; un televisor, 50 W; una ciudad, mil millones de watts.



Grabador alimentado con pilas de muy baja tensión (3 V); lámpara incandescente hogareña de baja tensión (220 V); línea aérea de media tensión (13.200 V) a seis metros de altura, y más abajo, a sólo cuatro metros sobre el suelo y atada a los mismos postes, una línea de baja tensión (220 y 380 V); línea de muy alta tensión (500.000 V para transmitir a grandes distancias la energía de una central

<sup>3</sup> En las cabinas telefónicas callejeras, iluminadas con lámparas de 220 V, un cartel advertía, hace mucho, PELIGRO, ALTA TENSIÓN. Alguien debe haber aclarado que 220 V es baja tensión y no alta, pero un cartel que dijera PELIGRO, BAJA TENSIÓN resultaría confuso; por eso hoy dicen PELIGRO, HAY TENSIÓN.

Para transportar la energía a gran distancia se prefieren pocos amperes y muchos volts. ¿Por qué? Porque pocos amperes hacen que los cables, de miles de kilómetros de largo, sean más delgados y baratos, aunque haya que poner aisladores de mayor tamaño. Una vez que la energía llegó a la ciudad de destino, se la transforma con transformadores que suben la corriente y bajan la tensión, para que la podamos usar en la industria y en nuestras casas. Si pretendiéramos transmitir la energía con una tensión de sólo 220 V, para construir las líneas eléctricas no alcanzaría todo el cobre del mundo.



Si se pretendiera hacer lo mismo en baja tensión, los cables deberían tener varios metros de diámetro

## Variedad de tensiones

La transmisión de energía eléctrica, a lo largo de centenares y miles de kilómetros, se suele hacer en diversas tensiones, por ejemplo 66.000, 132.000, 220.000, 330.000, 500.000 y, hasta un millón de voltios. La misma variedad existe para la distribución en ciudades y barrios: 6600, 13.200, 14.800, 17.200, 24.000, y 33.000 y voltios. Y también hay variedad de tensiones de consumo, entre ellas los 110 V que usan algunas industrias, 125 V que usan en el Brasil, 220, 245 y 250 V.

La razón de esa variedad es histórica y se origina en épocas de escaso contacto entre países. Era difícil establecer tensiones iguales para cada categoría, del mismo modo en que hoy hay países en los que los automóviles se conducen por la derecha, como el nuestro y, otros, como el Reino Unido y el Japón que lo hacen por la izquierda. (Por influencia británica, precisamente, nuestros trenes y subtes marchan por la mano izquierda).

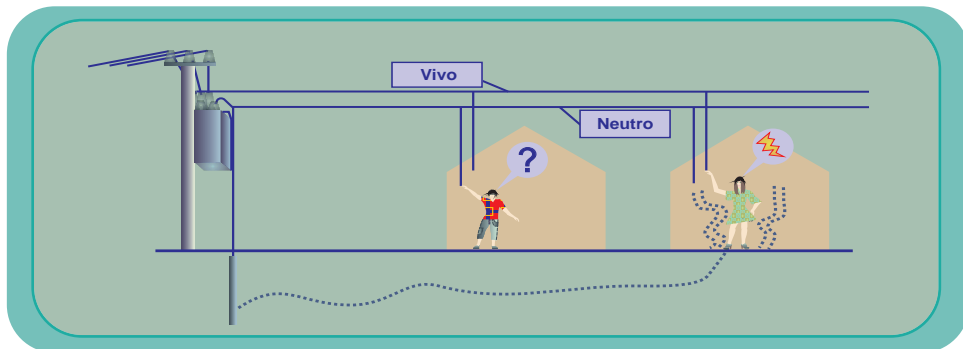
Cuando se desarrollan mejores materiales aislantes las tensiones suelen aumentar; por ejemplo hace quince años en Buenos Aires se convirtieron a 13.200 V muchas estaciones transformadoras que operaban con 6600 V.

## Seguridad eléctrica

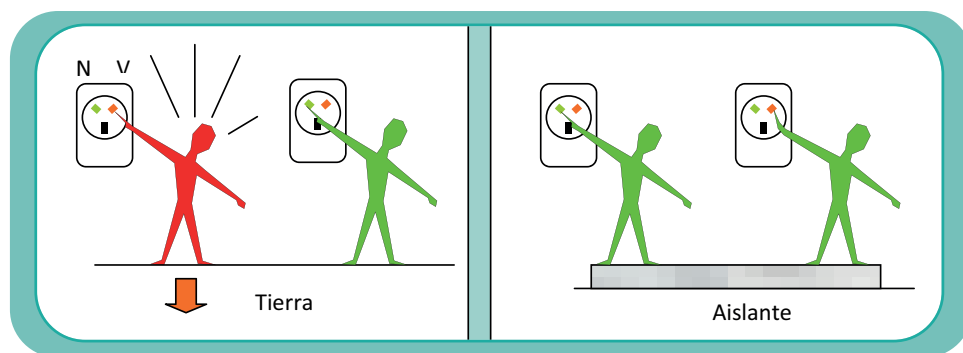
Generalmente, la energía eléctrica llega a cada barrio, manzana o edificio grande a través de un transformador que reduce la tensión de 13.200 volts a 220 y 380 volts. El transformador tiene tres cables de entrada y cuatro de salida llamados neutro, fase 1, fase 2 y fase 3, o fases R, S y T. El conductor neutro debe su nombre a que está puesto a tierra al pie del transformador; entonces, ese cable no nos da corriente si lo tocamos, sí cualquiera de los otros tres, llamados por eso vivos.

Entre el neutro y cada fase hay 220 V; entre fases, 380 V.

Si el consumidor tiene motores grandes, usa los cuatro cables y, en ese caso, se dice que le proveen de fuerza motriz. Un usuario pequeño, en cambio, usa solamente el neutro y una de las fases y se dice que le suministran luz. (Un sindicato de ese gremio lleva el sugestivo nombre de *Luz y Fuerza*, en alusión a la energía eléctrica, pero también a la claridad mental y a la fortaleza sindical).

