



EnergíaJoven

Manual Kit Hidrógeno Verde Guía Didáctica y Ejercicios

Experimentos para jóvenes a partir de los 12 años.

ATENCIÓN: El material incluido en el kit de Hidrógeno verde es para uso exclusivo en establecimientos educativos a partir de nivel secundario. Utilizarlo bajo vigilancia y supervisión de adultos capacitados. Mantener fuera del alcance de niños menores de 4 años por contener piezas pequeñas. Leer las instrucciones antes de su utilización, seguir las y conservarlas como referencia.



SIEMENS | Fundación



Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action

IKI



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE

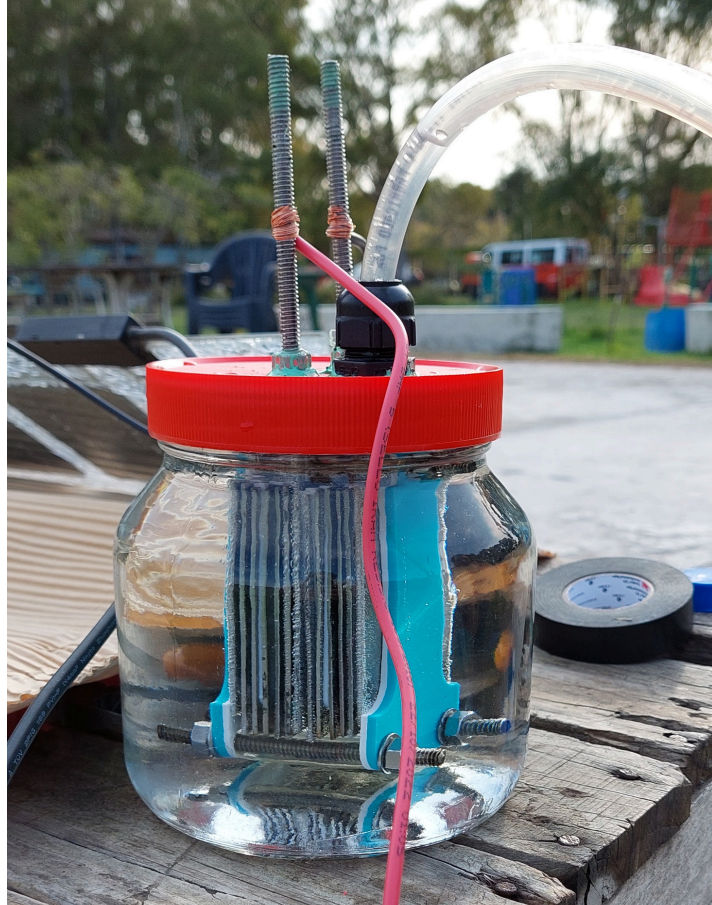
Cofounded by:



WISONS
of sustainability

on the basis of a decision
by the German Bundestag

Hidrógeno Verde Kit Didáctico



Diseñado y desarrollado por:



Guía para educadores: Hidrógeno verde

El proyecto #EnergíaJoven (Youth Energy) - “Activando el potencial de los jóvenes para impulsar la transición energética justa en Argentina” está financiado por el Ministerio Federal de Economía y Protección del Clima (BMWK) de Alemania en el marco de la Iniciativa Internacional sobre el Clima (IKI). La ejecución del proyecto corre a cargo de un consorcio de tres organizaciones, dirigido por el Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH (WI) como coordinadora del proyecto y con la Fundación 500RPM para el Desarrollo de las Energías Renovables y la Fundación Siemens para el Desarrollo Sustentable de la Argentina como socios ejecutores.

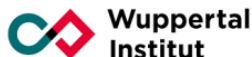
El proyecto tiene como objetivo capacitar y empoderar a una nueva generación de jóvenes líderes, que desempeñarán un papel fundamental en la transición energética justa de Argentina.

La presente publicación educativa fue desarrollada por Fundación 500RPM.



Primera publicación: Abril 2025

Supported by:



SIEMENS | Fundación



on the basis of a decision
by the German Bundestag





INDICE DE CONTENIDOS

Introducción	9
Materiales	10
 Pasos para el armado	 11
Paso 1: armado de la celda	11
Paso 2: armado del burbujeador y conexiones de gas	14
Paso 3: armado del arrestallamas	16
Paso 4: conexiones de electricidad	19
 Guía de ejercicios y normas de seguridad	 19
Ejercicio 1: Miniexplosión de HHO	19
Ejercicio 2: Medición del caudal de hidrógeno producido	24
Ejercicio 3: Cálculo de eficiencia de la celda electrolítica	25
Ejercicio 4: Globos en acción	26
Ejercicio 5: Cambio de parámetros	26
 Cierre	 27



Introducción pedagógico-didáctica

La experimentación en la enseñanza escolar de asignaturas científicas y técnicas es altamente importante. A pesar de ello, por lo general se realizan pocos experimentos. Al respecto, se describen a continuación algunas consideraciones sobre experimentación para introducir a los alumnos al mundo de las energías renovables.

