

**Lee atentamente y asegúrese de comprender estas instrucciones antes de iniciar el montaje.****ADVERTENCIA:**

Para evitar riesgos de daños materiales, lesión grave o muerte:

Este kit está destinado solamente a personas mayores de 12 años y siempre bajo la supervisión de personas adultas que han leído y entendido las instrucciones proporcionadas en este manual de usuario.

Mantener alejados a niños pequeños y mascotas, este kit contiene piezas pequeñas que pueden ser tragadas. El etanol es fácilmente inflamable. Lea atentamente las instrucciones antes de usar el kit y téngalas a mano como referencia.

**Consideraciones.**

Este componente está destinado para un uso didáctico. Por ello se aconseja su utilización y montaje bajo la supervisión de personal docente. CebeKit no ofrece explicaciones adicionales, asistencia técnica ni apoyo didáctico alternativo al reflejado en las presentes instrucciones. La garantía de este producto queda prescrita exclusivamente a piezas no suministradas en la relación del kit y avería o malfuncionamiento por causas ajenas a un montaje o uso inadecuados. En tal caso debe ponerse en contacto con nuestro **departamento técnico, correo electrónico: sat@fadisel.com** Fax 93 432 29 95. Los productos CebeKit disponen de **2 años de garantía** a partir de la fecha de compra. Quedan excluidos el trato, montaje o manipulación incorrectos.

La documentación técnica de este producto responde a una transcripción de la proporcionada por el fabricante. Disponemos de más productos que pueden interesarle, visítenos en: [www.cebekit.com](http://www.cebekit.com) ó solicite nuestro catálogo.

Este kit educativo demuestra los últimos avances de la tecnología de las células de combustible DEFC, que usa agua con unas gotas de *etanol* como combustible. Habitualmente las células de combustible usan hidrógeno o metanol. Sin embargo la célula de este kit convierte directamente el *etanol* en electricidad de forma silenciosa y sin ninguna combustión. Este dispositivo puede funcionar sin interrupción durante 8-12 horas con sólo unas gotas de etanol. Admite soluciones de alcohol del 10 al 15% (similar al contenido de alcohol en el vino de mesa). No se precisa ninguna herramienta.

**Índice:**

- Sobre la Bio-Energía**
- Cómo funciona la célula de combustible DEFC**
- Instrucciones generales de seguridad**
- Lista de componentes**
- Experimentos con el kit**
- Soluciones a posibles problemas**

## 1. Sobre la Bio-Energía

### ¿Qué son los biocombustibles?

*Bioenergía* es la energía que se obtiene a partir de la biomasa. Biomasa se define generalmente como materiales que se derivan de organismos recientemente vivos o sus derivados metabólicos. Los *biocarburantes* pueden ser ampliamente definidos como un combustible producido a partir de biomasa incluyendo sólidos, líquidos, gases o formas de combustible derivados de material biológico muerto recientemente, en su mayoría plantas. Esto es lo que diferencia los *biocarburantes* de los combustibles fósiles, que se obtiene a partir de material biológico muerto desde hace muchísimos años. Los biocarburantes suelen presentarse, en general, en forma de alcoholes, ésteres, éteres y otros productos químicos producidos a partir de la biomasa.

El presente *Bio-Energy Kit* muestra una nueva manera de producir electricidad utilizando diminutas cantidades de *biocarburantes* mezclados con agua y sin que se produzca combustión, utilizando un nuevo dispositivo de conversión de energía llamado *célula de combustible de etanol directo (DEFC)*. Esta nueva tecnología de *células de combustible de etanol* está creando una fuente de energía alternativa para los pequeños aparatos electrónicos, que no es tóxica, es fácil de utilizar y es duradera.

### Tipos y fuentes de los biocombustibles

Los dos tipos principales de *biocarburantes* son el *bioetanol* y el *biodiésel*. El *bioetanol* se produce principalmente mediante el proceso de fermentación del azúcar. Las principales fuentes de azúcares provienen habitualmente de plantas cultivadas como alimentos: cultivos como el maíz y el trigo, residuos de paja, sauces y árboles populares, serrín, hierbas, tupinambo, plantas de miscanthus y sorgo. El biodiesel puede producirse a partir de aceite vegetal, grasas de animales, sebo y residuos de aceite de cocina.

### Qué es Etanol

De uso común, el *etanol* es a menudo referido simplemente como alcohol. Es un alcohol de cadena recta y su fórmula molecular es representada de diversas formas:  $\text{EtOH}$ ,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  o con su fórmula empírica:  $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ .

Después del uso del fuego, la fermentación de azúcar en *etanol* es quizás la primera reacción orgánica conocida por la humanidad. En los tiempos modernos el *etanol* destinado a uso industrial también se ha producido a partir de productos derivados de la refinación de petróleo. El *etanol* se produce como los combustibles fósiles, a través de la hidratación de etileno y biológicamente, a partir de la fermentación de azúcares con levadura. Actualmente la investigación está buscando maneras de obtener *etanol* de manera eficiente, económica y respetuosa con el medio ambiente, a partir de residuos de materia vegetal y a través de la ingeniería genética.

