



## Maletín AULA Solar Fotovoltaica C-1102

### CONTENIDO DEL MALETIN :

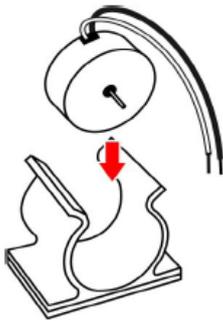
Motores	3 unidades
Células solares fotovoltaicas	12 unidades
Hélices 4 palas Ø52 mm	3 unidades
Soporte motor	3 unidades
Bujes	3 unidades
Tornillos M2 x 5 mm	9 unidades
Pies inclinados	18 unidades
Espumas adhesivas doble cara	20 unidades
Cables con pinzas tipo cocodrilo (colores surtidos)	30 unidades
Cartulinas impresas con dibujos para recortar	6 unidades
LED 5mm, luz roja	3 unidades
LED 5mm, luz verde	3 unidades
LED 5mm, luz amarilla	3 unidades
Resistencias 0,5 W; surtido de valores distintos	61 unidades
Módulo electrónico de pruebas con sonido y luces	1 unidad
Estuche clasificador para componentes pequeños y medianos	1 unidad
Multímetro con puntas de prueba y protector de goma	2 unidades
Luxómetro digital con estuche protector	1 unidad
Pilas 9V 6F22 (incluidas en los instrumentos de medida)	3 unidades
Manual CD	1 unidad
Maletín	1 unidad

## Instrucciones de montaje de las partes

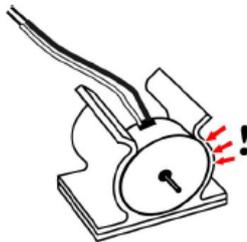
- Siga los siguientes instrucciones paso a paso.
- Manipule los componentes con cuidado para no dañar ninguna pieza.
- Es necesario utilizar las protecciones adecuadas y tomar las precauciones de seguridad necesarias para no dañarse con las herramientas, los cantos vivos o los extremos puntiagudos de los componentes.

### Ensamblaje del motor en el soporte

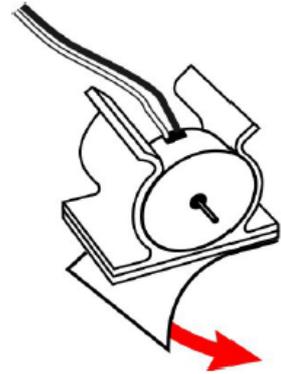
**1)** Inserte a presión el motor en el soporte.  
La salida de los cables por la parte superior.



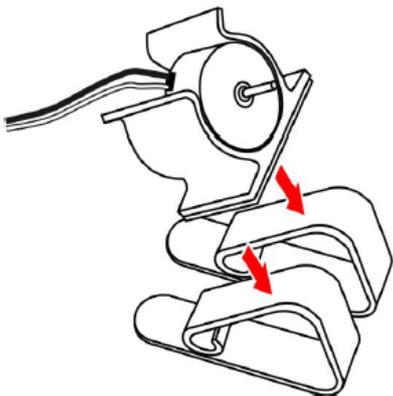
**2)** El frontal del motor ha de quedar a ras del soporte.



**3)** Retire el protector de la almohadilla adhesiva

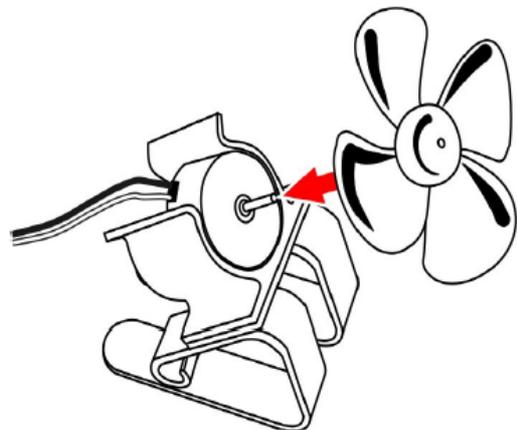


**4)** Fije el motor con su soporte en la parte superior de los pies inclinados



### Ensamblaje de la hélice al grupo motor

**1)** Inserte a presión la hélice en el eje del motor. Verifique que puede girar libremente sin rozar el soporte ni los pies inclinados.



# Célula solar fotovoltaica

## Breve introducción a la energía solar

Los sistemas de energía solar fotovoltaica, aprovechan la energía que recibimos del sol convirtiéndola en electricidad.

Su nombre deriva de la palabra griega Phos (luz) y Volt, en homenaje al físico italiano *Alejandro Volta* pionero en el estudio del fenómeno eléctrico. Literalmente significaría luz-eléctrica, aunque se emplea habitualmente para referirse a las células solares.

El descubrimiento del *efecto fotoeléctrico* se remonta a 1839 por el físico francés Becquerel. La primera célula, con una eficiencia inferior al 1%, la fabricó Fritts en 1883.

Las investigaciones en el siglo XIX de Faraday, Maxwell, Tesla y Hertz y sobretodo las de Einstein en 1905 sentaron las bases teóricas del *efecto fotoeléctrico*, que es el fundamento de la conversión de la energía solar en electricidad.

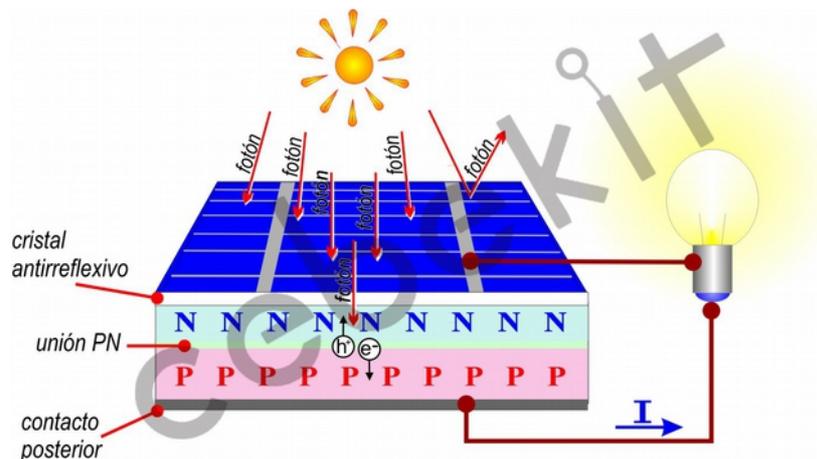
La primera célula comercial de silicio se obtiene en 1954, pero su alto coste y bajo rendimiento (alrededor del 4%) limitaba su uso a ciertas aplicaciones como los satélites artificiales.

Actualmente podemos ofrecer células y módulos solares de alta calidad, larga vida útil, eficiencias superiores al 10%, que en muchos casos superan el 16% y precios económicos, ideales para aplicaciones educativas, industriales y comerciales.

## El efecto fotovoltaico :

Las células solares más habituales son de *Silicio cristalino*. Para ello se parte de un cristal cilíndrico de silicio obtenido por fusión. Dicho cristal se dopa con una pequeña cantidad de impureza que lo convierte en conductor. Si se utiliza *Fósforo*, obtendremos un *cristal n*, conductor de *electrones*. Si se dopa con *Boro*, se obtiene un *cristal p*, conductor de *huecos* o cargas positivas. El cristal cilíndrico se corta en finas *obleas* (wafers), de fracciones de milímetro (0,300 ~ 0,150mm).

Par obtener una *unión p-n*, se usa una *oblea n* y en su superficie se funde *Boro* a alta temperatura, formando una finísima capa tipo *p*.



Cuando un fotón con suficiente energía, procedente de la radiación solar, choca con la unión p-n, se produce un par electrón-hueco. El electrón tenderá a migrar a la región de silicio p. Si conectamos unos hilos conductores a las regiones p y n, la corriente eléctrica producida circulará en el circuito de la aplicación exterior, llamada carga (por ejemplo una lámpara o cualquier otro dispositivo eléctrico o electrónico). Cada célula de silicio cristalino radiada por luz solar produce una tensión de 0,4 ~ 0,5 V.

La diferencia básica entre un sistema de conversión termodinámico y un sistema fotovoltaico, es que no existen partes en movimiento, ni hay circulación de fluidos, ni consumo alguno de materiales, siendo una energía perfectamente limpia y totalmente sostenible, pues el silicio necesario para la fabricación de las células es, después del oxígeno, el material más abundante en la Tierra (27%).

## La radiación solar

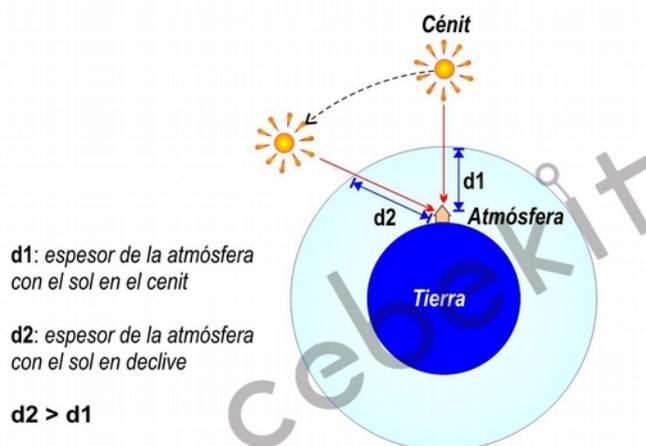
La *radiación solar* es la energía electromagnética emitida por los procesos de fusión del hidrógeno contenido en el sol. Dicha *energía solar* es emitida continuamente por el astro rey en forma de energía radiante.