Hacer más experimentos y reducir al mismo tiempo las reticencias

A veces faltan talleres y/o laboratorios, en otras ocasiones falta personal y material, y casi siempre no hay tiempo suficiente. El esfuerzo que requiere preparar experimentos complicados es, por lo general, elevado, tanto para prepararlos como para poner orden al finalizar. En el entorno escolar, caracterizado por la búsqueda de un alto rendimiento, se prefiere dedicar ese tiempo a hacer ejercicios para el siguiente examen o prueba de evaluación. Por esta razón, la guía de introducción a las energías renovables pretende dar orientaciones para llevar a cabo ensayos de campo (experimentación directa) que requieran poco esfuerzo. Hacer un experimento ya no es un "evento" bonito que demanda mucho tiempo, sino una parte integral del proceso de aprendizaje.

Despertar el interés de los alumnos con temas de actualidad y de su vida cotidiana

Esta guía establece siempre un vínculo entre los experimentos y sus aplicaciones en la industria y la economía, y, en la medida de lo posible, también con la vida cotidiana de los alumnos. De esta forma, a partir de los experimentos se abordan los grandes problemas o temáticas a los que se enfrenta la humanidad en la actualidad, como, por ejemplo, la transición a las energías renovables. Los docentes encontrarán indicaciones y sugerencias para ampliar las instrucciones de experimentación.

Idóneo para realizar proyectos educativos transversales

El hecho de abordar muchos temas de actualidad social, como, por ejemplo, "la transición a las energías regenerativas o renovables" o "la creciente escasez de materias primas", forma parte hoy de numerosos planes de estudio. No obstante, resulta difícil asignarlos a las disciplinas tradicionales, ya que estos temas suelen tener que ver con la Física, la Química, la Biología y la Geografía.

Esta guía ofrece una propuesta de experimentos pensada para proyectos educativos transversales.

Un concepto didáctico flexible

El método inductivo-deductivo, desde una concepción tradicional de la enseñanza, planteaba que el alumno pudiera, con el soporte del experimento, determinar cuál era la ley física que subyacía en el proceso y/o confirmar lo aprendido.

En la actualidad, el aprendizaje a través de la investigación y el desarrollo de competencias y habilidades son los propósitos educativos que sustentan todos los organismos locales, nacionales e internacionales. Por ello, en consonancia con una diversidad didáctica, esta guía brinda libertad a los docentes de forma intencionada.



Experimentos para abordar un tema en clase

Los ensayos de esta guía no pretenden abordar toda una temática escolar completa. En todo caso, constituyen una excelente base para que los alumnos se diviertan experimentando, despierten su curiosidad y se sorprendan con los resultados obtenidos, lo que los motiva respecto al tema tratado en clase. Los experimentos se han concebido de tal forma que, por lo general, pueden realizarse en forma rápida y fácil.

Experimentos para confirmar lo aprendido

En la mayoría de los casos, los alumnos no podrán deducir una ley natural a partir de un experimento de 20 minutos, para la que científicos reconocidos necesitaron años o décadas de investigación. Ahora bien, siempre podrán verificar lo que ya han aprendido y comprendido con ayuda de un experimento. Como saben los docentes, la aplicación exitosa del conocimiento es la mejor motivación intrínseca para el aprendizaje. Por eso, esta guía contiene una serie de experimentos que requieren conocimientos previos.

Apoyar el aprendizaje autónomo, orientado a ampliar las competencias

Aunque esta guía no defiende un concepto didáctico concreto, sí se alinea con los propósitos actuales de enseñanza: el aprendizaje de competencias y habilidades. Por ello, si se realizan correctamente los experimentos, se alcanzan los objetivos de aprendizaje de contenidos y desarrollo de competencias científicas, ya que llevan a los alumnos a desarrollar, reconocer y responder de forma autónoma a cuestionamientos planteados. Esto se logra fomentando la autonomía para la investigación y su protocolo. Además, la verificación de sospechas e hipótesis se puede aprender al planificar de forma independiente la investigación.

Por ejemplo, cuando los alumnos evalúan valores de medición y analizan observaciones, adquieren competencias de conocimiento para la investigación y la comparación.

Adecuación según franja etaria

Esta guía presenta experiencias que pueden realizarse con independencia de la franja etaria de los alumnos (de educación secundaria). Esto significa que su realización es importante tanto para los alumnos del ciclo básico como para los del orientado. En muchos casos, los alumnos del ciclo básico se conforman con la evaluación cualitativa de los fenómenos tratados en los experimentos. También se aprende, por ejemplo, al entender que la combinación de diferentes metales con soluciones sódicas genera electricidad o que una célula solar transforma la luz en



corriente eléctrica. En el caso de los alumnos del ciclo orientado, los temas anteriormente mencionados pueden explicarse y/o profundizarse desde el punto de vista de la Física, la Electroquímica o la Bioquímica.