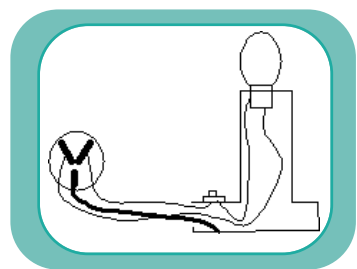


El neutro no nos da corriente cuando lo tocamos; sí nos la da, en cambio, cualquiera de las fases (llamadas, por eso, conductores vivos). Es peligroso tocar los cables eléctricos, más aún si estamos descalzos sobre un piso húmedo



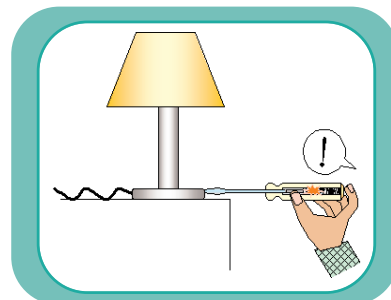
Las personas aisladas de tierra están menos expuestas a los choques eléctricos

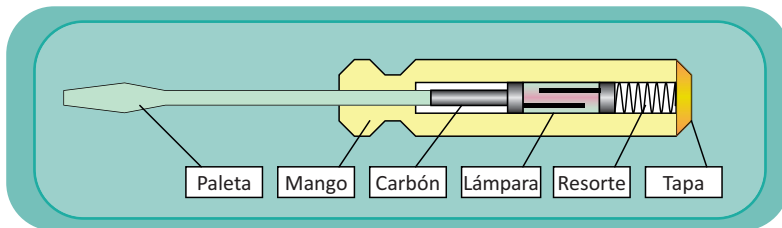
## Puesta a tierra de los artefactos



Los artefactos eléctricos tienen sus partes metálicas expuestas conectadas a la pata central del enchufe, más larga que las otras dos para que sea la primera en conectarse y la última en desconectarse. En el tomacorriente ese contacto está a tierra. Eso protege al usuario en caso de desperfectos de aislación.

La falta de puesta a tierra y las fallas de aislación de un artefacto se pueden detectar con un buscapolos. Su lámpara de gas interna enciende aunque estemos aislados del suelo, puesto que nuestro calzado actúa como un capacitor en serie que se carga y se descarga con cada cambio de la polaridad de la tensión alterna.





La pieza de carbón que hay dentro del buscapolos es para proteger a quien lo usa, puesto que limita la corriente. La lámpara es de gas para que encienda con muy poca corriente. Hay que tocar la tapa metálica para que funcione



## Experimentos con buscapolos

Hay varios tipos de buscapolos electrónicos. Uno de ellos, el más barato, aunque tiene una pantalla de dígitos, su funcionamiento es analógico: cuanta más intensa es la señal más números aparecen y más intensamente marcados, sin que ninguno indique con exactitud la tensión, sino apenas su orden de magnitud.



Detector de cristal líquido sin pilas



Sensible buscapolos parecido a los tradicionales, pero con un diodo luminoso en vez de lámpara de neón. Lleva dos pilas, un carbón de seguridad limitador de corriente y dos transistores



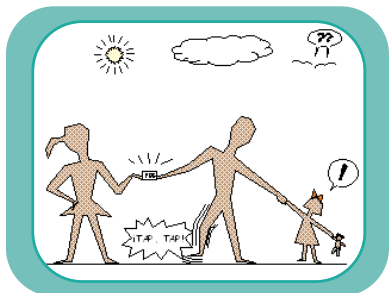
Antiguo probador de seis lámparas gaseosas que encienden en cantidad proporcional a la tensión. Una pila y un diodo luminoso adicionales sirven para medir continuidad

Un sencillo experimento que podemos hacer con un buscapolos electrónico, es frotar una lapicera contra el pelo, acercarla al detector y alejarla de él rítmicamente. El zumbador suena cuando alejamos la lapicera cargada y no cuando la acercamos. Hacemos lo mismo con la cabeza y sucede lo opuesto. Se deduce que algo había en la lapicera que pasó a la cabeza, o al revés; hoy se sabe que son los electrones de las envolturas externas de los átomos. Hace 2500 años, con experimentos similares hechos con ámbar, piedras y pelusas se imaginaron dos clases de carga, vítrea y resinosa, hoy llamadas positiva y negativa.

Ámbar en griego se dice *electra*; significa brillante, destacado, selecto; y esas dos palabras árabe y griega son también nombre de mujer. Si en vez de una lapicera usamos la tapa de plástico de una carpeta, el efecto es mucho mayor y alcanza con un desplazamiento muy lento de un milímetro por segundo, para hacer sonar el aparato.

La frotación de diversos tipos de plásticos unos contra otros permite saber cuáles son, relativamente, más dadores o re-





ceptores de electrones. El polipropileno (el que hace mucho ruido cuando se lo arruga) es electropositivo con respecto al polietileno.

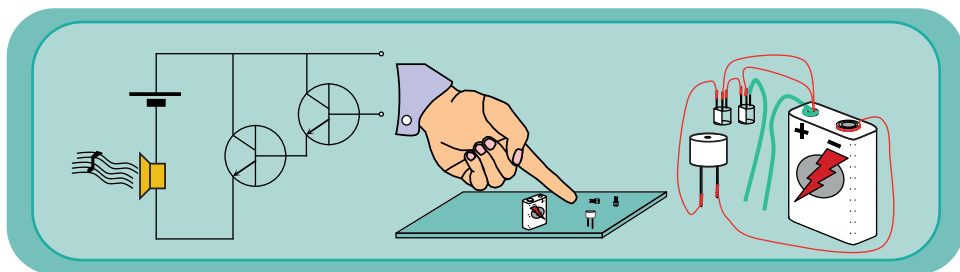
Si ponemos a tierra o damos a alguien un electrodo del detector y sostenemos el otro en la mano, el aparato suena cuando separamos un pie del suelo, o cuando lo apoyamos, según de qué sean el suelo y la suela. Lo mismo pasa con cualquier otro tipo de detector, también con los de cristal líquido; y en rigor no hace falta, para esa prueba, nada más que una

pantalla digital de reloj, de calculadora o de cualquier otro aparato en desuso que hayamos desarmado.