La *intensidad de la energía solar* que alcanza la Tierra depende de la latitud del lugar, la altura del suelo, la estación del año, la hora del día y las condiciones atmosféricas locales.

Al atravesar la atmósfera y debido a la absorción de las capas de aire, el valor medio de la *constante solar* (radiación extraterrestre) de  $1366 \text{ W/m}^2$  (\*) que encontramos sobre la atmósfera, se reduce a  $1000 \text{ W/m}^2$  al nivel del mar. Por este motivo es preferible recoger la radiación solar en una cima. Téngase también presente que a medida que el Sol de aleja del *cenit* aumenta la absorción atmosférica, ya que aumenta el espesor de la atmósfera atravesada por los rayos.

(\*) Este valor medio varía  $\pm 3,3\%$  dependiendo de la distancia entre la Tierra i el Sol.

El valor  $1000 \text{ W/m}^2$  corresponde a la potencia de la radiación solar, llamada *irradiancia*, sobre una superficie horizontal, con el sol en el *cenit* y la atmósfera completamente transparente. En las zonas Mediterráneas (Pirineo Oriental, Levante Español, Andalucía, etc.) este valor produce una energía máxima de  $2000 \text{ kWh/m}^2$  /año. En zonas septentrionales el valor disminuirá. Una célula fotovoltaica básica producirá alrededor de  $1\sim 1,5 \text{ W}$  al recibir una radiación de  $1000 \text{ W/m}^2$  (en condiciones estándar de radiación). Un módulo fotovoltaico de una superficie aproximada de  $0,5 \text{ m}^2$  pueden suministrar, en condiciones óptimas, alrededor de  $40\sim 50 \text{ W}$ .



## Condiciones standard de medida de la radiación solar

Para tener en cuenta los efectos de la atmósfera, se ha definido el concepto *masa de aire AM* (AM= Air Mass, siglas en inglés).

AM0: Masa de aire fuera de la atmósfera. El valor AM es cero.

AM1: Representa el espesor estándar de la atmósfera atravesado perpendicularmente a la superficie terrestre, y medido al nivel del mar. Con un ángulo de elevación solar de  $90^\circ$ :  $AM = 1$

Si el ángulo es  $42^\circ$ ,  $AM = 1,5$ . En las pruebas de laboratorio de los módulos fotovoltaicos, se toma siempre el valor AM 1,5 para la definición de la potencia nominal.

Como se ha dicho antes, la *intensidad de la radiación solar en el suelo* depende del ángulo de inclinación de la radiación misma: cuanto menor es el ángulo que los rayos del sol forman con una superficie horizontal tanto mayor es el espesor de atmósfera que tienen que atravesar, y por consiguiente llega a la superficie una menor radiación.

La potencia de una célula fotovoltaica varía al variar su temperatura y la radiación. Con el fin de poder comparar los distintos modelos se han establecido unas *condiciones estándar de medida STC* (Standard Test Conditions), que definen el llamado *watt pico (Wp)* referente a la potencia producida por la célula a la temperatura de  $25^\circ\text{C}$ , bajo una *irradiancia* de  $1000 \text{ W/m}^2$  y en condiciones de AM1,5.

## Tecnologías:

La tecnología actual produce diferentes tipos de células solares. Las más habituales para uso comercial son: **Silicio Monocristalino**. Parte de un cristal de muy alta pureza. Su rendimiento es el más alto pero su proceso de fabricación requiere elevada tecnología. Su aspecto es de color oscuro muy uniforme.

**Silicio Policristalino o Multicristalino.** Es una alternativa más económica al Silicio monocristal, su rendimiento es menor. Se distinguen a simple vista la forma de los distintos cristales.

**Silicio Amorfo.** Al no presentar ninguna estructura molecular definida (cristalina), su rendimiento eléctrico y duración es bastante menor que los anteriores. Los paneles resultantes son más económicos pero de mayores dimensiones que los cristalinos de igual potencia. Al ser más ligero, puede ser depositado sobre muy diversos soportes como aluminio, etc., e incluso formar paneles flexibles. Este tipo de células fueron las primeras en fabricarse. Suelen ser de color negro pero algunos fabricantes las fabrican en distintos colores.

Con las técnicas *multicapa* y *multiunión* se están consiguiendo elevadas eficiencias, pero debido a su precio, por ahora, están limitadas a determinadas aplicaciones como las aeroespaciales.

Existen otras tecnologías que utilizan materiales distintos al silicio, como *CIS*, *CIGS*, *CdTe*, *AsGa*, *Bfi*, etc.

### Células, módulos y huertos solares fotovoltaicos

Como hemos visto, la tensión de una célula solar de silicio cristalino es de 0,4~0,5V que es insuficiente para alimentar la mayor parte de dispositivos eléctricos y electrónicos.

Dichas células, igual que los demás generadores eléctricos, se pueden interconectar *en serie*, para aumentar la tensión y/o *en paralelo* para aumentar la intensidad de la corriente, hasta conseguir los valores que necesitemos para nuestra aplicación.

Los fabricantes agrupan varias células iguales en una misma estructura y se comercializan como *módulos o paneles solares fotovoltaicos*.



Módulos fotovoltaicos de silicio cristalino de distintas dimensiones, potencias y formas

Un grupo de módulos también pueden ser conectados entre sí formando un *huerto fotovoltaico*, para lograr la potencia deseada. También suelen instalarse en las azoteas de casas, naves industriales, polideportivos, etc, ya sea para alimentar parcialmente o totalmente dichas instalaciones (sobre todo en edificaciones aisladas, lejos de las líneas de distribución de red eléctrica) o también para volcar la energía generada a la red eléctrica, tras haberla convertido de corriente continua a corriente alterna.

La electricidad generada por los módulos fotovoltaicos, igual como la producida por los aerogeneradores, o los que aprovechan la energía mareomotriz, etc, generan electricidad verde, llamada así por que a diferencia de la producida a partir de la energía nuclear, el carbón, el petróleo o el gas natural, es 100% renovable (inagotable), segura y no contaminante.

## Sistemas fotovoltaicos – Aplicaciones

Excepto en aplicaciones de bombeo de agua y en juguetes, raramente se conectan las células solares directamente a la aplicación. En la mayor parte de sistemas fotovoltaicos se necesita disponer de energía eléctrica incluso en las horas que no hay radiación solar (por la noche) o cuando ésta es baja (días lluviosos o nublados). Por ello el módulo solar se conecta a una batería de 12V (o 24V). La cantidad de módulos empleados determinará la potencia del sistema.

Además de los grandes huertos y techos solares cuyo objetivo es producir electricidad para vender a las compañías distribuidoras, existen tres tipos básicos de sistemas solares fotovoltaicos:

*De servicio.* Se trata de aplicaciones de poca potencia aisladas de la red, como el bombeo de agua para uso sanitario o ganadero, estaciones repetidoras de telefonía o radio, carga de baterías en campings, caravanas, embarcaciones, farolas autónomas, luces de emergencia, señalización de peligro, etc.

*Sistemas domésticos o industriales conectados a la red eléctrica (balance neto).* Suelen tener desde algunos cientos de W, hasta varios kW de potencia. La energía eléctrica producida se convierte a corriente alterna. La energía sobrante que no se consume en la instalación es volcada a la red eléctrica pública y contabilizada con un contador doble que controla la energía que entra y la que sale.

*Sistemas aislados (Stand alone o Off-grid)* para autoconsumo. Son sistemas autónomos ideales para lugares donde no llega la red de distribución eléctrica (chalés, bungalows, refugios, casas aisladas, graneros, establos, autocaravanas, embarcaciones, etc.

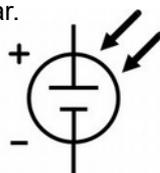
Aplicaciones típicas:

- Centrales conectadas a red para suministro eléctrico.
- Sistemas de autoconsumo fotovoltaico
- Electrificación de pueblos y viviendas en áreas remotas (electrificación rural)
- Suministro eléctrico de instalaciones médicas en áreas rurales
- Iluminación pública de calles, caminos, parques y carreteras
- Farolas en jardines privados
- Corriente eléctrica para cabañas agrícolas y de pastoreo
- Satélites artificiales
- Sistemas de comunicaciones de emergencia
- Estaciones repetidoras de telefonía, televisión y radio
- Estaciones de vigilancia de datos ambientales y calidad del agua
- Faros, boyas y balizas de navegación marítima
- Bombeo para sistemas de riego, agua potable y abrevaderos para la ganadería
- Balizamiento aeronáutico para señalización de antenas y puntos elevados
- Estaciones de desalinización
- Señalización ferroviaria
- Sistemas para la recarga de las baterías de las embarcaciones
- Postes de SOS (teléfonos de emergencia en carretera).
- Parquímetros
- Camping, bungalows, autocaravanas
- Recarga de vehículos eléctricos
- Recargadores portátiles de teléfonos móviles, ordenadores, tabletas, etc
- Calculadoras
- Juguetes

## Célula solar y conceptos básicos

En esencia una célula fotovoltaica no es más que un *diodo*, ya que se trata de una *unión pn*, con la particularidad que su superficie es muy grande comparada con la de los diodos rectificadores, y que al recibir el impacto de los *fotones* procedentes de la *radiación solar* generan una corriente eléctrica..