Las instrucciones ayudan a realizar la preparación, el acompañamiento y el seguimiento de los experimentos

Las instrucciones están disponibles en dos formatos: uno para los docentes y otro para los alumnos. El instructivo para los alumnos contiene indicaciones prácticas sobre la observación y la evaluación, así como sobre la verificación y la profundización. Por otro lado, el instructivo para docentes es un breve resumen en el que se describe cómo y con qué fin puede utilizarse el experimento, así como indicaciones sobre cómo integrarlo en el diseño curricular. También incluye una lista de los instrumentos y materiales necesarios para el experimento.

Adicionalmente, se ha pensado en la preparación del contenido científico, para lo cual se hace una breve presentación del área disciplinar específica. Esto sirve de recordatorio para los docentes sobre los conocimientos previos que deberían tener los alumnos y se ajusta al encuadre explicativo que articula con el diseño curricular vigente. También se hace referencia al portal de medios de la Fundación Siemens en un capítulo, para ayudar a los docentes a encontrar material de ampliación que puedan usar para explicar y/o profundizar en el tema que van a tratar.

¡No es posible sin los docentes!

Aunque el papel de los docentes haya cambiado mucho en los últimos años, pasando de un enfoque centrado en el profesor a otro centrado en el alumno, no es posible lograr la construcción del conocimiento sin los docentes. Esta guía ayuda al alumno a entender mejor el contexto de las ciencias naturales cuando investiga de forma autónoma y facilita la tarea al docente para que lo explique de forma comprensible. Los especialistas en pedagogía y didáctica que han colaborado en el desarrollo de esta guía están convencidos de que un docente comprometido podrá identificar con acierto el método de enseñanza más adecuado para cada situación, según el diseño curricular vigente y el tiempo del que disponga.



Manual Kit Hidrógeno Verde

Guía didáctica, normas de seguridad y ejercicios

En el siguiente manual encontrarás las instrucciones paso a paso para construir el kit de hidrógeno verde, así como diferentes ejercicios para interactuar con él.

Te pedimos por favor que lo manipules con un docente a cargo y que tomes todas las medidas de seguridad descritas y sugeridas a lo largo de todo el manual.

IMPORTANTE: Se trata de una actividad que puede conllevar riesgos si no se realiza con atención y siguiendo todos los pasos. Fundación 500 RPM no se hará cargo de ningún evento fortuito si no se respetan las normas de seguridad y los pasos de armado tal y como se explican en este manual.

GUÍA DIDÁCTICA CON NORMAS DE SEGURIDAD PARA ARMADO DEL KIT HIDRÓGENO VERDE

Para comenzar a armar el kit, es importante que identifiques todos los materiales que el mismo contiene. Estos están divididos por universos diferentes, tal y como indica la Tabla 1.

Con el objetivo de dejar todo organizado y ordenado para que otros grupos puedan seguir utilizando el kit en el futuro, te pedimos por favor que, una vez finalizadas las actividades, vuelvas a guardar todos los elementos en sus respectivas cajas, respetando la Tabla 1.

¡Muchas gracias y esperamos que te diviertas y aprendas con compromiso y responsabilidad!



Lista de materiales:

Celda:

1. Tuercas inoxidable de $\frac{1}{4}$ – x26
2. Arandelas inoxidable de $\frac{1}{4}$ – x22
3. Varilla roscada de $\frac{1}{4}$ de 11 cm – x2
4. Varilla roscada de $\frac{1}{4}$ de 8 cm – x3
5. Varilla roscada de $\frac{1}{4}$ de 6 cm – x1
6. Tornillo Cabeza Tanque 1/4- 2,5 cm – x1
7. Perfil C inoxidable de 1,5 mm – x1
8. Perfil L inoxidable de 1,5 mm – x1
9. Placas inoxidable con orejas – x3
10. Placa inoxidable sin orejas – x10

Arrestallamas

11. Niple de 1/2*15 cm – x1
12. Chupete de rosca 1/2 – x2
13. Arena – x1
14. Esponja – x1

Conexiones electricidad + neumática:

15. Cinta aisladora – x1
16. Cinta de teflón – x1
17. Separadores de plástico – x13
18. Sostén de plástico “Sandwich” – x2
19. Sella-rosca – x1

20. Prensa-cable 3/4 BSC – x1
21. Reducción neumática 10mm a 6mm – x1
22. Conector de neumática manguera 6mm a rosca BSP – x2
23. Cable de 2,5 mm rojo – x1
24. Cable de 2,5 mm negro – x1
25. Terminales para celda – x4
26. Detergente – x1
27. Bicarbonato de sodio – x1
28. Manguera 6 mm – x1

Sueltos:

29. Burbujeador – x1
30. Probeta 50ml – x1
31. Recipiente de plástico grande – x1
32. Agua destilada 1lt – x2
33. Estructura impresa 3d – x1
34. Frasco vidrio + tapa plástica – x1
35. Esponja de acero – x1
36. Manguera 10 mm – x1
37. Globito – x10
38. Magiclick – x1

Tabla 1 – Materiales del kit hidrógeno verde divididos en universos

ATENCIÓN: Para que otros grupos puedan continuar utilizando el kit, es importante que asumamos el compromiso de mantenerlo todo organizado y ordenado. Por eso, les rogamos que, una vez finalizadas las actividades, vuelvan a guardar todos los materiales en sus respectivas cajas.