Se ha generalizado el uso de *etanol* como disolvente para sustancias destinadas al contacto humano o consumo, incluidos perfumes, saborizantes, colorantes y medicamentos. En la industria química es tan importante como disolvente, que como materia prima para la síntesis de otros productos.

La nueva tecnología empleada en este kit elimina la necesidad de la combustión de *etanol* y encuentra nuevos usos para pequeñas cantidades de biocombustibles como fuentes de alimentación de pequeños dispositivos electrónicos, no para automóviles.

El *etanol* destinado a las bebidas alcohólicas y la gran mayoría de *etanol* para su uso como combustible, es producido por fermentación. Cuando determinadas especies de levadura (la más importante *Saccharomyces cerevisiae*) metabolizan el azúcar en ausencia de oxígeno, producen *etanol* y dióxido de carbono.

La ecuación química siguiente resumen la reacción:



## Etanol celulósico, la gran esperanza

El "esqueleto" de todas las plantas -en términos generales, "xilema"- está compuesto de celulosa, la cual no puede ser descompuesta fácilmente. La mayor parte de la energía solar "capturada" por las plantas se almacenan en la celulosa. En este proceso, algunas enzimas especiales se utilizan para descomponer la celulosa en azúcares simples llamados sacáridos y a continuación, los sacáridos se puede transformar en energía para uso humano. La celulosa es abundante en la naturaleza, el alcohol producido a partir de ella es limpio y tanto la energía consumida como el gas de efecto invernadero emitido durante este proceso es mínimo. Si conseguimos transformar en alcohol la celulosa, que es naturalmente abundante pero no comestible, entonces sería posible producir *biocombustibles* renovables y limpios para uso industrial y doméstico.

Las materias primas comúnmente más utilizadas para producir alcohol de celulosa son tallos, cortezas y tejidos fibrosos de las plantas, cuya celulosa no puede ser ingerido por los seres humanos. La producción de *etanol* a partir de fuentes de alimentos como el maíz no es un método eficaz para la producción de *etanol* y, potencialmente, podría disminuir la superficie de suelo disponible para la producción de alimentos e influenciar sobre el coste de los productos de grano.

Métodos más eficientes han sido desarrollados para la producción de *etanol* utilizando plantas que pueden crecer en zonas marginales. No sólo producen una mayor cantidad de *etanol* por cada área de terreno sembrado, sino que también liberan tierras de cultivo más adecuadas para la producción de alimentos. La mayoría de las investigaciones actualmente gira en torno a la utilización de especies como el mijo perenne (*Panicum virgatum*), pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), pasto búfalo, que crecen muy rápidamente, contienen grandes cantidades de celulosa y pueden ser cultivadas en las zonas marginales que no afectan negativamente a la producción de alimentos. Como cuestión de hecho, la investigación indica que en el proceso de fermentación para la producción de *etanol* a partir de la hierba, el rendimiento de la energía obtenida en relación a la cantidad de energía empleada para producir el combustible es tan alta como 540%, mientras que para el maíz, es sólo del 24%.

## ¿Podría el etanol reemplazar las baterías en dispositivos de consumo?

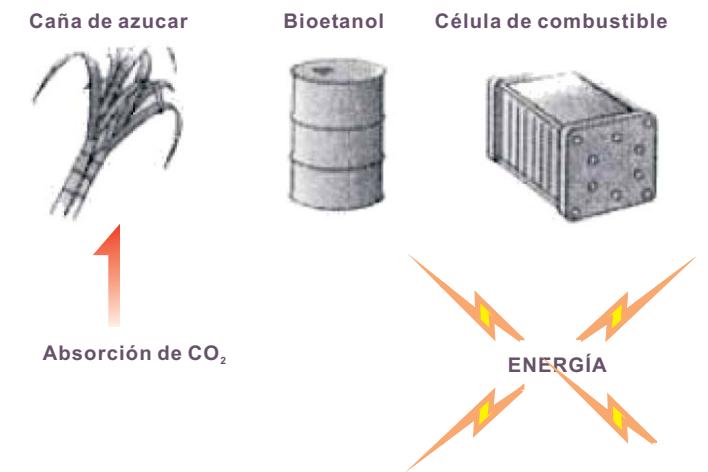
La demanda de energía factible de almacenarse fácilmente se está acelerando a medida que se añaden más y más características a nuestros dispositivos electrónicos portátiles. Se espera que la próxima generación de dispositivos de almacenamiento de energía, como las *células* y *pilas de combustible*, puedan proporcionar energía más duradera que las baterías. Las *células de combustible* convierten el combustible en electricidad y, hasta ahora, la mayoría de las investigaciones internacionales sobre *células de combustible* que utilizan combustibles líquidos para dispositivos de electrónica de consumo se han centrado en el *metanol*. Esas células se llaman *Células de Combustible de Metanol Directo*, o *DMFC*. En los últimos 10 años, las *DMFCs* han recibido gran atención por parte de muchas empresas y organizaciones de investigación a nivel mundial, que están investigando las posibilidades de crear una serie de aplicaciones con tecnología *DMFC*, la mayoría de los cuales son como una nueva fuente de energía para los dispositivos electrónicos.