Los buscapolos dichos, mucho más sensibles que los de lámpara de neón, detectan un cable eléctrico sin necesidad de tomar contacto con los conductores. A veces me subo a una silla y acerco el detector a un tubo fluorescente y, a medio metro de distancia, el aparato ya hace un sonido típico semejante al canto de un grillo, de la misma frecuencia que la de la red. Los ventiladores y otros artefactos que hagan sonar el detector de ese modo carecen de puesta a tierra, lo que ocurre con frecuencia en instalaciones antiguas.

Estos aparatos detectan el campo eléctrico de las líneas aéreas de media y alta tensión, también desde adentro de un coche si acercamos la parte sensible a la ventanilla. En cambio, no sirven para encontrar conductores embutidos en la pared cuando pasan por caños metálicos, porque estos actúan como pantallas electrostáticas.

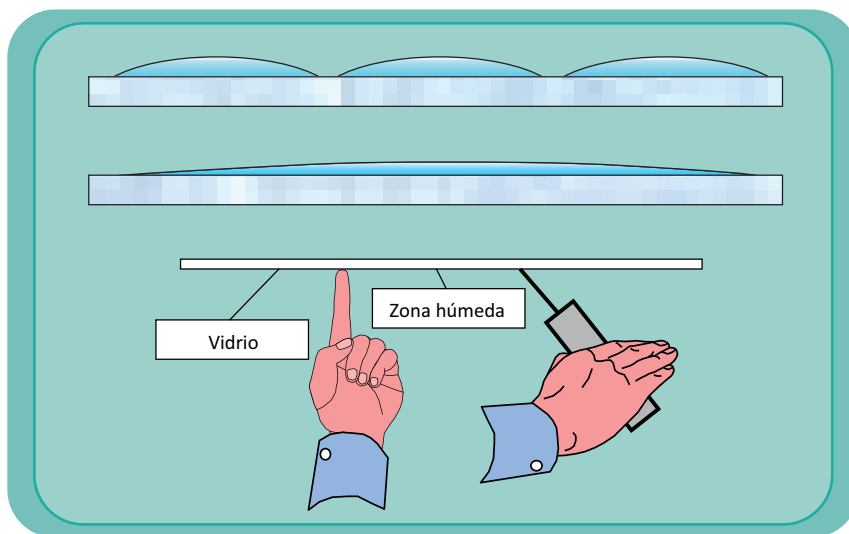
La construcción es sencilla y, a veces, se hace sin soldador; sirve cualquier transistor. Si usamos el de un despertador de pilas hay que usar también el circuito del reloj, porque el zumbador por sí solo no suena cuando se le conecta una pila.



Construcción de un buscapolos electrónico o detector de campos eléctricos alternos, con elementos pequeños y comunes. La conexión se conoce como circuito Darlington y usa dos o más transistores en cadena que se consiguen también de una pieza, en cápsulas monolíticas. (Se arma en un minuto)

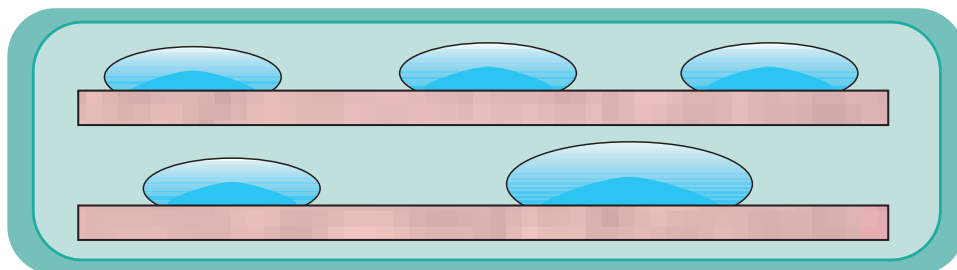
Otro experimento que me parece interesante es el de comparar cómo conducen diferentes materiales con los buscapolos provistos de pila. Cuando se toman ambos electrodos con la mano el aparato suena (o enciende su díodo); eso indica que el cuerpo humano conduce la electricidad. Si apoyamos los puntos de prueba sobre un vidrio, no suena, pero sí lo hace cuando le echamos el aliento y se condensa agua y sigue sonando hasta que el agua se evapora, proceso que se puede acelerar si alguien abanica con un cuaderno. En cambio, los plásticos no con-

ducen aunque se les eche el aliento y se los salpique, porque el ángulo de acuerdo entre el agua y el sólido es agudo en ese caso; en otras palabras, el vidrio se moja más que el plástico.



Vidrio mojado con el agua condensada del aliento. El ángulo de acuerdo es obtuso; las gotas se tocan cuando crecen y forman una lámina continua conductora de la electricidad.

El cuerpo de la persona cierra el circuito y permite que pase una débil corriente a través de la capa invisible de humedad del vidrio



Un plástico también condensa, pero el ángulo agudo de acuerdo hace que, si se tocan dos gotas, se forme una gota mayor desconectada de las demás, el agua entonces no conduce entre puntos distantes

El papel parece aislante al probarlo con este método, pero una pila gruesa de hojas de un cuaderno se muestra conductora. Una sola hoja de papel conduce cuando le echamos el aliento pero, difícilmente, se seque espontáneamente; hay que ayudarla con la llama de un encendedor o, en más tiempo, con el calor del cuerpo; *a veces pido a un estudiante que se siente encima de la hoja un rato. (No faltan alusiones jocosas relacionadas con posibles efectos de convección de gases calientes).*

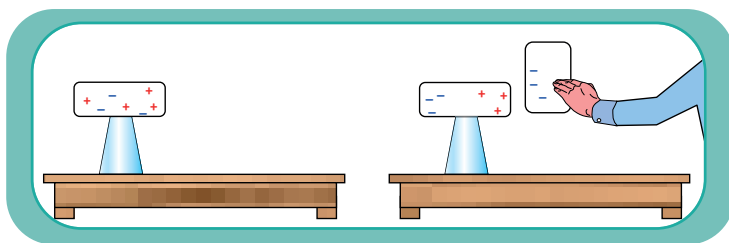
Y ya que encendemos fuego, se puede comprobar que una llama conduce, así como no lo hacen los gases fríos; por eso cuando una nave espacial regresa a la atmósfera, durante unos minutos, no hay comunicación posible con Tierra porque el trasbordador envuelto en aire io-

nizado queda tan aislado de las comunicaciones como un teléfono inalámbrico envuelto en papel de aluminio.