Pasos para el armado

Paso 1:

A. CELDA: Todos los elementos para poder construir la celda se encuentran en la Caja 1, tal como indica la tabla anterior, pero también utilizarás insumos de la Caja 4 y conexiones de neumatica de la Caja 3.

1. Identifica las trece (13) placas de acero inoxidable que se encuentran en la Caja 1. Tres (3) de ellas tienen una oreja que les sobresale y diez (10) no.



Figura 1. Placa con oreja (izquierda) y placa sin oreja (derecha).

2. Forma un sándwich con las placas de modo que en los extremos queden dos placas con las orejas hacia el mismo lado y, dentro de ellas, las diez (10) placas que no tienen orejas.

Te sobrará una placa con oreja; invierte esta placa con las dos externas anteriores y colócala en medio de todas las placas. De izquierda a derecha, el orden debería ser el siguiente: placa con oreja en la parte superior, cinco (5) placas sin orejas, placa con oreja en la parte superior pero en el lado contrario al de la primera, cinco (5) placas sin orejas y, por último, placa con oreja en la parte superior, igual que la primera.

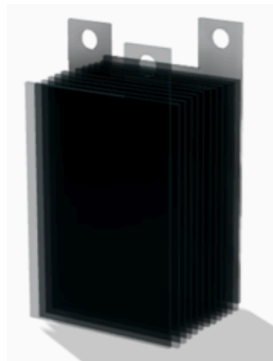


Figura 2. Sándwich de placas armado.



3. Entre cada par de placas de acero inoxidable deberás poner un separador de plástico, que se encuentra en la caja 3, para que no se toquen entre sí. Respeta el sentido del separador tal y como se muestra en la Figura 4.



Figura 3. Separador de plástico.



Figura 4. Sándwich armado con los separadores de plástico.

4. Con el perfil "C", el retazo de varilla roscada de 6 cm, las tuercas y las arandelas une las dos placas externas del sándwich. Luego, realiza el mismo proceso con la placa del medio y colócale el perfil "L" con el tornillo cabeza tanque de 2,5 cm. Recuerda poner las tuercas en ambos lados y verificar que las placas queden bien ajustadas.

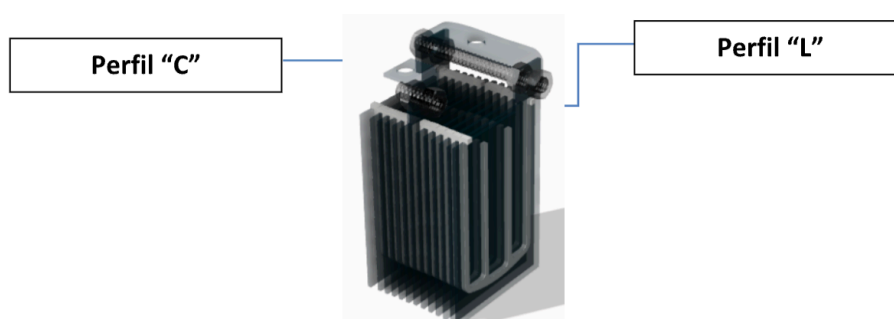


Figura 5- Sandwich con perfil "C" y perfil "L" sujetado con tuercas y arandelas

5. Con las tres varillas roscadas de 8 cm y los dos separadores de plástico en forma de T, que tienen tres agujeros cada uno, coloca los separadores a los extremos del sándwich que acabas de armar para que todo quede presionado e inmóvil. Es importante que cubras estas tres varillas con un trozo de manguera de 10 mm que se encuentra suelto en la Caja 4 para que no haya contacto directo metal-metal con el sándwich de placas.

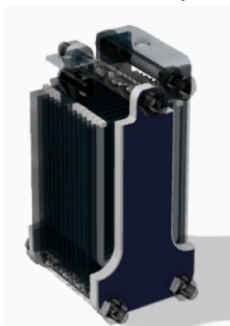


Figura 6. Sándwich con perfiles plásticos T y varillas protegidas con trozos de manguera de 10 mm, todo sujetado con tuercas y arandelas.



6. Toma las dos varillas roscadas restantes, de 11 cm cada una, y sujétalas con tuercas y arandelas a los perfiles "C" y "L" respectivamente. Estas varillas son las que sobresalen de la celda atravesando la tapa.