En la actualidad una solución más limpia y más económica podría surgir de la investigación del uso de *etanol* como sustituto del metanol en las *células de combustible*. El *Bio-Energy Kit* muestra la tecnología de un nuevo desarrollo de *células de combustible de etanol directo*, o *DEFC*, que en contraste con las *DMFC*, no usan ningún combustible corrosivo. A diferencia de otras aplicaciones en las que los *biocombustibles* arden para producir energía, las *DEFCs* no queman *etanol*, sino que producen electricidad mediante una lenta conversión del *etanol* en vinagre normal.

El *etanol* es un combustible más fácil de usar para el uso generalizado por parte de los consumidores, especialmente cuanto más se continúe investigando en el uso de *células de combustible* para aplicaciones de electrónica de consumo. El *etanol* es un líquido

muy rico en hidrógeno y tiene una mayor densidad de energía (8,0 kWh/kg) en comparación con el metanol (6,1 kWh/kg). Lo más importante es que se trata de un dispositivo de almacenamiento de energía (como las baterías) no tóxico y de larga duración, que puede emerger como una alternativa limpia a las pilas alcalinas que contienen mercurio y cadmio. Estas sustancias son la mayor fuente de contaminación de las aguas subterráneas.

Una cantidad sustancial de la investigación está dedicada al *etanol*, ya que puede ser una fuente de combustible, respetuosa con el medio ambiente, que se basa en recursos renovables.



## Una visión del futuro de la electrónica de consumo

En base a las investigaciones sobre los usos actuales de las *DMFC* (células de combustible de metanol directo), las *células de combustible de etanol directo (DEFC)* también podrían ser utilizados en pequeñas aplicaciones, independientemente de la disponibilidad de alimentación eléctrica, en aplicaciones que van desde equipos de comunicaciones hasta teléfonos móviles, cámaras fotográficas, ordenadores portátiles, fuentes de alimentación para la iluminación con LEDs, juguetes, sensores de baja tensión y los dispositivos de control remoto para aplicaciones domésticas.

A medida que vayan progresando los avances tecnológicos en este ámbito, se espera que las *DEFC* podrán ampliarse para cubrir futuras aplicaciones eléctricas de mayor envergadura.

## 2. Cómo funciona la célula de combustible DEFC

La *célula de combustible de etanol directo (DEFC)* produce electricidad, mientras el *etanol* reacciona en el ánodo de la célula.

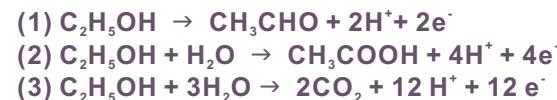
Los protones de hidrógeno penetran desde la solución del *etanol* a través de la membrana *DEFC*, liberando electrones que son capturados en un circuito externo.

En el lado del cátodo, la reacción catalítica del hidrógeno con el oxígeno del aire ambiente, forma agua como producto.

Las *células de combustible de etanol directo o DEFCs* son una subcategoría de las *células de combustible de membrana de intercambio de protones (PEM)*. En ellas, el combustible de *etanol* no se reforma primero en hidrógeno puro, sino que alimenta directamente la membrana de la célula de combustible.

El mecanismo es el siguiente:

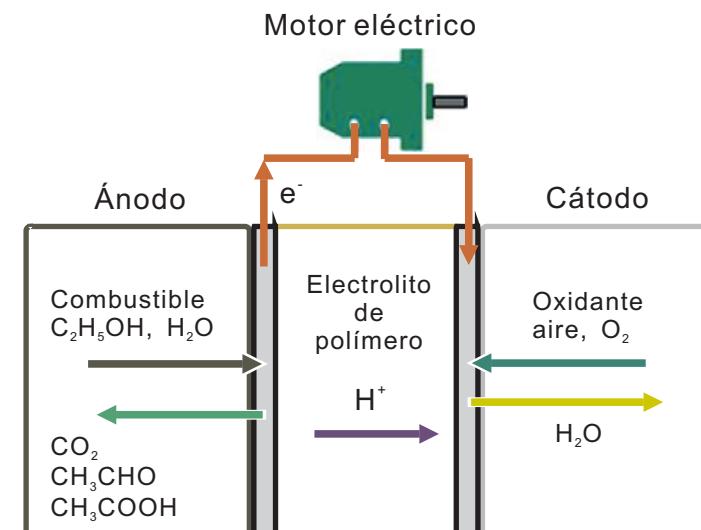
Ánodo:



Cátodo:



Durante la reacción, parte del *etanol* es oxidado completamente y se convierte en  $\text{CO}_2$  (como en la reacción #3, mientras parte del *etanol* es oxidado de forma incompleta y se convierte en *acetaldehído* y *ácido acético* (como en las reacciones #1 y #2)).