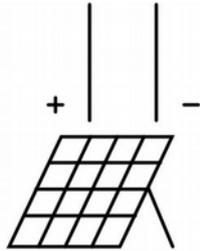
Al tratarse de un generador de electricidad, su símbolo es el mismo de la *pila eléctrica* pero rodeado por un círculo. Las dos flechas representan a los *fotones* de la radiación solar.



Símbolo de la célula solar

Las pilas eléctricas están formadas por un *apilamiento* de varias células, sin embargo muchas veces se emplea el símbolo simplificado. Tanto las células fotovoltaicas, como los pequeños módulos solares formados por pocas células se representan también con el símbolo mostrado arriba.

Los módulos solares formados por 24, 36, 72... células suelen representarse así:



Símbolo del módulo o panel solar

Igual que ocurre al conectar una pila eléctrica, es imprescindible conectar las células fotovoltaicas con la polaridad correcta. Según el fabricante, la polaridad puede estar gravada en la misma célula. Si lleva cables, la polaridad está indicada por los colores de los cables. Los más habituales suelen ser:

**Rojo, blanco, amarillo o marrón = polo positivo**  
**Negro o azul = polo negativo**

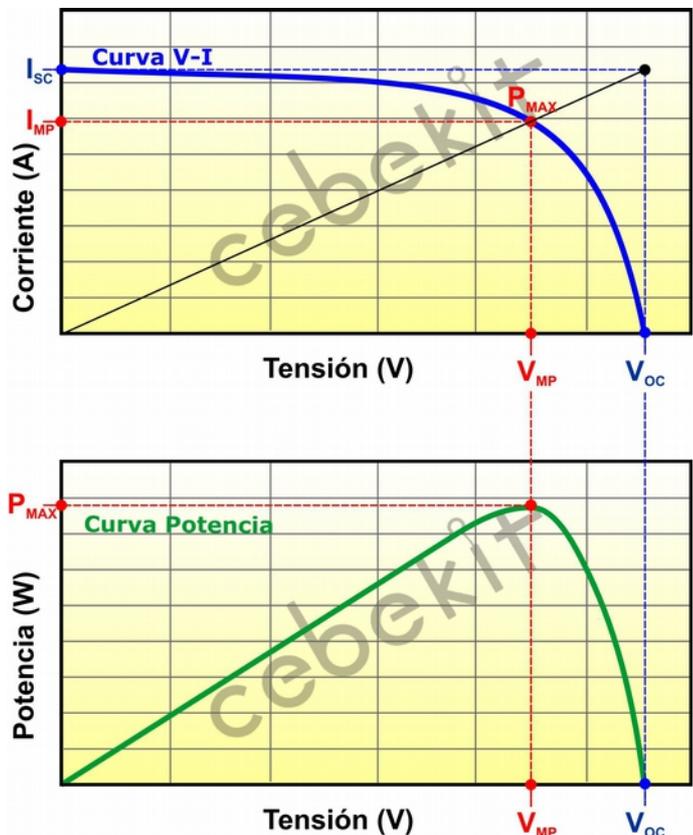
**La característica eléctrica de las células solares**

Las células solares se comportan como un generador de corriente. Su funcionamiento se puede describir por medio de la característica tensión-corriente V-I.

En condiciones de cortocircuito la corriente generada es máxima ( $I_{sc}$ ), mientras que cuando el circuito está abierto la tensión es máxima ( $V_{oc}$ ). Tanto en condiciones de circuito abierto como de cortocircuito la potencia disponible será nula, pues el resultado de la fórmula de la potencia:

$$P = V \cdot I$$

en ambos casos dará cero. En el primer caso porque será nula la corriente y en el segundo lo será la tensión.



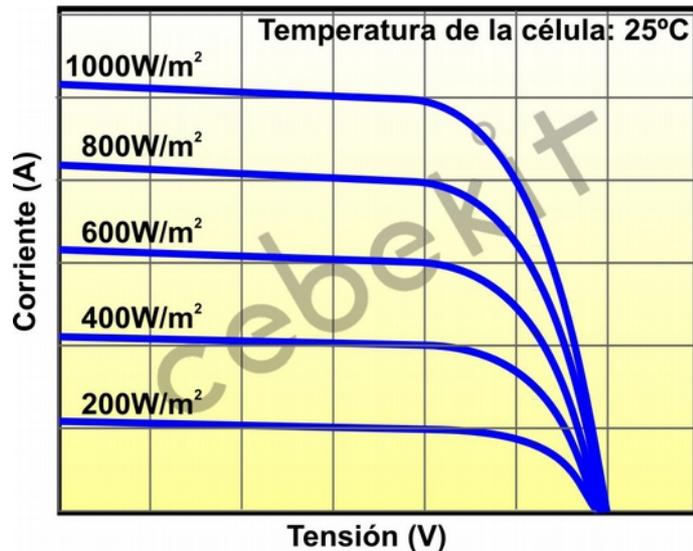
En los otros puntos de la característica V-I, al aumentar la tensión aumenta la potencia, hasta alcanzar su valor máximo y disminuyendo bruscamente al aproximarse al valor Voc.

Ésta es la fórmula de la potencia máxima:

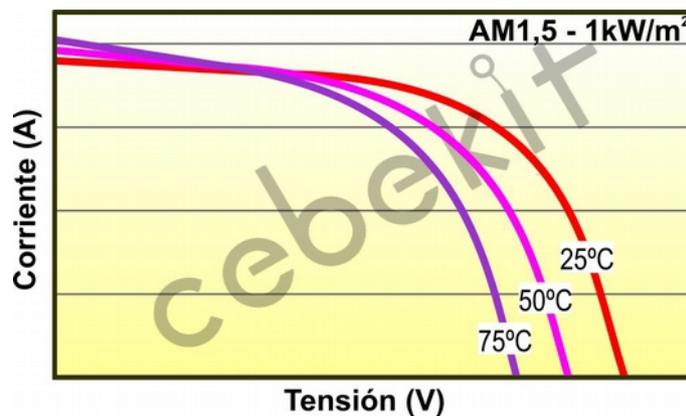
$$P_{MAX} = V_{MP} \cdot I_{MP}$$

La característica V-I depende de tres variables fundamentales:

- La intensidad de la radiación solar. Sólo afecta a la corriente pero no a la Voc



- La temperatura. Al aumentar disminuye la tensión Voc



- La superficie de la célula. No influye en la tensión, pero a mayor superficie mayor corriente de salida y por lo tanto, mayor potencia.

## TONC

El concepto *TONC* (Temperatura de Operación Nominal de la Célula) aparece en muchas hojas de datos de módulos solares y se refiere a la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup> con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20 °C y la velocidad del viento de 1 m/s.

## Módulo solar C-0137

Células solares fotovoltaicas miniaturizadas y de alto rendimiento. Son ideales para prácticas en el aula de tecnología, electricidad, electrónica, manualidades, robótica y para cualquier tipo de montaje que precise una célula de tamaño muy reducido y altas prestaciones.

Consulte en nuestro catálogo los diversos motores solares especiales que pueden ser accionados directamente por estas células.

Montaje e instalación. Para la fijación de la célula se recomienda usar cinta adhesiva de doble cara en el dorso. Preferiblemente una cinta con base esponjosa.

La célula debe situarse encarada a los rayos solares directos. Su rendimiento depende de la iluminación recibida.

Puede funcionar en el interior, si se ilumina la célula con una lámpara de incandescencia, preferiblemente halógena. No es adecuada para iluminación de tubos fluorescentes o lámparas fluorescentes compactas.

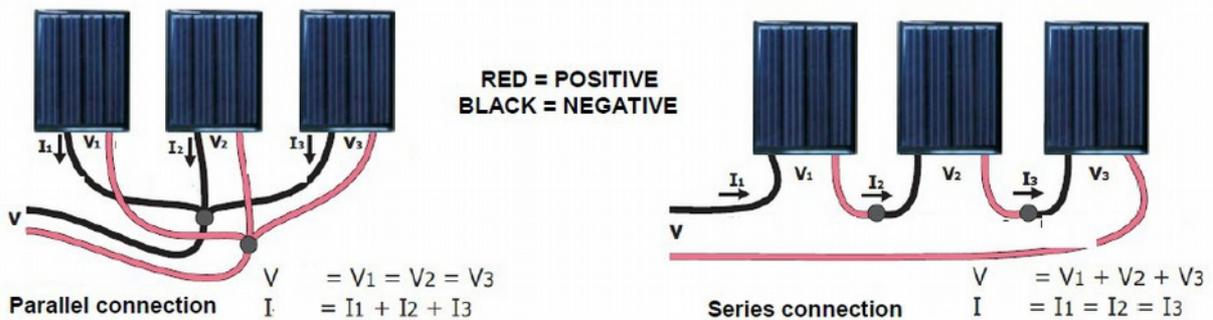
Conexión. Las células fotovoltaicas pueden agruparse en montajes "serie", "Paralelo" y "mixto".

Al conectar dos o más células iguales en serie, la tensión resultante será la suma de todas ellas y la intensidad de la corriente será la misma para todas.

Al conectar dos o más células iguales en paralelo, la tensión será la misma para todas, siendo la intensidad de la corriente resultante igual a la suma de todas las intensidades.

Mediante conexiones serie, paralelo o mixtas es posible obtener las tensión y corriente que precisemos.

Es muy importante respetar la polaridad que se indica en los esquemas.



## LED

LED es el acrónimo de su nombre en inglés Light Emitting Diode (diodo emisor de luz) .