Figura 7. Diferentes perfiles del sándwich armado con las varillas exteriores incluidas.

7. Con una mecha de 6 mm, realiza con mucho cuidado y despacio, para no romper la tapa, los agujeros en esta para que pasen las dos varillas. Para ello, debes medir la separación que hayas conseguido al ajustar perfectamente todo lo anterior. Es importante que las varillas estén lo más alineadas y rectas posible, ya que, de lo contrario, dañarán la tapa cuando se coloquen en los agujeros. Ten en cuenta que la medida de los extremos no será la misma que la base de las varillas. Se recomienda hacer los agujeros en la tapa desde dentro hacia afuera.



Figura 8. Definición de distancia entre varillas y realización de agujeros.

8. En el empalme entre la tapa y las varillas es necesario colocar arandelas y tuercas de ambos lados, con buena cantidad de sella roscas en las uniones arandela-tapa, para lograr una excelente unión y más tarde no tener pérdidas.



9. Como último paso, realiza un agujero para el prensacable $\frac{3}{4}$ BSC en un costado de la tapa y pégalo nuevamente con sella rosca. Por allí pasará la manguera de 6 mm que irá posteriormente hacia el burbujeador. Coloca el frasco en la tapa.

¡Listo! ¡Ya tienes la celda armada!



Figura 9. Armado completo de la celda.

Paso 2:

B. BURBUJEADOR: Todos los elementos para construir el burbujeador están en la Caja 4, y también necesitarás conexiones de gas que se encuentran en la Caja 3.

El burbujeador es el paso intermedio entre la celda y el arrestallamas, y nos protege de cualquier eventualidad o error humano al aislarnos de la celda.

1. En las dos (2) roscas de entrada y salida del burbujeador, coloca los conectores rápidos de manguera de 6 mm que se encuentran en la Caja 3.

2. Toma la manguera de 6 mm que sale del prensacable de la celda y colócala en la entrada del burbujeador que se muestra en la imagen. Este mismo estará representado como la "salida" del burbujeador. Se pueden ver los símbolos en la tapa del filtro. Esto se debe a una cuestión constructiva del filtro que ahora estamos usando como burbujeador.



Figura 10- Burbujeador desarmado



3. Del mismo modo, en el otro extremo, que indicaremos como «entrada» del burbujeador, será ahora nuestra salida y debemos colocar otro tramo de manguera de 6 mm para dirigir el oxihidrógeno al arrestallamas.



Figura 11- Manguera de entrada y salida de frasco a burbujeador

4. Toma un reductor de neumática de 10 mm a 6 mm y conecta un extremo a la salida libre del burbujeador, que ahora está libre. Así podrás conectar después la manguera de mayor espesor a la entrada del arrestallamas.

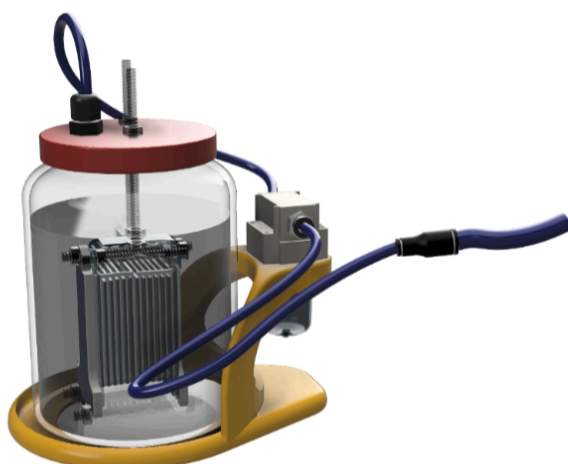


Figura 12- Reductor de 10mm a 6mm que comunicara el burbujeador con el arrestallamas

5. Para que el burbujeador quede estable e inmóvil, sobre todo para los ejercicios posteriores, debes colocar todo el conjunto en su posición correspondiente en la estructura impresa en 3D que se encuentra en la Caja 4. Te dejamos una imagen por si tienes dudas sobre cómo armarlo.

¡Listo! ¡Ya terminaste la con la construcción del burbujeador!

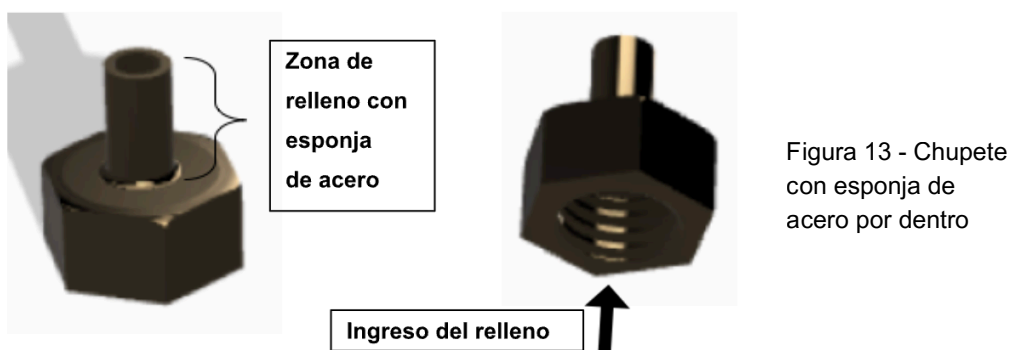


Paso 3:

C. ARRESTALLAMAS: Todos los elementos necesarios para construirlo están en la Caja 3 y también utilizaremos insumos de la Caja 4.