### 3. Instrucciones generales de seguridad

#### Para evitar riesgos de daños materiales, lesión grave o muerte:

1. Antes de empezar a usar este kit debe leer y comprender bien las presentes instrucciones.
2. Este kit está destinado solamente a personas mayores de 12 años y siempre bajo supervisión de personas adultas, que han leído y entendido las instrucciones proporcionadas en este manual.
3. Es necesario usar herramientas para montar este kit. Hay que prestar la debida atención cuando se están manipulando herramientas para evitar daños personales.
4. Algunas piezas son pequeñas y frágiles: hay que ser muy cuidadoso al manipularlas y al conectarlas para evitar romperlas. Hay que manipular todas las piezas y componentes con cuidado.

### 4. Lista de componentes

- A. Depósito de etanol
- B. Tubo
- C. Válvula de purgado
- D. Soporte
- E. Motor eléctrico
- F. Célula de combustible de etanol directo DEFC
- G. Cables con clips tipo cocodrilo
- H. Aspas del ventilador
- I. Vaso medidor para preparar la solución de etanol
- J. Tiras reactivas para medir el pH
- K. Tapa del depósito

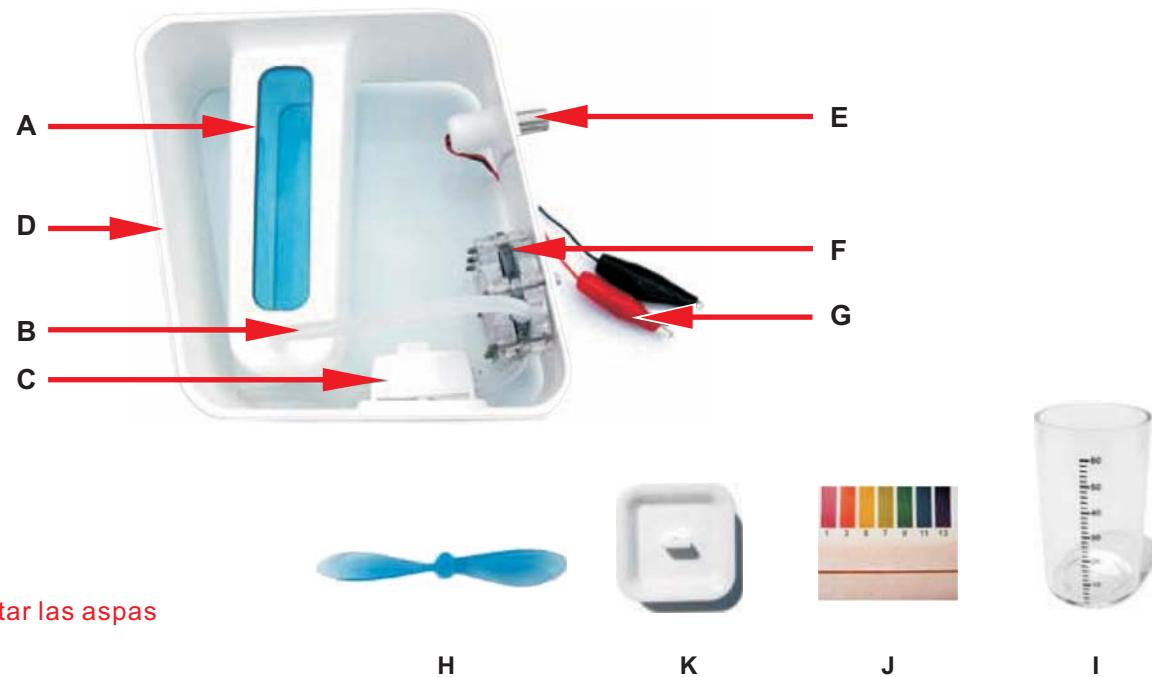
También necesitará lo siguiente:  
(no incluido en el kit)

- Solución de etanol

#### Notas:

Todas las piezas vienen ensambladas, excepto H-J.

Por favor, lea primero el experimento 1 para saber cómo debe montar las aspas del ventilador y cómo debe preparar la solución.