Una propiedad curiosa de las llamas es que conducen más hacia un lado que hacia el opuesto; ese efecto rectificador se usa en sensores de llama piloto encendida de algunos hornos industriales, porque es más seguro que el de bulbo térmico que vemos en estufas y calefones. Si se trazan líneas con lápiz de grafito en un papel se comprueba cómo conducen y es curioso el efecto de módem o exploración digital en el sonido entrecortado que se oye cuando deslizamos el sensor a lo largo de un renglón escrito en lápiz. Lo mismo se observa en ciertas bolsas de plástico con un diseño de rejilla conductora, en las que envuelven plaquetas de computadoras para protegerlas de la estática.

En el campo eléctrico de una pantalla de TV se nota mucho y se detectan las variaciones de brillo de la imagen. *Un alumno construyó un timbre con latas colgadas que se hamacaban y sonaban al chocar cada vez que encendía o apagaba un televisor. Recogía la carga con un papel de aluminio o cartulina negra adherida a la pantalla, y cables.*

Posiblemente el experimento más demostrativo y útil sea el de la carga por inducción, que ilustran las siguientes figuras.<sup>4</sup>

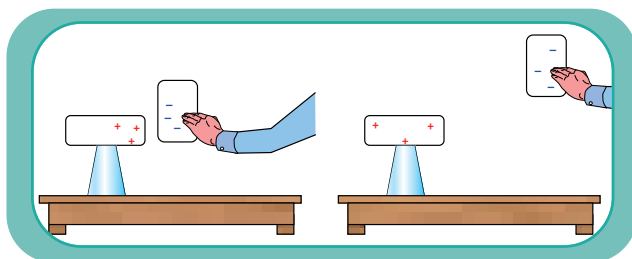
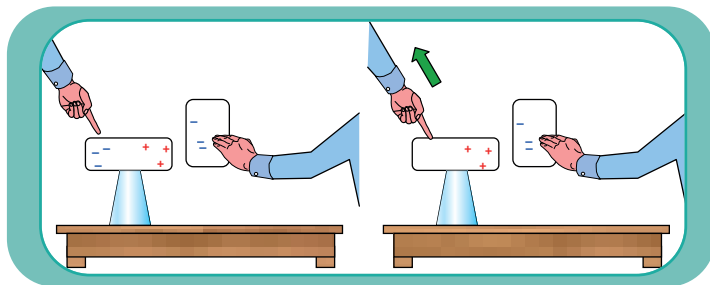


Carga por inducción.

**Izquierda:** Cuerpo neutro.

**Derecha:** Otro cargado negativamente. El primero se polariza; se separan sus cargas opuestas

**Izquierda:** Se acerca una mano. **Derecha:** Cuando toca el cuerpo polarizado, las cargas negativas repelidas fugan a tierra



**Izquierda:** Se quita la mano para que el cuerpo quede aislado. **Derecha:** Se retira el inductor. A partir de un cuerpo neutro y otro negativo, obtenemos uno positivo. Es importante el orden de las operaciones

<sup>4</sup> Este experimento se puede hacer en medio minuto con un vaso de plástico y un alfiler con su envoltura metálica; y un esquema animado contaría el efecto en diez segundos. En cambio la explicación de texto con imágenes fijas es tediosa, confusa y extensa.



Alguien que vea estas maniobras sin haber prestado atención a su fundamento, sólo percibe una secuencia de movimientos sin razón aparente de ser; y hasta ríe al relacionar esa pantomima con la magia. Quizá los pases mágicos (frotación de recipientes de los que sale un genio que obedece o de varitas que realizan portentos) se originaron en antiguos experimentos electrostáticos relatados por testigos tan distantes de una explicación racional como de la mera regularidad empírica con la que estaban familiarizados, quizá, sus realizadores.

Los experimentos electrostáticos y galvánicos se han hecho desde épocas muy antiguas, mucho antes de que se les vislumbrara alguna utilidad o siquiera una mínima explicación; tiempos en los que apenas había alguna diferencia entre superstición, magia, ciencia y religión.

Vemos indicios en las llamadas pilas de Iraq, de las que se conservan restos arqueológicos, conocidas también como pilas partas. Se hicieron con vinagre y electrodos de hierro y cobre aislados con alquitrán en vasijas de cerámicas. También hay referencias de posible interpretación eléctrica en el relato bíblico de la construcción del templo de Salomón, en algunas profecías de Ezequiel y, creo ver también, algo de electrostática en las aureolas de los santos que a lo mejor representan el efecto corona visible en quienes hablaban de noche a la multitud desde promontorios y que se interpretó quizá como el fulgor de los iluminados o gloria de Jehová.

Muchas de estas especulaciones carecen de verdadero sustento científico, pero despiertan un interés tan vivo como el saber que todos los animales somos eléctricos, que algunos pueden producir descargas de centenares de voltios o que es posible medir con la gravedad y una regla de plástico, el orden de magnitud de la velocidad de propagación de los pulsos eléctricos en un nervio humano.