Se trata de un dispositivo semiconductor que emite luz de espectro reducido (mono-color) cuando se polariza de forma directa la unión PN y es atravesada por una corriente eléctrica.

El color de la luz emitida depende del material semiconductor empleado en la fabricación del diodo.

Actualmente existen muchos formatos y tipos de encapsulados de los LED. Los que se usan en este kit son conocidos como LED redondos Ø5mm.

La cápsula que recubre el LED es de resina de plástico y puede ser difusa o transparente según el efecto de luz deseado. El color del plástico solamente sirve para diferenciarlos cuando están apagados, no influye en la luz emitida.



Símbolo del LED

## Historia:

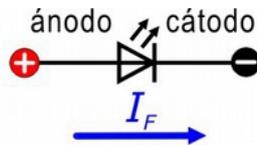
El experimentador británico y pionero de la radio Henry Joseph Round descubrió el fenómeno de la electro-luminiscencia en 1907.

El científico e inventor ruso Oleg Vladimírovich Lósev publicó en 1927 el primer estudio divulgativo sobre los LED. En el período 1924-1941, publicó una serie de artículos explicando las funciones del dispositivo que él mismo había desarrollado.

Se considera al profesor norteamericano Nick Holonyak, Jr. el padre del LED actual, pues en 1962 publicó junto a S. F. Bevacqua, el anuncio de la creación del primer LED que emitía luz en el espectro visible. En 1963 predijo, casi con 50 años de antelación, que a medida que sus LED mejorasen en calidad y eficiencia sustituirían a las lámparas incandescentes de T. A. Edison.

## Identificación de los terminales:

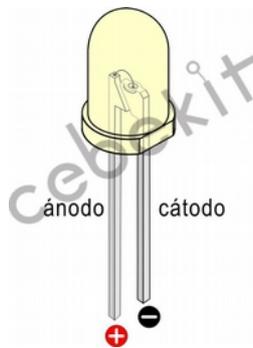
Como el LED es un diodo, sus terminales son *ánodo* y *cátodo*. Es necesario polarizarlos correctamente para que el diodo conduzca la corriente y emita luz. Para ello hay que aplicar el *polo positivo al ánodo* y el *polo negativo al cátodo*.



### Sentido de la corriente

El *cátodo* se distingue por ser el terminal más *corto* y por estar junto a la *cara plana* del reborde de la cápsula. Si miramos al interior de la cápsula veremos que el cátodo presenta un tamaño mucho mayor que el ánodo y es donde se ubica la unión PN.

También podemos identificar los terminales del LED usando el multímetro, en la posición "prueba de diodos". Al conectar el terminal positivo del multímetro al ánodo y el negativo al cátodo, la pantalla marcará un determinado valor durante unos instantes. Si lo conectamos al revés marcará infinito. Si la luz ambiental no es muy alta también podremos observar que el led conectado correctamente al multímetro emite una débil luz, debida a la corriente de prueba.



## Parámetros eléctricos:

El diodo LED solo funciona al ser conectado en sentido directo con corriente continua. Es necesario calcular la corriente que atravesará el LED para obtener una correcta intensidad luminosa sin destruir el LED. Veamos las características de las fichas técnicas que pueden interesarnos para el cálculo del montaje:

### Valores máximos absolutos:

**$P_{AD}$  Potencia máxima absoluta:** Es el límite de potencia que puede disipar el LED sin destruirse. Para calcular la potencia que disipará nuestro LED aplicaremos esta fórmula

$$P_{AD} = V_F \cdot I_F$$

**$V_R$  Tensión inversa:** Es la máxima tensión que puede soportar el LED en sentido inverso, es decir aplicando el positivo al cátodo y el negativo al ánodo. Un error en la polaridad con una tensión superior destruirá inmediatamente el LED.

**$I_{AF}$  Corriente directa máxima:** Nunca debemos sobrepasar este valor, a partir del cual el LED se destruye. Si la fuente puede suministrar una corriente superior, deberemos limitarla intercalando una resistencia en serie.

### Características electro-ópticas:

**$V_F$  Tensión directa:** Es la caída de tensión que provoca el LED al ser atravesado por la corriente de prueba que se indica ( en este caso  $I_F = 20 \text{ mA}$ ). Existe un valor típico y un valor máximo. Usaremos el valor  $V_F$  de la ficha para el cálculo de la potencia y de la posible resistencia limitadora.

El resto de datos electro-ópticos se indican bajo unas determinadas condiciones de prueba (en este caso  $I_F = 20 \text{ mA}$ ) y destacamos los siguientes:

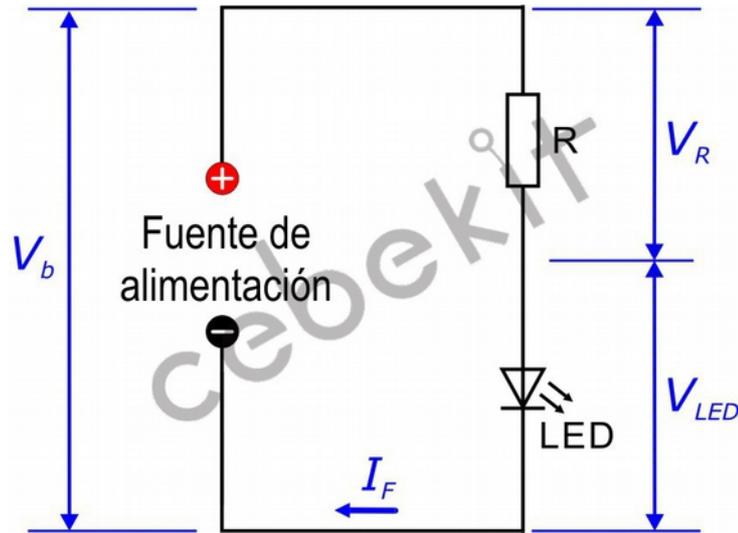
$\lambda_D$  : **Longitud de onda dominante:** se mide en *nanometros* (nm) y se refiere al color de la luz emitida.

**2 $\theta$ /2** : **Angulo de intensidad media:** se mide en *grados* e indica el ángulo de abertura del haz de luz. Para mayor comprensión ver la curva *angulo de visión*, de la página siguiente de la ficha.

$I_v$  : **Intensidad luminosa:** su unidad es el *lumen* (lm) y se refiere al nivel de luz emitido por el LED.

### Cálculo de la resistencia limitadora:

Como se ha indicado anteriormente debemos proteger el LED de una corriente superior a la máxima admitida usando una resistencia limitadora "R" que conectaremos en serie. Ver el esquema básico de un LED conectado a una fuente de alimentación cualquiera.



En este esquema se cumple que:

$$V_b = V_R + V_{LED}$$

Por lo tanto la tensión en bornes de la resistencia será:

$$V_R = V_b - V_{LED}$$

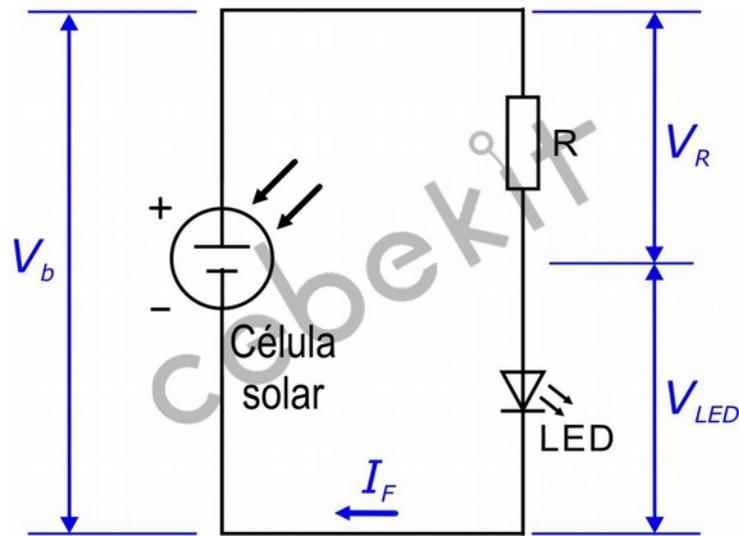
Aplicando la Ley de Ohm podemos calcular el valor de la resistencia:

$$R = \frac{V_R}{I_F}$$

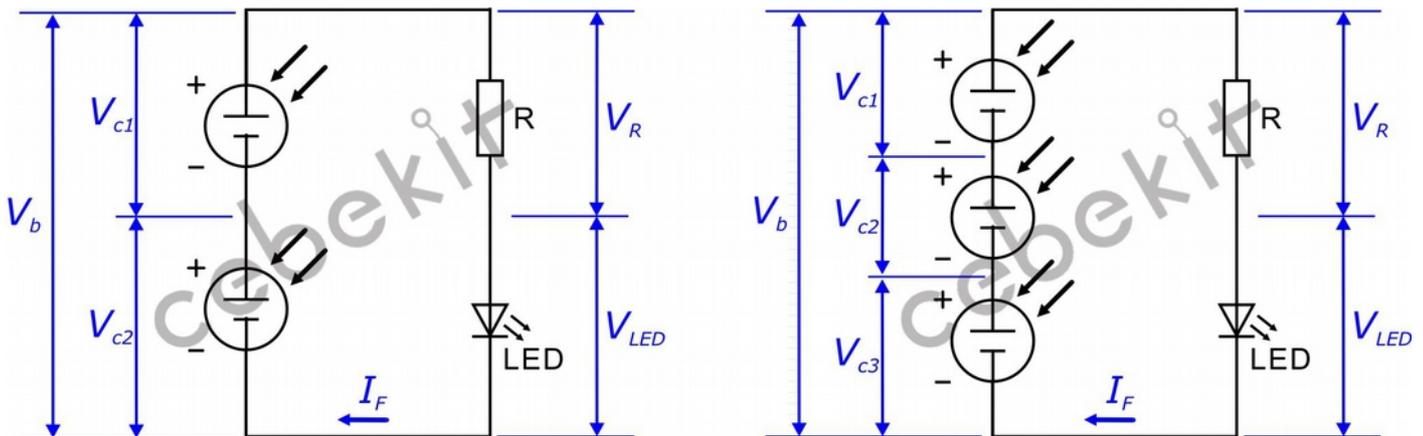
Esta sería la fórmula adaptada a nuestra aplicación

$$R = \frac{V_b - V_{LED}}{I_F}$$

En nuestro caso, la fuente de alimentación serán células solares fotovoltaicas.