## 5. Experimentos con el kit

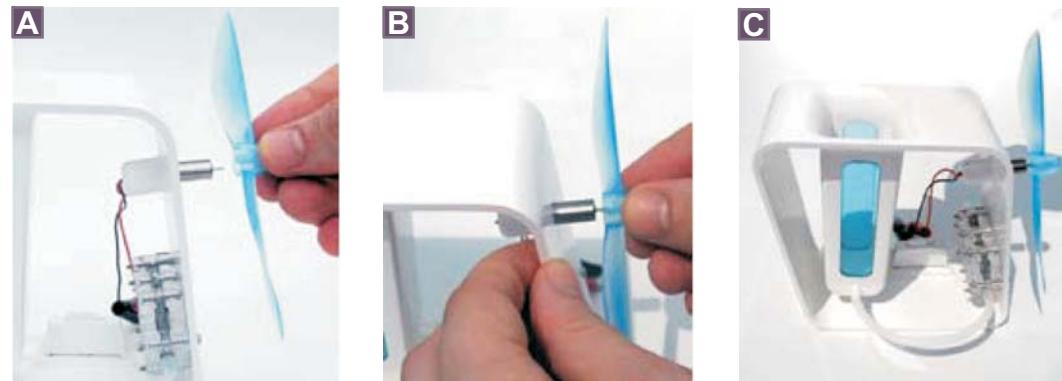
### Preparación del sistema

**Paso 1**

Saque las aspas del ventilador ( pieza H) de la caja.

**Paso 2**

Inserte las aspas en el eje del motor, presionando cuidadosa y suavemente. (Vea figuras **A-C**)

**¡Advertencia!**

No permita que el *etanol* puro penetre en la célula de combustible. La *DEFC* produce energía utilizando disoluciones con sólo el 5 -15% de alcohol. Una concentración superior al 15% podría dañar la célula de combustible y hacer que deje de funcionar correctamente. Para el mejor funcionamiento por favor use una mezcla de *etanol* al 10%, con un 90% de agua.

Mantenga alejada cualquier fuente de fuego o llama mientras usted está mezclando la solución.  
Está totalmente prohibido encender el *etanol* y la disolución.

La razón de usar concentraciones bajas es que en concentraciones más altas las moléculas de *etanol* probablemente "atravesarían" la membrana, lo cual detendría la reacción química necesaria para crear electricidad. En el caso de las células de combustible de metanol, las moléculas de metanol son incluso más pequeñas que las de *etanol* haciendo los efectos "cross-over" más difícil de superar.

### Preparación de una solución al 10%:

**Paso 1**

Llene el vaso medidor (pieza I) con 6 ml de *etanol* puro. Llene el vaso hasta la señal que corresponde a 6 ml. (Ver figura **A**)

**Paso 2**

Llene con agua hasta completar el nivel de 60 ml. (Vea figura **B**)

**Paso 3**

Agite a fondo la mezcla del vaso.



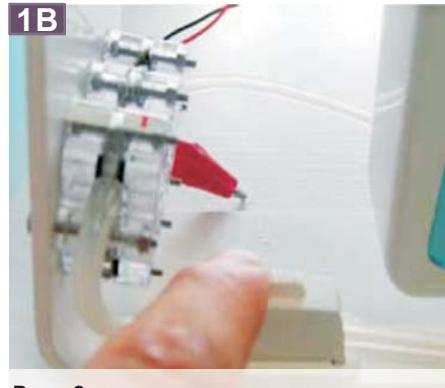
## Experimento 1. Producción de electricidad a partir de etanol y agua

Verifique que el tubo que conecta el depósito con la célula de combustible está enchufado de forma segura.

Compruebe también que el tubo que conecta con la válvula de purgado está bien conectado a la célula de combustible y el interruptor de purgado está posicionado en el lado derecho, junto al depósito.



**Paso 1**  
Abra la tapa del depósito.



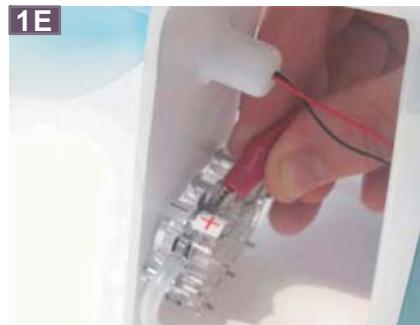
**Paso 2**  
Abra la válvula de purgado pulsando el interruptor hacia el lado derecho.



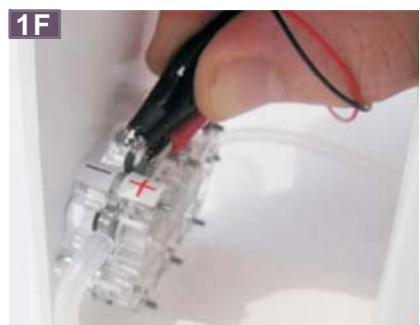
**Paso 3**  
Vierta la disolución en el depósito de etanol y luego ciérrelo con la tapa.



**Paso 4**  
Cuando la solución empiece a salir por el tubo, cierre la válvula de purgado, pulsado el interruptor hacia el lado izquierdo. (Vea figura 1D)



**Paso 5**  
Ahora debe conectar las dos pinzas cocodrilo de los cables del motor a los dos terminales planos del colector de la célula de combustible. Están situados en la parte superior de la célula (vea figuras 1E y 1F). No debe conectar ninguna pinza en el colector soldado de la célula de combustible.