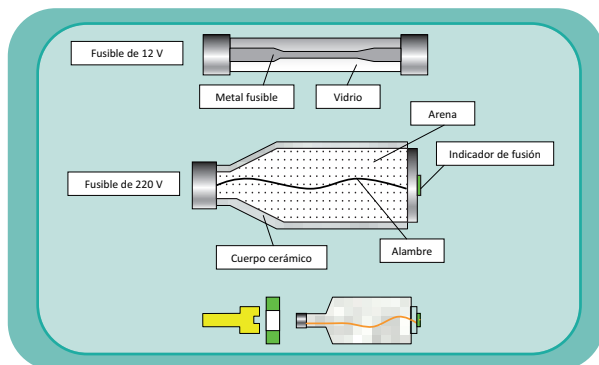


La aureola de luz divina quizás haya sido sugerida por un fulgor eléctrico

## Fusibles

Cuando falla un artefacto o la instalación o la corriente que circula es excesiva, se funden los fusibles, que tienen un conductor delgado y de material de bajo punto de fusión; así la corriente se interrumpe y evita que se dañen los cables; de otra manera se derretiría su aislación, o se fundiría el metal de los cables, con graves trastornos para la reparación. (Esto se ve en el video a los 20<sup>m</sup> 50<sup>s</sup>).

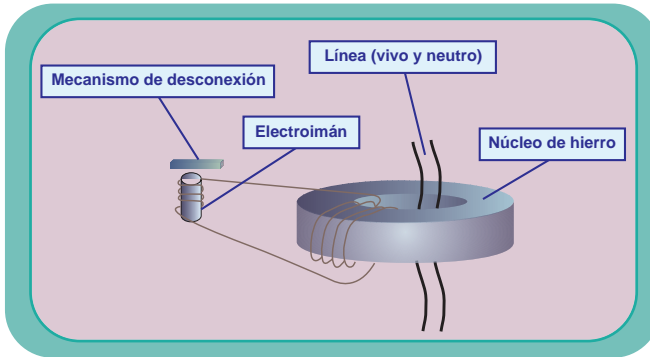
## Algunos tipos de fusibles



Fusibles de vidrio y cerámicos, muy seguros y resistentes a las temperaturas elevadas. Abajo, detalle del anillo de calibre que impide que, por error, se coloque un fusible de demasiada corriente en el receptáculo donde debe ir un menor. La arena absorbe el calor de la chispa eléctrica que se produce cuando se interrumpe el alambre y la extingue

## Disyuntor diferencial

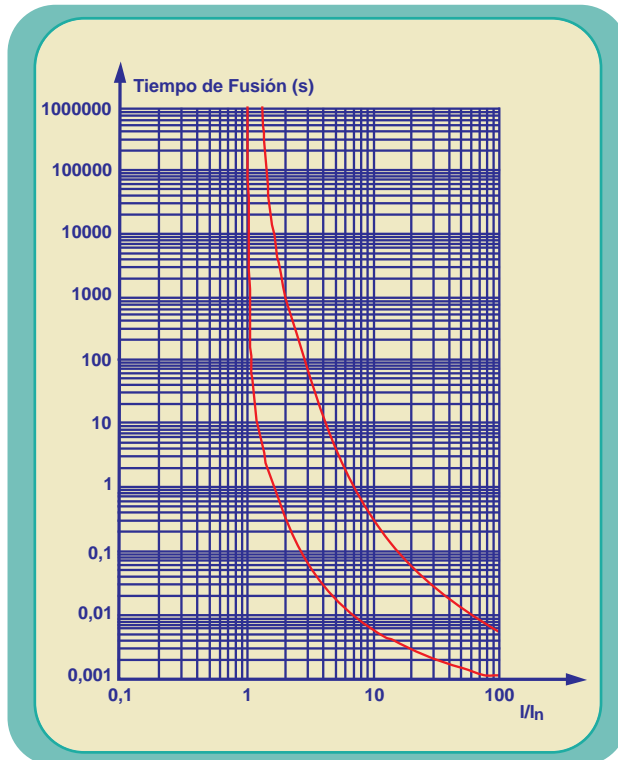
Una protección que se está usando cada vez más, gracias a que mejoran las instalaciones eléctricas, es el disyuntor diferencial que actúa cuando hay una conexión accidental entre el vivo y tierra.



El disyuntor diferencial actúa cuando la corriente que recorre el conductor vivo es diferente de la que pasa por el neutro. Cuando eso ocurre es que hay una fuga a tierra, posiblemente, a través de una persona que con este aparato se salva de recibir corriente durante mucho tiempo. La instalación tiene que estar en perfecto estado

## Curva de actuación de un fusible

El tiempo que tarda en fundirse un fusible depende de cuán intensa sea la corriente que lo atraviesa.

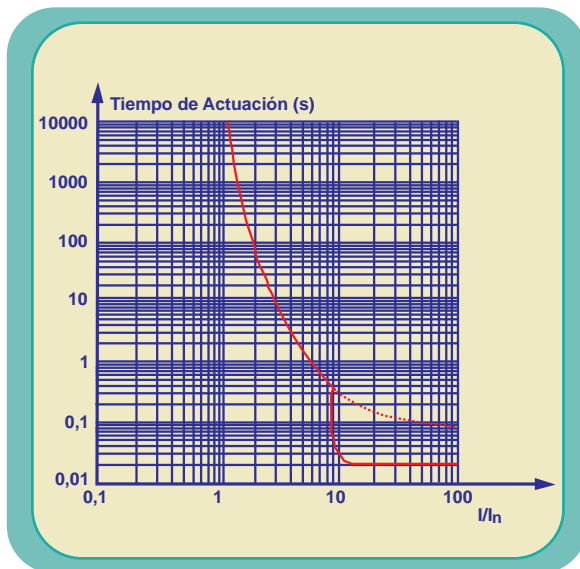


Tiempo de actuación de un fusible según la corriente que pasa por su alambre. Si el exceso de corriente es moderado, tarda mucho en fundirse, si es grande se funde casi al instante. Por ejemplo, si la corriente es igual a la normal, o menor, no se funde nunca. Si es el doble, se funde en medio segundo; si es diez veces mayor tarda menos de una centésima de segundo en actuar. En el gráfico se ven dos curvas, una de un fusible lento apropiado para el arranque de motores y, otra, de un fusible rápido, aconsejable en equipos electrónicos

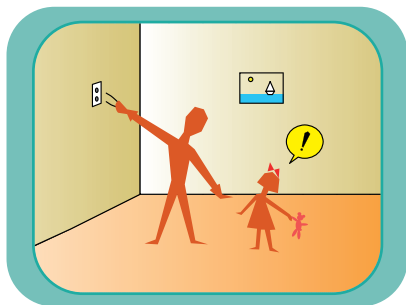
## Llave termomagnética

Las llaves térmicas aventajan a los fusibles en que se las rearma, fácilmente, cuando actúan y no hay que reemplazar elementos fundidos como en un fusible. Funcionan por el calentamiento de un par de chapas metálicas de diferente dilatación. Las llaves magnéticas, en cambio, actúan instantáneamente cuando la corriente, además de ser anormal, es muy elevada, por ejemplo más de ocho veces la normal. Usualmente, se combinan ambos efectos en un único tipo de llave, la termomagnética.