Si necesitamos una tensión mayor para encender el LED, podemos ir conectando tantas células solares en serie como sean necesarias:



**Datos para el cálculo de la fórmula:**

$$R = \frac{V_b - V_{LED}}{I_F}$$

**V<sub>b</sub>** : será el resultado de la suma de la tensiones de todas las células conectadas en serie

**V<sub>LED</sub>** : tomaremos el valor (típico) de la ficha del LED correspondiente

**I<sub>F</sub>** : el brillo del LED dependerá de este valor, pero sabemos que no debemos superar en ningún caso el *valor máximo absoluto (IAF)* de 30mA indicado en la ficha. Lo ideal es tomar 20mA, que es el valor de referencia en los datos de la ficha. En el caso de usar un valor inferior (por ejemplo 10mA) el LED funcionará igualmente pero con menos brillo.

**Potencias :**

No se debe superar la *potencia máxima* ( $P_{AD}$ ) que puede disipar el LED. Podemos verificarlo aplicando la fórmula de la potencia:

$$P_{AD} = V_{LED} \cdot I_F$$

Para calcular la potencia de la resistencia de drenaje aplicaremos la fórmula:

$$P_R = R \cdot I_F^2$$

**Resistencias :**

La unidad de resistencia eléctrica es el ohm y se refiere a la resistencia de un conductor que al aplicarle una tensión de 1 V (*volt*) circula una corriente de 1 A (*ampere*).

Los valores de las resistencias están normalizados y siguen diferentes series.

Estos son los valores base de la serie E12, que es la más corriente. Multiplicando por 10<sup>-2</sup>; 10<sup>-1</sup>; 10; 10<sup>2</sup>; 10<sup>3</sup> y 10<sup>4</sup> se obtienen los valores derivados.

Serie E12: 100 – 120 – 150 – 180 – 220 – 270 – 330 – 390 – 470 – 560 – 680 – 820 Tolerancia: 10%

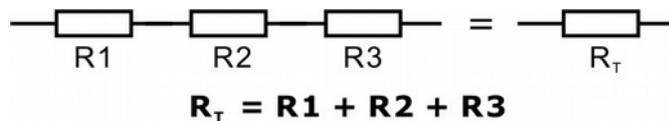
Existen otras series de mayor precisión, como la E24 (5%), E48 (2%), E96 (1%) y E192 con valores intermedios, pero tal precisión no es necesaria para muchas aplicaciones como las de este kit.

Cuando calculemos un determinado valor deberemos adaptarlo al valor normalizado más cercano. Si por ejemplo el resultado del cálculo es 940 ohm, usaremos una resistencia de 1000 ohm (suele indicarse 1k ohm)

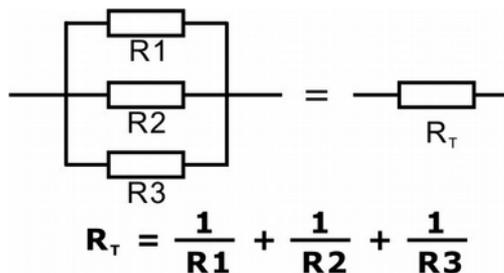
Cuando no dispongamos de un determinado valor podemos combinar distintas resistencias en *serie*, *paralelo* o simultáneamente en serie y paralelo.

**Resistencias en serie:**

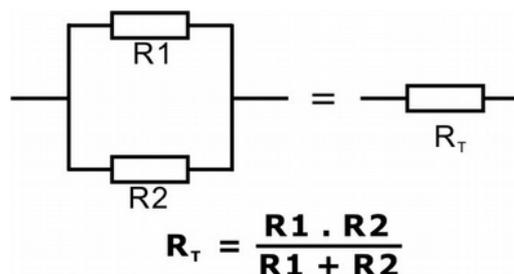
Se suman todos los valores

**Resistencias en paralelo:**

Se suman los inversos de todos los valores



En el caso concreto de dos resistencias en paralelo podemos usar la fórmula abreviada:



## El efecto fotovoltaico

Actualmente las células solares más habituales son de silicio.

Para fabricarlas se parte de un cristal cilíndrico de silicio obtenido por fusión. Este cristal se dopa con una pequeña cantidad de impurezas que lo convierten en conductor de la electricidad. Si se dopa con fósforo se obtiene un cristal "n" (conductor de electrones). Si se dopa con boro, se obtiene un cristal "p" (conductor de "huecos" o cargas positivas). El cristal se corta en obleas muy finas de fracciones de milímetro.

Para fabricar una célula solar con "unión p-n", se usa una oblea "n" y en su superficie se funde boro a alta temperatura, logrando una fina capa "p". Esta es la cara que será expuesta a la radiación solar.

Cuando un "fotón" (partícula elemental de la luz) de la radiación solar choca con la "unión p-n", se genera un par "electrón-hueco". El electrón tenderá a desplazarse hacia la región de silicio "p". Si conectamos unos hilos conductores en las regiones "p" y "n", la corriente eléctrica producida circulará a través de la aplicación eléctrica que conectemos en el exterior ( un motor, una bombilla, un LED, etc... ).

El sistema fotovoltaico se caracteriza por no tener ninguna pieza mecánica en movimiento, ni circulación de fluidos, ni consumo alguno de combustible, siendo pues una energía limpia y totalmente sostenible. El silicio necesario para la fabricación de las células fotovoltaicas es, después del oxígeno, el material más abundante en la Tierra.

## Las radiaciones solares

La energía solar es emitida continuamente por el sol en forma de energía radiante. El nivel de radiación solar recibido en la atmósfera de la Tierra es de 1353 W por metro cuadrado. Al atravesar la atmósfera, y debido a la absorción de las capas de aire que la forman, la máxima radiación solar que podemos medir en la Tierra al nivel del mar, con un cielo totalmente despejado y cuando el sol está en el punto más alto, es de 1000 W/m<sup>2</sup>. Cuanto más nos acercamos al ecuador de la Tierra, mayor es la radiación solar, ya que los rayos solares llegan más perpendiculares y han de atravesar menos capas de aire.

## Células, módulos y campos fotovoltaicos

La célula fotovoltaica es el elemento básico de una instalación solar. La tensión producida por una sola célula solamente es apta para pequeñas aplicaciones muy básicas. Si interconectamos muchas células iguales en una misma estructura tendremos un módulo solar fotovoltaico. La mayor parte de módulos constan de 36 células. También los módulos pueden ser conectados entre sí formando un campo fotovoltaico y así lograr la potencia deseada. Es lo que podemos ver en tejados de casas o chalés, en azoteas de fábricas o grandes edificios, y en las grandes instalaciones de los "huertos solares", que en realidad son grandes centrales eléctricas de producción de energía llamada "verde", debido a que su producción se basa en la energía solar que no contamina, ni se agota. Las células solares suelen ser selladas con resina transparente, para protegerlas de la humedad y la contaminación. Los módulos solares suelen ir montados en un bastidor de aluminio y protegidos frontalmente con un cristal pretensado, antireflejante.

## Instalación y mantenimiento

Es imprescindible elegir adecuadamente donde va a instalarse cada módulo solar. De ello dependerá el rendimiento del sistema. El panel debe estar encarado al sol el mayor tiempo posible. La mejor situación es mirando a mediodía (el sur en el hemisferio norte). Otra consideración importante es que no se vea afectado por la proyección de ninguna sombra de edificios, árboles u otros elementos próximos.

El único mantenimiento necesario es retirar las posibles hojas o suciedad depositados en el frontal, ya que pueden reducir la superficie de captación de energía. Las pequeñas células se limpiarán con un paño suave y seco.

## Montaje del grupo motor

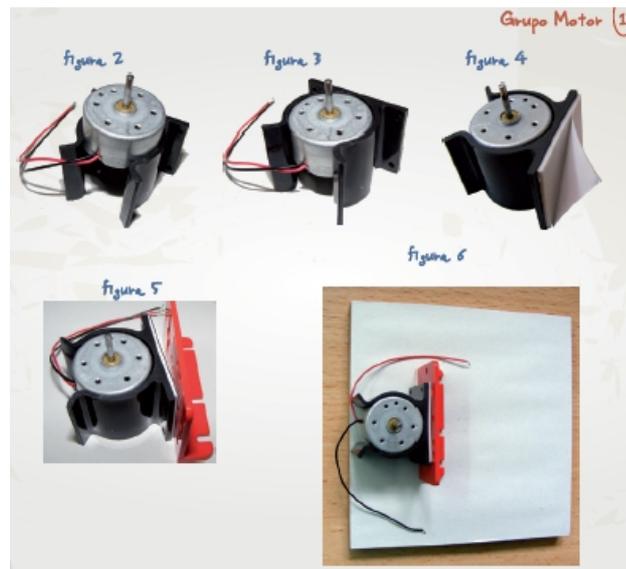
Introduce el motor en su soporte entrándolo a presión, pero cuidando que los cables queden en la parte abierta de la pinza (fig. 2).