**Paso 6**  
Si el sistema se ha conectado correctamente, las aspas deberían empezar a girar al cabo de un minuto, aproximadamente. Si el ventilador no se pone en marcha por sí mismo, déle un leve empujón con el dedo. Debido a que la reacción es lenta, el ventilador puede funcionar durante varias horas sin necesidad de purgar. (Vea Experimento 3).



**Nota:**  
Cuando el ventilador empiece a girar más lentamente o se pare, complete tres pasos siguientes para que gire de nuevo.

**Paso 1**  
Coloque el tubo de escape (está conectado a la válvula de purgado) de forma que pueda evacuar en un recipiente adecuado.

**Paso 2**  
Abra la válvula de purgado, deslizando el interruptor hacia la derecha. Purgue la solución utilizada que está dentro de la cámara de célula de combustible, permitiendo que un nuevo volumen de solución de etanol entre en la cámara de la célula de combustible. Entonces cierre la válvula (vea la imagen de abajo).

**Paso 3**  
Espere un rato y entonces impulse con el dedo las aspas del ventilador para arrancarlo. Vea como gira a velocidad constante. Si el ventilador vuelve a pararse, desconecte las pinzas de cocodrilo e intercambíelas para reconectar la célula de combustible. La célula de combustible puede empezar la reacción una vez más (y más protones de hidrógeno pueden penetrar a través de la membrana).

## Experimento 2. Investigando la polaridad

**Paso 1**

Conecte el cocodrilo positivo (rojo) al lado positivo de la célula (marcado "+" en rojo), luego conecte la pinza negativa (negra) al lado negativo de la célula (marcado "-" en negro). Se dará cuenta que el ventilador gira en el sentido de las agujas del reloj.

**Paso 2**

Ahora repita el proceso. Sin embargo esta vez conecte la pinza positiva (roja) el terminal del lado negativo de la célula (marcado "-" en negro) y la pinza cocodrilo negativa (negra) conéctela al lado positivo de la célula (marcado "+" en rojo). Se dará cuenta que el ventilador gira en sentido contrario a las agujas del reloj.

**Conclusión:**

*La corriente fluye del positivo a negativo, lo que hace girar al ventilador en el sentido horario. Cuando se invierte la polaridad de las conexiones, la corriente fluye al revés haciendo girar el ventilador en el sentido opuesto.*

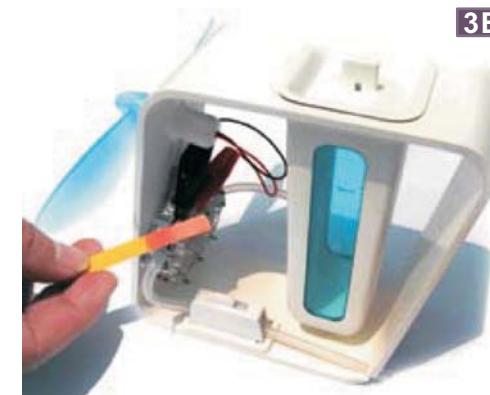
## Experimento 3. Consumo del combustible etanol

Cuando el ventilador empieza a girar lentamente o se para, significa que el *etanol* que estaba presente en la cámara de la célula de combustible ha sido consumido en su mayor parte. En condiciones normales de temperatura, la mayor parte del *etanol* del interior de la cámara de la *célula de combustible* se transforma en *ácido acético*, que es el principal componente del vinagre.

Investigaremos el combustible consumido (*ácido acético*) cuando el ventilador empieza a girar lentamente.

**3A**

**Paso 1**  
Coloque una tira reactiva de papel indicador de pH bajo la salida del tubo de purgado. (Vea 3A)

**3B**

**Paso 2**  
Abra la válvula lentamente deslizando el interruptor hacia lado de la derecha y deje caer una gota de disolución sobre el papel indicador del pH y cierre la válvula. Observe como el color del papel cambia rápidamente a un color rojizo. (vea 3B)

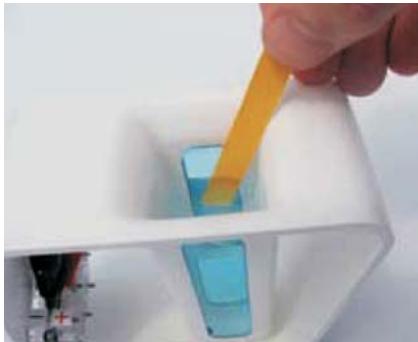
[Sigue en la pág. 9]

### Experimento 3. Consumo del combustible etanol

[Viene de la pag. 8]

#### Paso 3

Sumerja un nuevo papel de pH en la solución del depósito. Usted notará que el color del papel pH cambia muy poco.  
(Vea 3C-3E)