Este elemento nos protegerá igual que el burbujeador. Cualquier llama que hagamos después del arrestallamas no debería llegar bajo ningún concepto a la celda. Cada elemento que vamos a colocar tiene su razón de ser. En su conjunto, el arrestallamas tiene la función de frenar la propagación de la llama. Lo consigue reduciendo la temperatura del gas mediante la disipación térmica, creando un flujo tortuoso que interrumpe el frente de la llama y fragmentando el gas en pequeñas burbujas. De este modo, se evita que la combustión continúe su camino hacia la celda electrolizadora.

1. Toma las tuercas chupete de rosca 1/2 y coloca en su interior un pedacito de esponja de acero para que queden completamente cubiertos los cuellos.



2. Busca el niple $\frac{1}{2}$ de 15 cm (tubo de polipropileno rojo/bordo) y pon cinta de teflón por encima de la rosca de uno de los extremos y colocale una de las tuercas chupete.





3. Divide en tres (3) partes iguales el niple, marcando con un lápiz estas segmentaciones que deben quedar de 5 cm aproximadamente.

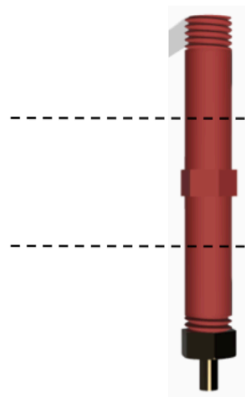


Figura 18. Segmentación del niple en tres partes iguales.

4. Coloca por dentro 1/3 de arena con alguna cuchara respetando la referencia que haz hecho por fuera. Asegúrate que la arena este completamente seca.

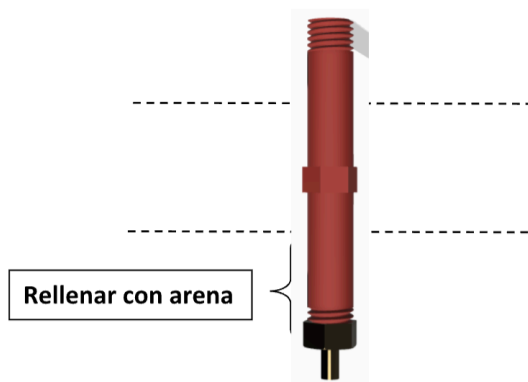


Figura 15 - Primera parte rellenada con arena



Figura 16 - Corte del arrestallamas

5. Por encima de la arena, coloca 1/3 de vidrio molido.



Figura 17 - Segunda parte rellenar con vidrio molido



Figura 18 - Corte del arrestallamas



6. Por último, rellena el tercio que te falta nuevamente con arena.

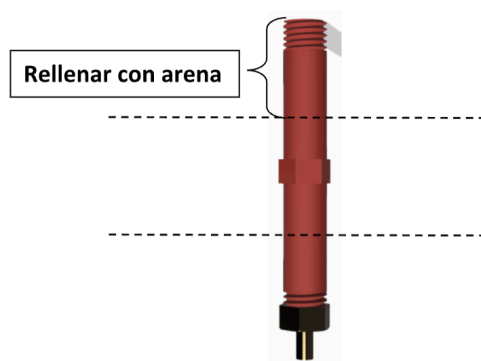


Figura 19 - Tercera parte volver a rellenar con arena



Figura 20 - Corte del arrestallamas



Figura 21 - Arrestallamas

7. Pon al otro extremo del niple, sobre la rosca, cinta teflón como lo hiciste en el primer lado y cierra el mismo con la tuerca chupete que ya habías preparado con esponja de acero en un paso anterior.

8. Únelo con la manguera de 10 mm de la salida del burbujeador. Para terminar, agrega también unos pocos centímetros de manguera de 10 mm del otro lado del arrestallamas para darle mayor longitud y comodidad a la manguera de salida de nuestro oxihidrógeno, con el que haremos todas las ejercitaciones más adelante.

¡Listo! ¡Finalizaste el armado del arrestallamas!