Cuando pasa una corriente mayor que la normal durante bastante tiempo, la llave interrumpe automáticamente el paso de energía, gracias a que el calentamiento consiguiente arquea una cinta compuesta por dos metales de diferente dilatación (bimetala). Si la corriente anormal es muy elevada (por ejemplo diez veces mayor que la normal) el interruptor termomagnético corta, casi instantáneamente, el suministro sin esperar a calentarse, gracias a la acción de la corriente sobre un pequeño imán alojado en el interior de la llave. Por ejemplo, en el caso de la figura, si la corriente que circula es la normal ( $I_n$ ), la llave no interrumpe nunca. Si la corriente es el doble de  $I_n$ , corta al cabo de un minuto; si es el triple, a los 10 segundos; si la corriente normal se supera en un factor 8, esa llave corta en menos de medio segundo; pero si la corriente supera diez veces el valor normal, interviene la parte magnética del mecanismo y el corte se produce en 20 milisegundos. La línea de puntos indica el tiempo en que actuaría el mecanismo térmico si no estuviera el magnético



Las llaves térmicas actúan en caso de sobrecarga, o sea cuando la corriente es mayor que la normal, pero no mucho. Las llaves magnéticas interrumpen la energía cuando hay un cortocircuito, o sea cuando la corriente que circula es mucho más grande que la normal. Las llaves termomagnéticas actúan en las dos circunstancias, porque combinan ambos efectos. Los fusibles actúan tanto en las sobrecargas como en los cortocircuitos. Los disyuntores diferenciales no actúan en caso de sobrecarga ni de cortocircuito entre polos, pero sí en caso de fugas a tierra, cualquiera sea su magnitud por encima de cierto umbral de sensibilidad, que es de 30 miliamperes.



## CONCLUSIONES

Vivimos en una época dependiente de la electricidad y, también, en camino de convertirse en dependiente de la computación. Eso es malo cuando las cosas funcionan mal y bueno cuando andan bien, porque aumentan nuestras posibilidades de aprendizaje, trabajo, comunicación y creación. Soportamos sin dudar los riesgos de los inconvenientes por las ventajas de la electricidad cuando funciona; y casi siempre lo hace.

Después de todo, también hemos desarrollado dependencia hacia la higiene, la alimentación y la información, y eso no nos parece malo; la electrodependencia es, como las otras, una **buena** dependencia o, al menos, una dependencia tolerable.



## Experimentos económicos y accesibles

La tecnología actual permite experimentar económicamente y, sin riesgos, diversos fenómenos eléctricos.



### Pantalla de cristal líquido utilizada para detectar tensión

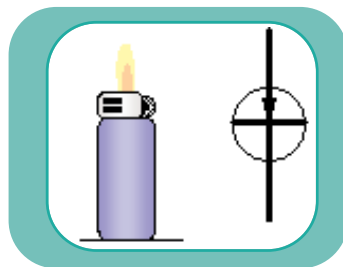


Con una pantalla de cristal líquido de un reloj barato en desuso, se detecta muy fácilmente el campo eléctrico de una línea de media o alta tensión (se ven los trazos de los números).



### Buscapolos electrónico

Con un buscapolos electrónico de diez pesos (que reemplaza equipos que en 1950 valían quince mil dólares) se comprueba la existencia de cargas positivas y negativas. Con ese aparato se puede comprobar cómo el fuego conduce la electricidad y no lo hacen los gases fríos; por eso, cuando una nave espacial regresa a la atmósfera hay unos minutos en los que no hay comunicación posible con Tierra porque el trasbordador está tan aislado como un teléfono inalámbrico envuelto en papel de aluminio. Hay detectores de campo



**Las llamas conducen la corriente eléctrica en un sentido más que en el otro, efecto útil para el control de pilotos de hornos**

electromagnético de dos pesos que emiten destellos de colores cuando reciben las señales de un teléfono celular. El efecto no ocurre si se envuelve el aparato en papel de aluminio, pero el adorno sí destella cuando desenvolvemos el teléfono celular y dejamos que se comunique con su torre.

El mismo buscapolos electrónico sonoro sirve para saber, sin tocarlo, si un lavarropas o una heladera están bien conectados o se omitió, como ocurre con frecuencia, esa saludable conexión a tierra. (Si le falta, el aparato suena como un grillo).

El buscapolos electrónico fulgura, o suena, cuando pasamos debajo de una línea de alta tensión. Sin embargo, la supuesta influencia perniciosa de las líneas de alta tensión y transformadores carece de sustento científico.



## Hamaca electrodinámica

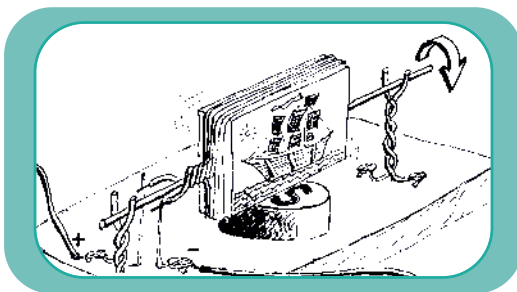
Con una pila se puedan aplicar pulsos de corriente a un par de cables tendidos entre dos mesas y hamacarlos, eso ilustra la acción electrodinámica. Ese experimento demuestra el efecto motor o acción electrodinámica entre corrientes. La corriente influye sobre un imán suspendido y lo hace girar. Con ese efecto se puede construir un motor con una caja de fósforos y diez o veinte vueltas de alambre.