3C



3D



3E

La diferencia de color en los papeles pH indica el cambio de nivel de la acidez. El *etanol* se convierte en *ácido acético* en la reacción que tienen lugar en el lado del ánodo de la *célula de combustible* y el pH de la solución cambia de forma notable desde un nivel de pH 6 hasta pH 2 (ver 3E), mostrando un color rojo. Las reacciones químicas que tienen lugar en el ánodo y que se resumen en la página 7 muestran que el *ácido acético* es formado formado con los protones de hidrógeno que parten de la molécula de *etanol* y la molécula de agua. Estos protones de hidrógeno cruzan la membrana de la *célula de combustible* y los electrones liberados forman una corriente eléctrica capaz de propulsar el ventilador.

#### Conclusión:

*La célula de combustible de etanol directo (DEFC) crea electricidad por la conversión química del etanol disuelto en una solución ácida, parecida al vinagre común. Para que la célula de combustible funcione de forma continuada, el combustible "gastado" debe ser sustituido regularmente por combustible nuevo.*

### Experimento 4. Explorando los efectos de diferentes concentraciones de combustible

Usted puede preparar diferentes concentraciones de *etanol* en la mezcla inicial del combustible.

Para una disolución del 15%, ponga 9 ml de *etanol* puro y rellene con agua hasta el nivel de 60 ml. Puede utilizar un multi-metro o, preferiblemente, el módulo *Horizon Software-Adaptador USB* ref. C-7120, para medir las diferencias de tensión producidas por la célula de combustible.

A través de la experimentación, podrá verificar que el aumento o la disminución en la concentración de etanol no hace rodar el ventilador de forma significativamente más rápida.

La razón de esto es que el catalizador utilizado en la membrana de intercambio de protones de la *célula de combustible* tiene una capacidad limitada. Es similar a lo que ocurre cuando muchas personas quieren pasar por una puerta estrecha. La velocidad de la gente a través de la puerta está determinada por la anchura de la puerta, pero no por la cantidad de personas.

#### Advertencia:

El margen de experimentación segura del *Bio-Energy kit de etanol* se encuentra dentro de las concentraciones que van del 5 al 15%. Tenga en cuenta que la concentración no debe ser superior al 15-20% de lo contrario la *célula de combustible* quedaría dañada permanentemente.

#### Sugerencia:

Si el dispositivo no va a usarse durante más de un día, en primer lugar vacíe la solución del depósito y luego purgue el resto de solución de la *célula de combustible* vertiendo agua destilada o purificada en el depósito. Asegúrese de que la válvula de purga está comutada al lado derecho. Verifique que toda el agua destilada sale del recipiente. No deje que la solución permanezca en la *célula de combustible* porque la dañaría.

## Experimento 5. Produciendo electricidad usando distintos tipos de alcohol.

En lugar de la disolución *etanol*-agua descrita en la página 12, pruebe ahora con diferentes tipos de alcohol, como los vinos elaborados con uva o arroz.

Para generar esta electricidad siga los pasos indicados en el *Experimento 1: Producción de electricidad a partir de etanol y agua*.

### Advertencias:

1. Los alcoholes utilizados deben permanecer dentro del rango de concentraciones del 5 al 15% de alcohol. Si está utilizando un alcohol que tiene una concentración superior al 20%, por favor mezcle la cantidad adecuada de agua en la alcohol para mantener el rango de concentración del 10-15%.
2. El uso de *etanol* impuro puede dañar el rendimiento de la célula de combustible. Si lo desea, puede llevar a cabo experimentos con *etanol* impuro, una vez haya completado todos los demás experimentos usando *etanol* puro.

Una vez haya terminado todos los pasos indicados en el experimento 1, usted podrá notar que el ventilador puede funcionar muy lentamente, o simplemente no puede girar. Cuando se usan diferentes tipos de alcohol, su rendimiento puede quedar afectado. Esto tiene que ver con la pureza de la solución, ya que algunos alcoholes como el vino, contienen elementos que pueden obstruir la membrana de la célula de combustible, limitando su permeabilidad. Utilice un multi-metro o, preferiblemente, el módulo *Horizon Software-Adaptador USB* ref. C-7120, para medir la tensión o la corriente producida por la célula de combustible bajo las diversas condiciones y vea la ralentización de la velocidad de la reacción química.

Vea el experimento 6: Usted será capaz de demostrar que en diferentes condiciones de temperatura, se producen tensiones diferentes y podrá trazar estos resultados en un gráfico para determinar las condiciones óptimas de temperatura en las que la célula de combustible genera los mejores resultados.