El motor debe quedar enrasado al soporte por el dado de la salida del eje (fig. 3).

Ahora deberás fijar este conjunto a la escuadra de montaje, para ello debes pegar una almohadilla centrada en la base estrecha de la escuadra. Retira la lámina protectora del adhesivo del soporte del motor (fig.4).

Apoya la escuadra en una superficie plana sobre su base estrecha, haz lo mismo con el motor y únelos (fig. 5).

Retira la lámina protectora de la almohadilla de la parte inferior de la escuadra y fija el conjunto motor en el centro de uno de los laterales de la base (fig. 6).

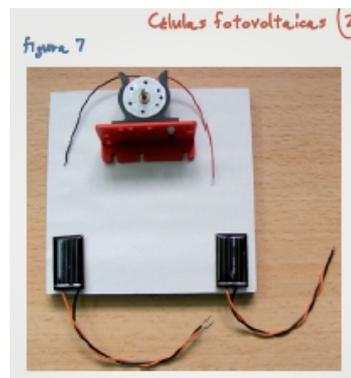


### Montaje de las células fotovoltaicas

Pega una almohadilla adhesiva en la parte posterior de cada una de las dos células fotovoltaicas.

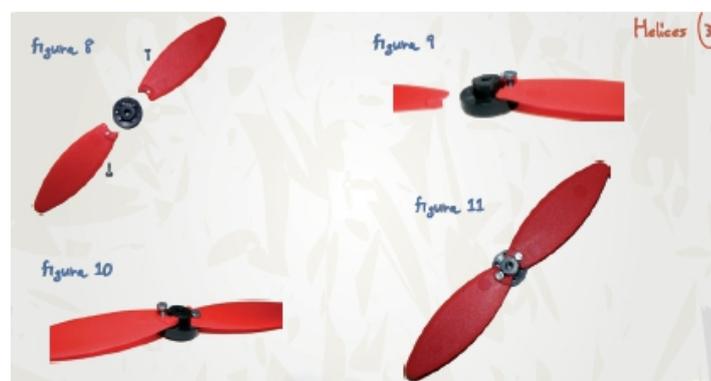
Retira las lámina protectoras y fija las células en las esquinas opuestas al motor (fig. 7).

Las células se montan alejadas del motor, para que al girar las palas de la hélice no hagan sombra sobre las células.



### Montaje de las hélices

Localiza las piezas nº 5, 6 y 7 (fig.8). Coloca la pala sobre el buje en la posición que muestra la imagen y fíjala con un tornillo M2 (fig. 9). A continuación fija la otra pala (fig.10). Una vez montadas las palas deben quedar perfectamente alineadas (fig.11).



## Montaje de las figuras de cartulina

Atención, los niños deberán realizar las siguientes operaciones bajo la atenta vigilancia de una persona adulta y usar tijeras adecuadas para niños.

Elige la figura que desees montar en el buje rotor. Recorta la cartulina con cuidado (fig. 12).

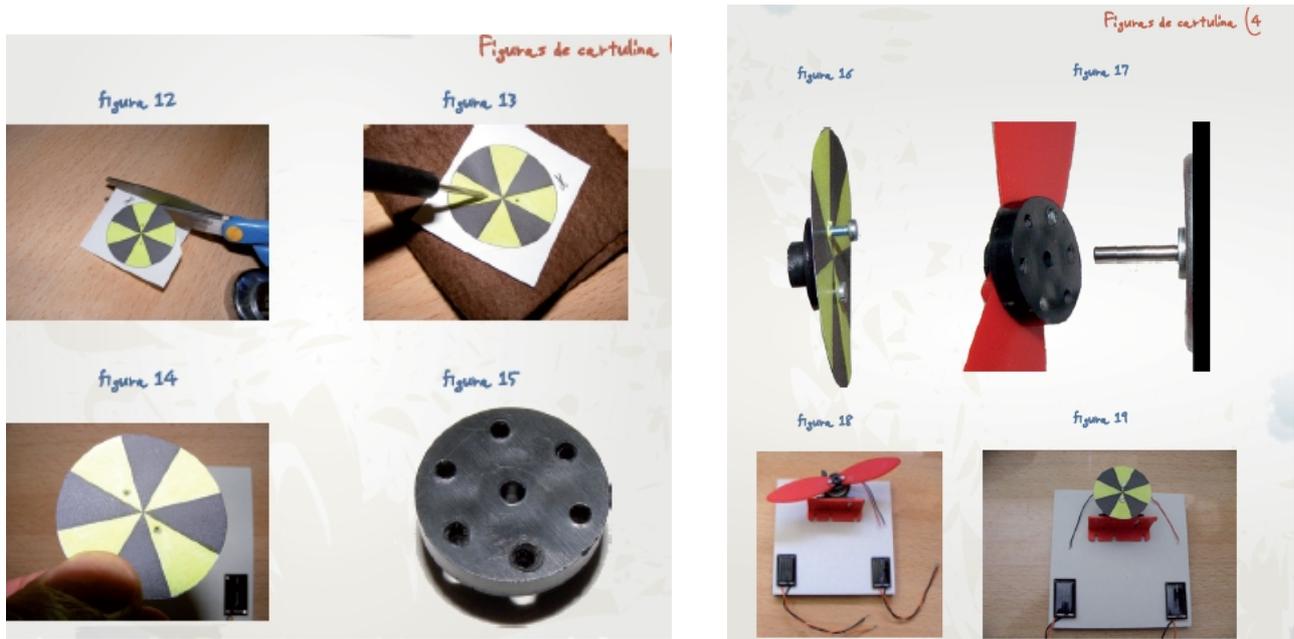
Coloca la figura recortada sobre una almohadilla de punzón, un fieltro o un paño doblado, y con la ayuda de un punzón, un palillo o similar, "pincha" con cuidado los dos puntos marcados en el dibujo, para abrir los dos agujeros por donde deberán pasar los tornillos de fijación (fig. 13 y 14).

Coloca el buje con la cara plana arriba (fig 15).

Pon la figura recortada encima del buje y fíjala a través de los dos agujeros mediante los dos tornillos M2 (fig. 16).

Este sistema permite poder intercambiar las figuras o las palas, según desees. Puedes realizar tus propios diseños sobre una cartulina y luego colorearlas a tu gusto, recortarlas y fijarlas al buje rotor con los dos tornillos M2 del kit.

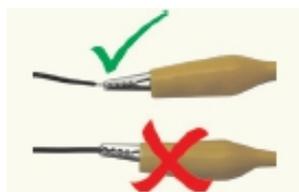
Para montar el buje rotor en el motor debes insertarlo a presión en el eje del motor (fig. 17, 18 y 19).



Ya tienes preparado tu propio laboratorio fotovoltaico. Cuando luzca el sol podrás experimentar con la energía solar.

## Consideraciones previas

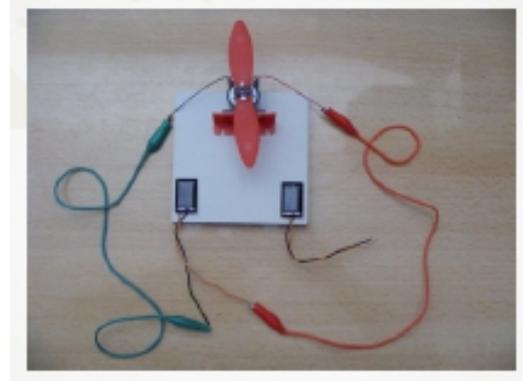
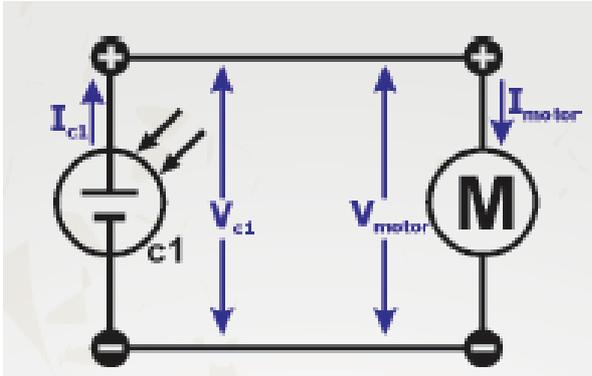
Los experimentos que se indican a continuación pretenden demostrar cómo las células fotovoltaicas generan electricidad al recibir la luz solar. Aprenderás de una forma divertida y entretenida diferentes maneras de conectarlas. Para realizar las conexiones y poder efectuar los cambios de manera sencilla y rápida deberás usar los cables flexibles equipados con pinzas tipo cocodrilo que contiene el kit. Presta atención que la pinza haga buen contacto con el conductor del cable y no quede pinzando la funda de plástico aislante.