## Motor eléctrico hecho con una caja de fósforos

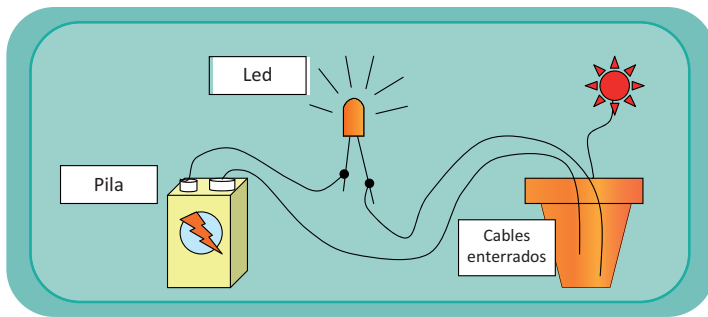
Se enrollan alrededor de la caja unas veinte vueltas de alambre aislado. La rigidez del alambre permite que se quede en su sitio, pero se puede fijar, además, con pegamento. Un alambre grueso oficia de eje. Debajo de la caja, y sin tocarla, hay un imán. Una pila (que no se ve en la figura) hace circular corriente por la bobina; entonces, en ella aparece un campo magnético; el imán

le hace fuerza y la bobina gira. Cuando da media vuelta, la bobina se desconecta y se conecta al revés, entonces el movimiento continúa. En este caso de motor eléctrico, la fuerza que actúa es la que existe entre el campo magnético de la bobina y el campo magnético del imán.



## Indicador de humedad

La existencia de lámparas muy pequeñas, de gran intensidad luminosa y de muy bajo consumo, permiten realizar experimentos más difíciles de hacer con material tradicional, por ejemplo, una sonda para determinar la humedad de la tierra.

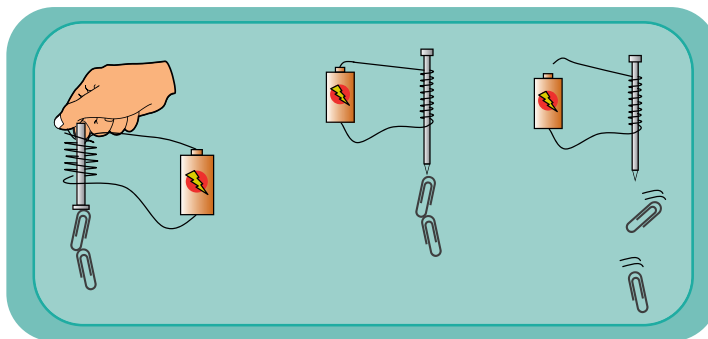


Indicador de humedad para una maceta, hecho con una pila y un diodo luminosos (led: *light emitting diode*)



## Efectos magnéticos de la electricidad

Es conocido, pero llama la atención ver lo sencillo que es construir un electroimán: simplemente se arrolla un cable alrededor de un objeto de hierro.



Demostración de los efectos magnéticos de la electricidad con la ayuda de una pila, alambre, un clavo grueso y clips. El conjunto del clavo y del conductor eléctrico arrollado se llama *electroimán*

## Efectos biológicos de la electricidad

Todos los animales somos eléctricos y los nervios generan (y perciben) tensiones de unos milivoltios. Si recibimos tensiones mucho mayores se podrían paralizar los músculos con graves y, a veces, mortales consecuencias.

El video informa que cuando alguien se electrocuta, no necesariamente aparecen fogonazos ni chispas de potencia, como se suele ver en el lenguaje fílmico, en el que la electrocución se suele representar con chispas y fogonazos; eso es incorrecto; tal escena corresponde, en cambio, a un cortocircuito; no hacen falta las corrientes intensas para producir daño eléctrico o la muerte. Ese error aparece también en filmaciones serias destinadas a la seguridad industrial. En los filmes comerciales, ese truco se hace igual que en nuestro programa, por superposición de escenas. Cuando alguien se electrocuta con 220 ó 380 voltios nada de eso sucede y la dolorosa y, a veces, mortal sacudida es silenciosa y sin ningún efecto visual.

La palabra electrocutar proviene del inglés, *electrocute*, neologismo inventado cerca de 1920

con una síntesis de las palabras *electric* y *execute*. En aquella época se creía que la muerte por choque eléctrico era instantánea e indolora. El uso tan difundido de la electricidad multiplica los riesgos de su empleo inadecuado. El video muestra enchufes de dos y de tres patas; los adaptadores que anulan el efecto protector de la pata central de tierra; y la conveniencia de usar tomas y enchufes con tierra. Se comenta que la prohibición de los adaptadores, lejos de disminuir el riesgo lo aumenta, porque cuando uno no puede comprar un adaptador, lo improvisa. Lo que conviene, entonces, es hacer lo que hace Encuentros: en vez de dar órdenes, dar información para que la gente la use en su beneficio, y en el de la comunidad.



## Efectos magnéticos y térmicos de la electricidad en el filamento de una lámpara

Un experimento breve e ilustrativo es proyectar sobre la pared el filamento de una lámpara con la ayuda de una lupa. Se acerca un imán y se ve cómo el filamento tiembla.

## La injustamente odiada energía nuclear

Las centrales nucleares suelen tener mala prensa,<sup>5</sup> y se las asocia injustamente con la contaminación y el peligro. Pero nada hay de eso; las centrales nucleares argentinas son un modelo mundial de higiene y seguridad. Apenas afectan la visual del entorno; su energía es barata, no embalsan agua que críe caracoles con parásitos u obligue a trasladar pueblos, ni emiten gases con efecto de invernadero. El único problema de esas centrales es que sus residuos sirven para fabricar armas nucleares, que nuestro país jamás hará por compromiso y tradición pacifista; por eso permite de buen grado la vigilancia internacional de los subproductos.



**Smiley Joe Fission (Fisionito),** personaje de Los Simpson que exagera tendenciosamente los beneficios de la energía nuclear

## Cortocircuito

Con la clásica recomendación de que nadie haga eso en su casa, el video muestra los efectos de un cortocircuito generado ex profeso. Todo lo que ocurre es una chispa. La corriente alcanza varios miles de amperes durante muy breve tiempo hasta que actúa la llave termomagnética de protección.