## Experimento 6. Explorando los efectos de la temperatura.

### Nota:

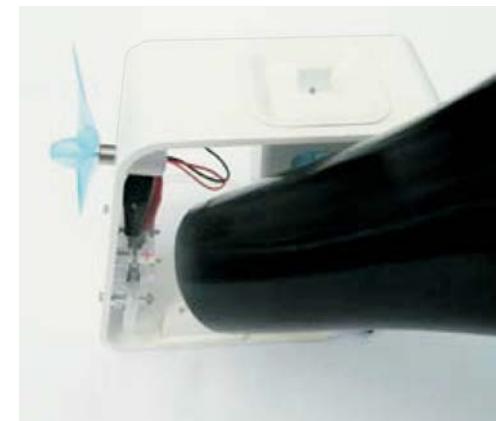
Antes de soplar el aire caliente hacia la *célula de combustible*, pruebe primero el chorro de aire en su mano para asegurarse de que el aire no esté demasiado caliente. (Preferiblemente por debajo de 60°C)

### Paso 1

Utilice un secador de pelo para soplar aire caliente hacia ambos lados de la *célula de combustible*; o también puede poner en el depósito una solución caliente de *etanol*-agua. Observe como el motor del ventilador gira a una velocidad más rápida. (Ver 6A)

### Paso 2

Utilice un multi-metro o, preferiblemente, el módulo *Horizon Software-Adaptador USB* ref. C-7120, para medir la tensión producida por la *célula de combustible*. Podrá comprobar que en diferentes condiciones de temperatura, se producen tensiones diferentes y podrá trazar estos resultados en un gráfico para determinar las condiciones óptimas de temperatura en las que obtiene los mejores resultados de la *célula de combustible*. A altas temperaturas, los átomos tienden a moverse más rápido y son más propensos a interactuar con los catalizadores situados en la superficie de la membrana. Con más interacciones, la reacción se acelera y se produce más electricidad, lo que significa que el ventilador comienza a girar más rápido.



### Conclusiones:

(1) Las temperaturas altas aumentan la posibilidad de que las moléculas de etanol interactúen con los catalizadores que se encuentran en la superficie de la membrana, acelerando la velocidad de la reacción química.

(2) Las temperaturas altas también pueden hacer más activa la membrana, por lo que demostrará una mayor capacidad de intercambio de protones en la membrana y un aumento de la velocidad del ventilador de motor. Podemos aumentar la capacidad energética de las células de combustible de etanol mediante el aumento de su temperatura de funcionamiento, o el aumento de la temperatura de su combustible.

## 6. Soluciones a posibles problemas

### A. El ventilador comienza a girar lentamente o deja de funcionar por completo.

#### Soluciones:

a). Coloque el tubo de purga (tubo de escape) en un recipiente y vacíe el contenido de la disolución de *ácido acético*.

Abra la válvula para dejar salir unas cuantas gotas de *ácido acético*, esto permitirá que penetre en la *célula de combustible* nueva disolución de *etanol*. Impulse la pala del ventilador para iniciar el giro y vea como gira a velocidad constante.

b). Si el ventilador sigue parado aún después de la purga, intercambie las dos pinzas cocodrilo.

c). Si queda poco combustible en el depósito, mezcle una nueva disolución y llene el depósito hasta alcanzar el nivel adecuado.

### B. Despues de haber conectado todos los cables y tubos el ventilador todavía no funciona.

#### Soluciones:

a). Asegúrese de que las pinzas cocodrilo roja y negra están conectadas en los dos terminales separados de la parte superior de la *célula de combustible*.

b). Verifique si el tubo del depósito está bien conectado a la boquilla del mismo lado de la *célula de combustible*.

Para conocer **otros kits con células de combustible** o saber más sobre formas de **energía sostenible, ciencia y tecnología** en general, de manera divertida y mediante experimentos, **CEBEKIT** ofrece una amplia gama de equipos:

- Energía solar fotovoltaica
- Energía eólica (aerogeneradores)
- Energía del hidrógeno (células de combustible)
- Motores eléctricos
- Motores de aire caliente (Stirling)
- Electricidad
- Electrónica
- Radio
- Microcomputadores
- Robots
- Mecánica, engranajes, transmisiones,...
- Termodinámica
- Óptica
- Magnetismo

Y toda clase de accesorios para realizar fácilmente "los propios inventos"

[www.cebekit.es](http://www.cebekit.es)

[www.fadisel.es](http://www.fadisel.es)

### Información referente a la protección del medio ambiente

Cuando este producto ya no esté en uso, no puede ser depositado junto a los residuos domésticos normales, es necesario llevarlo a un punto de recogida selectiva para el reciclaje de aparatos eléctricos y electrónicos. Un símbolo sobre el producto, las instrucciones de uso o el embalaje lo indican. Los materiales son reciclables según están marcados. Si usted practica la reutilización, el reciclaje u otra forma de uso de aparatos viejos está haciendo una importante contribución hacia la protección del medio ambiente. Por favor consulte a su ayuntamiento cuál es el punto de disposición o vertedero apropiado más cercano a su domicilio.