Los experimentos sólo funcionarán correctamente cuando las células estén bajo la luz directa del sol. Incluso en días soleados o semi soleados, los resultados de los experimentos pueden variar notablemente según el nivel de radiación solar de cada momento. Los días nublados podrás realizar experimentos en la clase o en casa si iluminas las células con una lámpara equipada de una bombilla halógena de 100W, o quizás incluso 50W, pruébalo. Según el experimento, deberás montar en el motor el buje rotor solo, la hélice con 1 o 2 palas o las diferentes cartulinas con dibujos impresos del kit o incluso podrás poner tus propios diseños.

## Práctica 1 - Motor conectado a 1 célula solar

Para poder visualizar correctamente si el motor está girando será necesario insertar el buje rotor en el eje del motor. Usa los cables con pinzas cocodrilo para realizar las conexiones. Conecta el cable rojo (polo positivo) de una de las dos células, al cable rojo del motor y el cable negro (polo negativo) de la misma célula, al cable negro del motor. Coloca tu laboratorio solar bajo al sol directo.



### ¿Qué ocurre?

Si la célula recibe suficiente radiación solar, el motor girará.

### ¿Por qué?

La célula solar genera corriente eléctrica cuando recibe radiación solar de nivel suficiente. La tensión generada por la célula es de 0,5 ~ 1 V (según el nivel de luz recibido). El sensible motor de este kit arranca a partir de 0,5V aproximadamente, siempre y cuando la célula pueda suministrarle unos 25 mA de corriente continua. Si el motor tuviera la hélice u otro artilugio montado necesitaría más energía para arrancar.

## Propuesta de experimentos para realizar en la misma instalación

### Práctica 2

Pon tu laboratorio solar bajo el sol directo y observa como gira el motor.

Con la mano abierta a unos 50cm de distancia de la célula conectada, intenta que la sombra de tu mano se proyecte sobre la célula, tapándole la luz solar directa.

### ¿Por qué?

Al no recibir suficiente energía solar, la célula no puede producir la electricidad necesaria para que funcione el motor.

Repite la misma acción anterior pero con los dedos de la mano muy separados. Coloca la mano a la distancia adecuada para que la sombra de un dedo tape la luz de la célula. Mueve ahora lentamente la mano bajo el sol, de forma que la célula reciba momentos de sol y momentos de sombra. Observa y saca tus propias conclusiones.

### Práctica 3

Sigue las indicaciones del montaje de la hélice (ver apartado Montaje, punto 3). Una vez montada insertela en el motor. Pon ahora la célula bajo al sol directo.

### ¿Qué ocurre?

Si la célula recibe suficiente radiación solar, el motor girará. Seguramente la velocidad del motor será menor o le costará arrancar.

### ¿Por qué?

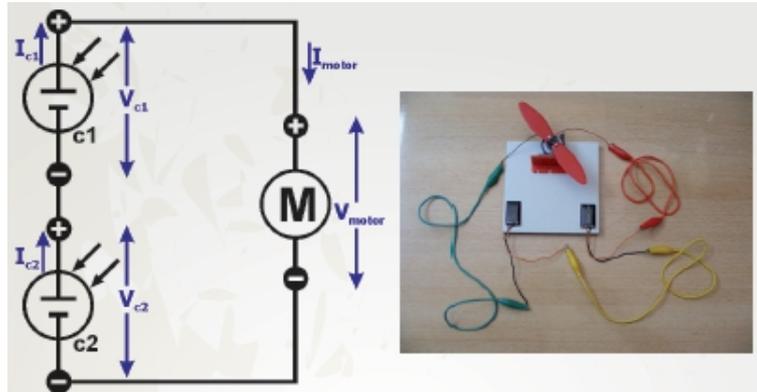
La hélice representa una carga para el motor, su peso y el rozamiento con el aire al girar exigen al motor más energía que en el experimento nº1. Según el nivel de radiación solar que tengas la célula no podrá generar la energía suficiente para impulsar el motor.

### Práctica 4

Retira una de las palas de la hélice. Observa lo que ocurre y piensa cual puede ser la causa que lo provoca.

## Práctica 5 - Motor conectado a 2 células solares en serie

Usa un cable con pinzas cocodrilo para conectar el cable rojo (polo positivo) de una de las dos células, al cable rojo del motor. Con otro cable con pinzas conecta el cable negro (polo negativo) de la misma célula al cable rojo de la segunda célula. El cable negro de la segunda célula debes conectarlo con el tercer cable con pinzas al cable negro del motor. Instala la hélice en el motor Pon las células bajo el sol directo.



### ¿Que ocurre?

Si las células reciben suficiente radiación solar, el motor girará pero más rápido que en el caso anterior.

### ¿Por qué?

Al conectar las dos células "en serie", la tensión que recibe el motor es la suma de la tensión de cada una de las células. Como las dos células son iguales, la tensión del motor en este montaje es el doble de la que recibía en el experimento num.3

$$V_{\text{motor}} = V_{c1} + V_{c2}$$

Por otro lado, en una conexión "serie", la intensidad de la corriente que circulará por el motor será la misma que circulará por cada una de las células.

$$I_{\text{motor}} = I_{c1} = I_{c2}$$

Con una buena radiación solar y si el motor lo requiere, estas células pueden suministrar hasta unos 70 mA aproximadamente.

## Propuesta de experimentos para realizar en la misma instalación

### Práctica 6

Retira una de las palas de la hélice y compara los resultados con el experimento num. 4

Retira las palas y compáralo con el buje rotor solo. ¿Gira más aprisa? ¿Por qué?

Puedes substituir la hélice por las cartulinas con dibujos y observa los distintos resultados y compáralos.

Cuando montes la cartulina con el dibujo recortado de la hélice de tres palas, prueba primero con las palas planas, luego con las palas inclinadas hacia la izquierda y luego inclinadas hacia la derecha.

Intenta sacar tus propias conclusiones.

### Práctica 7

Debes partir de la instalación del experimento num. 5.

Cuando la hayas probado y observado bien, aparta tu laboratorio fotovoltaico del sol para que las células no produzcan electricidad (si lo prefieres cubre las células con un cartón opaco o una tela gruesa). Ahora desconecta las pinzas cocodrilo que están conectadas a los dos cables del motor y conéctalas como sigue:

El cable rojo (polo positivo) que está libre de la primera célula debes conectarla ahora al cable negro del motor y el cable negro de la segunda célula (polo negativo) debes conectarlo al cable rojo del motor.

Pon las células bajo el sol directo.

### ¿Qué ocurre?

Observa con detalle si algo ha cambiado.

### ¿Por qué?

El motor girará según el sentido de las manecillas del reloj (sentido horario) cuando el cable rojo (polo positivo del motor) esté conectado al polo positivo del sistema de alimentación, en nuestro caso la célula.

El motor girará en sentido anti-horario al invertir la polaridad (intercambiando los cables del motor).

## Práctica 8

Debes partir de la instalación del ejercicio num. 5, es decir que el motor esté conectado con la polaridad correcta. Pon el montaje bajo el sol directo para que gire el motor.

¿Cómo se comporta la hélice, como un ventilador o como un extractor? Podrás observarlo bien soltando trocitos pequeños de papel muy fino sobre las hélices que giran.

¿Qué ocurre si inviertes la polaridad como hiciste en el experimento num. 7?

Cuando hayas observado bien lo que sucede, retira el montaje del sol (o cubre las células con un cartón opaco o tela gruesa) para que las células no produzcan electricidad. Ahora desatornilla las dos palas y vuelve a montarlas boca abajo, o si lo prefieres, saca la hélice del eje e insertarla al revés.

### ¿Qué ocurre ahora?

Observa bien, piensa y saca tus propias conclusiones.

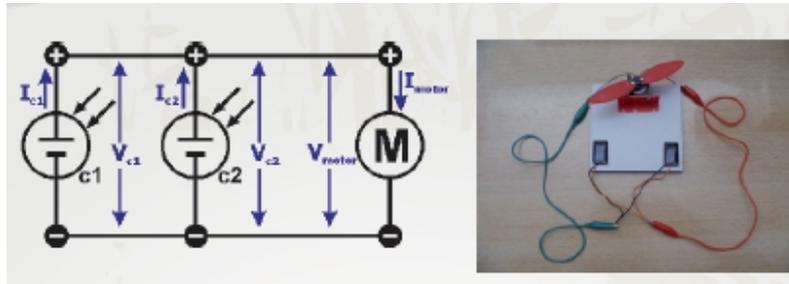
## Práctica 9 - Motor conectado a 2 células solares en paralelo

Une los cables rojos (polos positivos) de las dos células con una de las pinzas cocodrilo de uno de los cables. La pinza cocodrilo del otro extremo de este cable debes conectarla al cable rojo del motor.

Ahora con otro cable con pinzas cocodrilo, haz lo mismo con los polos negativos de las células y el cable negro del motor.

Acabas de realizar una conexión “en paralelo”, en este tipo de conexión todos los polos iguales van unidos (positivos con positivos y negativos con negativos).

Instala la hélice en el motor. Pon las células bajo el sol directo.



### ¿Qué ocurre?

¿El motor gira más rápido que con una sola célula (experimento 1)? ¿Gira más rápido que con las dos células conectadas en serie?

Retira una pala de la hélice. ¿Funciona mejor o peor que en el experimento 4? ¿Y respecto al experimento num. 6?

Substituye la hélice por las distintas cartulinas y compara los resultados con los de los mismos experimentos realizados con las células conectadas en serie.