<sup>5</sup> En la serie *Los Simpson* presentan la central nuclear de Springfield dirigida por el despiadado señor Burns, quien se deshace de los residuos radiactivos en árboles huecos (donde viven ardillas que despiden rayos verdes por los ojos para recoger bellotas), o en arroyos donde nadan peces mutantes de tres ojos. El reactor lo controla el irresponsable Homer Simpson. Una música dramática subraya las torres enfriadoras en forma de maniquí, como si sus vapores provinieran de peligrosas y maléficas reacciones, cuando sólo se trata de vapor de agua limpia. Los Estados Unidos son los primeros quemadores de carbón en el mundo, y les resultaría muy caro renunciar a esa forma de energía tan barata para ellos que cuentan con grandes yacimientos. Son reacios a cumplir el acuerdo internacional de disminuir emisiones de dióxido de carbono a la atmósfera; y todo eso, unido a su orgullo nacionalista, converge en una cultura hostil hacia otras formas de energía como la nuclear.

## La Tierra de noche

Hay una imagen muy conocida de la Tierra de noche. Una infinidad de puntos blancos muy finos representa la iluminación artificial nocturna en todas partes del mundo. La imagen se obtuvo de varias fotos tomadas desde satélites (no en todas partes es de noche a la vez y las fotos se deben tomar cuando no hay nubes). Esa figura muestra que el mundo industrializado consume más energía y se ubica, especialmente, en Europa occidental y en el oriente de los Estados Unidos de América. Buenos Aires parece en cambio, en esa figura, una lucecita perdida en el campo. Se destacan Japón e India, muy poblados, y se alcanza a ver el curso del Nilo en el norte de África, bordeado de pobladas ciudades.







## Cuestionario

1. El video muestra cosas que, verdaderamente, ocurren, por ejemplo la visita a una subestación transformadora de energía eléctrica (1<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>); otras cosas que son ciertas pero no suceden ante cámaras, sino que se representan con animaciones, por ejemplo la fusión de un fusible; y se muestran también hechos falsos, como la muerte de una persona al recibir una descarga eléctrica que es, naturalmente, una escena actuada (23<sup>m</sup> 15<sup>s</sup>):

Encuentren otros ejemplos. Señalen, también, casos dudosos, en los que es difícil saber si se usaron escenas reales o actuadas, imágenes reales o dibujos animados y otros trucos del cine y la TV; por ejemplo, el apagón de la autopista (2<sup>m</sup> 10<sup>s</sup>). (R: El apagón es fingido; en uno de verdad las luces se apagan todas a la vez).

2. ¿Qué le sucede a alguien que, por accidente, recibe una descarga eléctrica de 220 V?:
  - a) Se retuerce presa de convulsiones mientras gran cantidad de chispas azules recorre su cuerpo.
  - b) Sufre una sacudida, sus músculos se contraen y, en algunos casos, la persona se puede desvanecer y hasta morir.
  - c) Si hay fusibles o llaves termomagnéticas a modo de protección, a la persona no le sucede nada en absoluto.
  - d) Se produce un fogonazo.
  - e) La persona gira como un motor.
3. ¿Por qué la energía eléctrica se distribuye en 220 V, pero se transporta en 500.000 V cuando la distancia es muy grande?
4. ¿Qué ventajas tiene la corriente alterna, en comparación con la continua?
5. ¿Cómo podríamos economizar energía eléctrica?
6. Averigüen (en Internet o en otras fuentes) cuánta energía eléctrica consumimos por año y por habitante, en promedio, en nuestro país.
7. ¿Qué pasa si, con la ayuda de una pila, se hace pasar corriente por un alambre que se encuentra muy cerca de una brújula? ¿Esta se orienta en la misma dirección que el alambre o en dirección perpendicular?
8. ¿Qué ventajas y desventajas tiene la energía eléctrica obtenida de una presa hidroeléctrica en comparación con la energía proveniente de otras formas de generación?
9. La escena en la que cae un inodoro sobre un coche: ¿es real o ficticia? ¿Qué pretende ilustrar esa parte del video? (10<sup>m</sup> 00<sup>s</sup>)

**10.** ¿Qué inconveniente produce una represa hidroeléctrica que almacena mucha agua y no la deja pasar, porque la guarda para emplearla después? ¿A quiénes perjudicaría esa maniobra: a los de aguas arriba o a los de aguas abajo?

**11.** Se quiere emplear un transformador de 220 V a 12 V para encender diez lámparas de 12 V y 0,1 A cada una. ¿De cuántos watts tiene que ser ese transformador y cuánto vale la corriente que circulará por su bobina primaria? (**R:** el transformador debe ser de al menos 12 W, y la corriente primaria valdrá 55 miliamperes. Estos conceptos se exponen a los 10<sup>m</sup> 00<sup>s</sup> de la proyección).

**12.** Un disyuntor, ¿evita las descargas eléctricas en el cuerpo? (**R:** No las evita, pero hace que duren poco tiempo).

## Referencias

- Cammesa, Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico, Sociedad Anónima, Avenida da. Madero 942, primer piso, C1106ACW, Buenos Aires, (54-11) 4319-3700
- <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=370>
- <http://www.cammesa.com/inicio.nsf/marcomemnet>
- [http://www.yacyreta.org.ar/img/2007/0418/Turbinaaplano\\_1200px.jpg](http://www.yacyreta.org.ar/img/2007/0418/Turbinaaplano_1200px.jpg)
- *Átomo 8*, J.A. Hurrell, M.S. Leschiutta Vázquez, A. Rela, Ediciones SM, Buenos Aires, 2003. Libro para el octavo año de la enseñanza general básica.
- *Átomo 9*, J.A. Hurrell, H. Tignanelli, M.S. Leschiutta Vázquez, A. Rela, Ediciones SM, Buenos Aires, 2003. Libro para el octavo año de la enseñanza general básica.