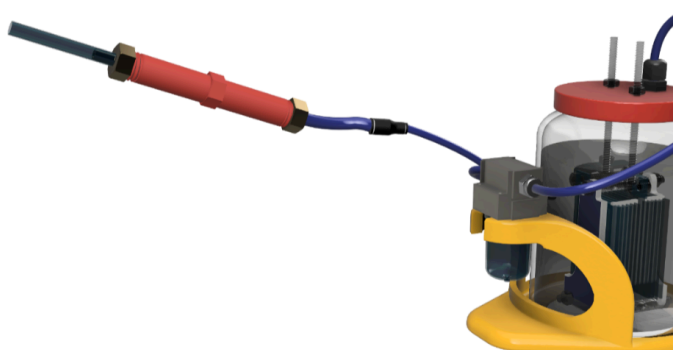


Figura 22 - Arrestallamas, burbujeador, soporte, celda y conexiones de gas.



Paso 4:

D. CONEXIONES DE ELECTRICIDAD: Todos los elementos para armar este punto están en la Caja 6.

En este paso presentaremos el panel solar / la fuente de CC 12V / Batería de 12V (no incluidos en el kit) de la celda a una distancia de aproximadamente un metro entre ellos, pero sin conectar el sistema a la fuente de energía, ya que aún no es tiempo de hacer circular corriente por la celda.

1. Mide y corta un tramo de cable rojo y otro de cable negro para comunicar el panel solar con los bornes de la celda. En un extremo de cada cable, coloca los terminales solares (MC4) (no incluidos en el kit) y, en el otro extremo, coloca los terminales ocales. Si se realiza el experimento con una fuente de CC de 12 V o una batería de 12 V, no serán necesarios los terminales solares, pero sí los terminales del equipo.

Recuerda que aún no conectamos nada. Solo presentamos y dejamos listos los cables para hacerlo en el siguiente paso.

IMPORTANTE: Realizar los siguientes ejercicios antes de hacer pasar electricidad por el sistema armado.

EJERCICIOS PARA ANTES DE CONECTAR EL SISTEMA ARMADO A LA ALIMENTACIÓN

Hasta acá hemos llegado con nuestro sistema armado pero no conectado, es decir, aún no estamos produciendo oxihidrógeno (HHO).

En este momento vamos a hacer las pruebas previas a la conexión con el objetivo de asegurarnos que el sistema que acabamos de armar no tenga contacto entre placas, ni pérdidas de gas. Para ello sigue los siguientes pasos:

Verificación de conductividad entre placas:

1. Con el multímetro digital colocado en ohm, comprueba que las placas del sándwich que has armado en el apartado A no se toquen entre sí, es decir, que no haya continuidad entre ellas. Si esto ocurriera, revisa el sándwich para encontrar el punto de contacto. Para realizar estas mediciones correctamente, debes medir pares de placas consecutivas y, por último, la continuidad entre los bornes de la celda.



Verificación de pérdidas de gas:

2. Pon agua desmineralizada o destilada con un sobre de bicarbonato de sodio (se encuentran en la Caja 3) en la celda y bate bien esta mezcla hasta que sea homogénea. Coloca agua de la canilla en el burbujeador, dejándoles a ambos un espacio de aire reducido. En el caso de la celda, asegúrate de que todas las placas se encuentran en contacto total con el agua, pero sin llenar ninguno de los dos recipientes hasta el tope.

Recuerda que lo que vamos a producir es gas, que se alojará siempre por encima del agua, por lo que las salidas de las mangueras de ambos recipientes no deben tocar el agua.

3. Cierra con buena presión ambos recipientes (son a rosca). En el caso del frasco de la celda, dale unas vueltas de cinta de teflón a la rosca para hermetizar dicha unión.

A la unión de la tapa con el recipiente, colócale tres o cuatro vueltas de cinta aislante, estirándola para que quede bien pegada en toda la superficie de unión.

5. Toma detergente con agua y, con la ayuda de la esponja (elementos que están en la caja 7), empapa toda la superficie por donde pueda escapar gas, por ejemplo, la unión tapa-recipientes, la unión arandela-tapa, tapa-prensacable, entre otras.

Cuando toda la superficie de ambos recipientes esté cubierta de agua con espuma, insufla aire con la boca a través de la manguera. Ten en cuenta que, en el caso del burbujeador, deberás tapar con el dedo la salida de este para que aumente la presión.

Si se forman burbujas, significa que hay pérdidas de gas. Por lo tanto, hay que sellar estas salidas con los materiales de la caja 3 (cinta, sella-rosca, teflón).

6. Cuando hayas sellado y dejado secar todo el tiempo necesario, vuelve a realizar la prueba para ver si aparecen nuevas pérdidas o si no se han tapado bien las que ya has corregido.

IMPORTANTE: Estos ejercicios previos a la producción de oxhidrógeno (HHO) son muy importantes, no solo para su correcto funcionamiento sino para seguridad. Por favor, realizarlos.



CONEXIÓN FINAL DE LA CELDA PARA SU FUNCIONAMIENTO

IMPORTANTE: Hacer estos ejercicios CON la presencia de un DOCENTE.