### ¿Por qué?

La conexión “en paralelo” solo puede realizarse con células que tengan la misma tensión. Al conectarlas “en paralelo” todas las tensiones se igualan y el motor recibe esta misma tensión de salida de las células, por lo tanto el motor recibe la misma tensión que en el primer experimento que hiciste con una sola célula.

$$V_{\text{motor}} = V_{c1} = V_{c2}$$

Entonces, ¿qué nos aporta la conexión en paralelo?

Las intensidades de las corrientes producidas en cada una de las células se “unen” al llegar al cable del motor, es decir que el motor recibirá la suma de las intensidades de la primera y de la segunda célula.

$$I_{\text{motor}} = I_{c1} + I_{c2}$$

En nuestro caso no notarás gran diferencia ya que el motor es de alta eficiencia y necesita muy poca corriente para funcionar. En otras palabras, la velocidad del motor depende de la tensión. La intensidad de la corriente la demanda el propio motor cuando se le exige un mayor esfuerzo.

## Resumen

Cuando se desean utilizar dispositivos electrónicos que requieren más tensión que la generada por una sola célula pueden agruparse “en serie” tantas células (iguales) como sean necesarias para alcanzar la tensión requerida. La intensidad máxima de la corriente que podrá absorber el dispositivo será igual a la máxima que pueda producir una de las células.

Cuando se desean utilizar dispositivos electrónicos que requieren una corriente superior a la que puede producir una sola célula, pueden agruparse “en paralelo” tantas células (iguales) como sean necesarias hasta alcanzar la corriente requerida. La tensión de salida será la misma para todas, la de una célula.

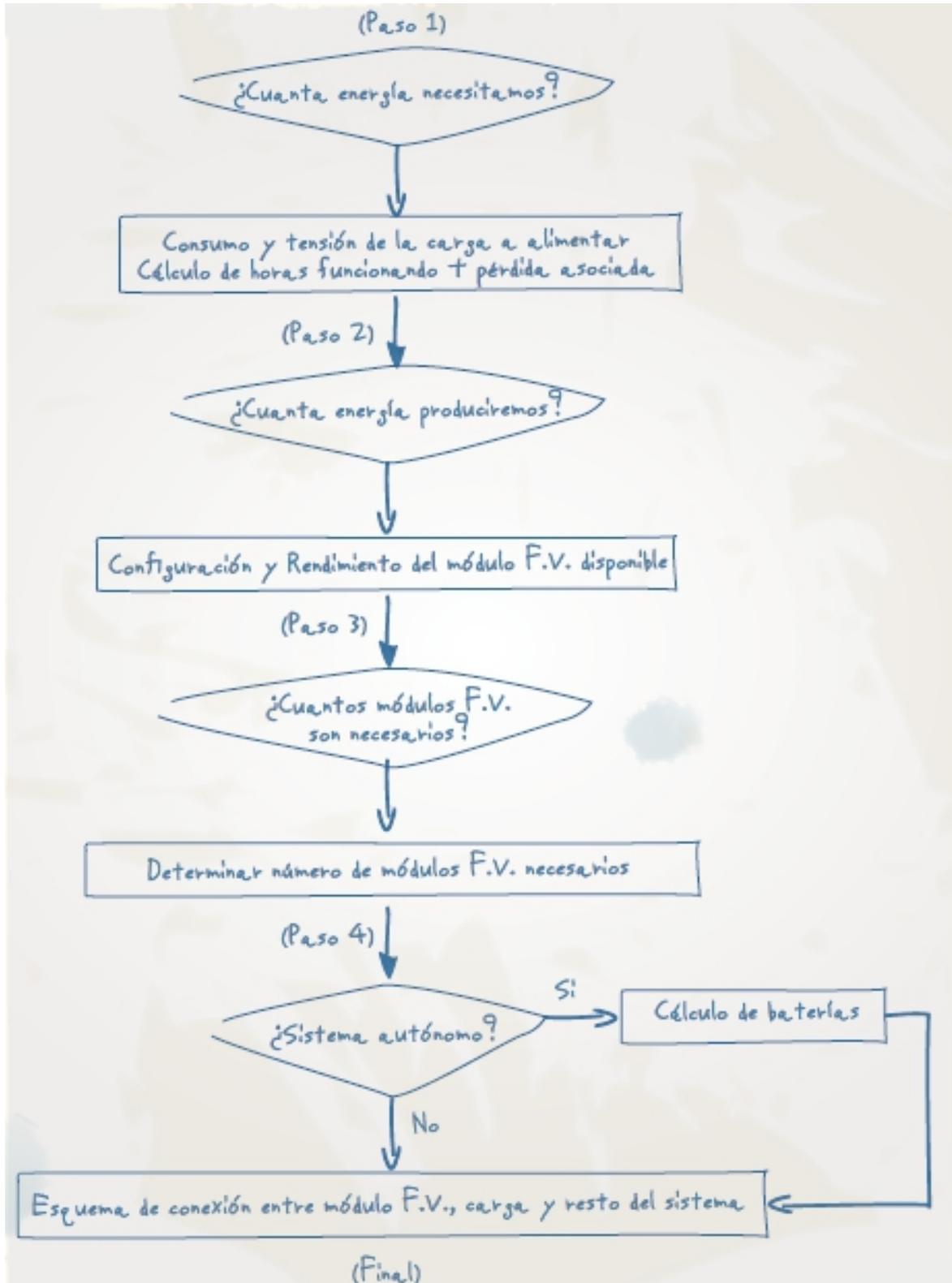
También es posible realizar una conexión mixta (series y paralelos combinados) de células iguales, hasta alcanzar la corriente y tensión que precisemos.

Puedes adquirir juegos de 4 células como las de este kit, bajo la referencia C-0137. También disponemos de modelos de potencia superior.

## Diseñar un sistema solar fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico es modulable e ilimitado, cuantas más células solares conectadas entre sí, mayor producción energética, y lo mismo ocurre con los paneles.

Como se describe en "Mi Cuaderno Solar", la conexión en serie o paralelo de distintos módulos, (células o paneles), se establece para aumentar la tensión o corrientes de salida. Independientemente de los valores entregados por el módulo fotovoltaico, (F.V.), un sistema solar siempre se diseña bajo un mismo organigrama.



Emplearemos dos ejemplos para seguir y explicar el organigrama.

Ejemplo 1: motor solar de 1,5 V. y 200 mA. Ejemplo 2: equipo cargador de baterías de 3 V. y 100 mA.

### Paso 1. ¿Cuanta Energía necesitamos?

El primer paso es establecer la tensión de alimentación y el consumo, (corriente/intensidad), de los aparatos eléctricos que el sistema deberá alimentar. Estos valores se obtienen a través de los datos facilitados por el fabricante.

**Tensión.** Durante todo el tiempo que se mantengan en funcionamiento, el nivel de tensión deberá y será una constante. Cada ejemplo se alimenta a una tensión distinta. El primero, el motor, de 1,5 V., mientras que el segundo, el cargador, 3 V. Cuando la tensión requerida por diferentes dispositivos sea distinta, se establecerá una “línea” solar independiente a la que se conectarán todos los equipos del mismo voltaje, (tensión), de alimentación.

**Consumo.** Indica la corriente que “gasta” el aparato eléctrico cada hora. El motor del ejemplo 1 consumirá 200 mA/h. Por el contrario, la corriente del cargador del ejemplo 2 será solamente de 100 mA/h.

Por cada nuevo equipo conectado a la misma línea, (misma tensión), deberán sumarse los consumos de cada uno de ellos. Si en el ejemplo 1, en lugar de uno, se utilizasen dos motores, el resultado serían 1,5 V./400 mA. (suma de consumos, tensión igual).

**Potencia.** Como describe “mi cuaderno solar”, es el producto de la tensión por la corriente. En ocasiones el fabricante en lugar del consumo, proporciona el valor global de la potencia. Siendo necesario despejar la fórmula para obtener el valor de la corriente.

Por tanto, la energía necesaria para el motor del ejemplo 1 se correspondería a una tensión de 1,5 V. y una potencia de 300 mW. La energía necesaria en el cargador del ejemplo 2 será de 3 V. y 450 mW.

La energía necesaria también puede cuantificarse en base al consumo, como queda reflejada en los valores del enunciado de cada ejemplo, (1,5 V./200 mA. y 3 V./100 mA.).

**Factor de pérdida.** Aunque en la práctica de éste kit es despreciable, en instalaciones solares donde se contempla el consumo diario, es importante. (más adelante se explica con mayor detenimiento, junto a la condición del tiempo de funcionamiento).



### Advertencias de seguridad

- Material pedagógico para prácticas de aprendizaje realizadas en contextos educativos bajo la vigilancia de instructores adultos.
- Este producto **NO ES UN JUGUETE**.
- No apto para menores de 3 años por contener piezas pequeñas que pueden ser tragadas.
- Antes de iniciar el montaje y las prácticas, es necesario haber leído y comprendido el presente manual.
- Es imprescindible que los menores lo usen bajo la atenta supervisión de una persona adulta capacitada para ello.
- Tome las precauciones de seguridad necesarias para no dañarse al manipular los componentes del kit ni con los cantos vivos y/o puntas agudas que alguno de ellos pudiera tener.
- Cuando este producto o sus componentes ya no estén en uso, **NO LOS TIRE A L BASURA**. Depósitelos en un punto de recogida para equipos eléctricos/electrónicos para su reciclaje.



Cebekit<sup>®</sup> es una marca Registrada del Grupo Fadisel