¡Por fin hemos llegado a la mejor parte! ¡Vamos a conectar nuestro sistema para comenzar a producir oxihidrógeno verde! Para ello, sigue estos pasos:

1. Identifica el panel solar y la posición de los bornes de salida que tiene adosados en la parte trasera.
2. Con los cables negros de salida del panel, que tienen la polaridad marcada (cuestión muy importante), tómalos y conéctalos a los terminales solares de los cables que habíamos preparado en el paso 4, uniendo la salida positiva del panel con el cable rojo (+) y la salida negativa del panel con el cable negro (-).
3. Aún tenemos los dos extremos de nuestros cables rojo y negro libres. Con ellos, y del lado de los terminales ojales, vamos a conectar nuestra celda. He aquí un concepto muy importante: presta atención. El cable rojo positivo va a la placa del medio, es decir, a la varilla roscada que está adosada al perfil "L". Con el cable negro, que es negativo, conectamos la otra varilla que sobresale, que es la que tiene el perfil "C" y conecta las placas de afuera. Esto se debe a que en una molécula de agua (H_2O) hay dos hidrógenos (H^+) y un oxígeno (O^{--}). Como polos opuestos se atraen, desde la polaridad positiva (cable rojo) vamos a estar atrayendo los oxígenos.

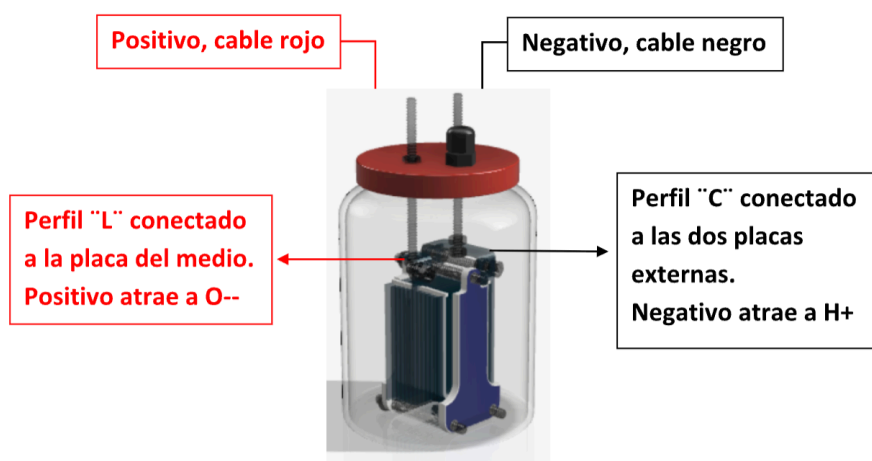


Figura 23 - Forma de conexión de la celda



Coloca los terminales ojales pequeños como se indicó, ponles arandelas y presiónalos con tuercas. Como recomendación, coloca los elementos en este orden: tuerca, tuerca, arandela, terminal ojal, arandela, tuerca final, y ajusta bien todas para que la conexión sea buena.

IMPORTANTE: Revisar todas las conexiones **antes** de energizar el sistema.

Cuando tengas todo conectado y sea horario diurno para que el panel solar entregue energía en forma de corriente eléctrica, comienza a observar la producción de oxihidrógeno verde (HHO).

Te sugerimos que tomes el multímetro digital y anotes en un papel el tiempo de funcionamiento y el voltaje del sistema cada cierto tiempo. Para darte cuenta de si se está produciendo HHO en la salida del burbujeador, debes observar las burbujas en su interior. ¡Le hace honor a su nombre!



Guía de ejercicios y normas de seguridad

IMPORTANTE: Hacer estos ejercicios CON la presencia de un DOCENTE

Ejercicio 1: Miniexplosión de HHO

Llena de agua mineralizada, común, algún recipiente vacío (puedes usar los que están dentro del kit) y añade un poco de detergente, mezclándolo con el agua.

A continuación, con la celda en funcionamiento, introduce la salida del arrestallama en el agua que acabas de preparar.

Sáca el arrestallama, aléjalo y, **solamente** con las burbujas que acabas de generar, haz combustionar el hidrógeno verde. Es decir, acerca la llama del Magiclick al lado de las burbujas.

Notarás un ruido muy fuerte, ya que el hidrógeno es muy inflamable y el oxihidrógeno, muy explosivo. A medida que pase el tiempo y se haya desplazado todo el aire que inicialmente había en el circuito, las explosiones serán más potentes.

NORMAS DE SEGURIDAD DEL EJERCICIO 1:

1. Este ejercicio debe ser realizado por el DOCENTE A CARGO.
2. Asegurarse de acercar el fuego del Magiclick solo cuando tenemos burbujas en el recipiente y que este se encuentre lejos de nuestro kit de producción de oxihidrógeno.
3. **¡No acercar el encendedor a ninguna de las salidas de nuestro kit!**
¡Recordar que estamos produciendo una buena cantidad de HHO tanto en la celda como en el burbujeador!



EJERCICIO 2: Medición del caudal de hidrógeno producido

Llena hasta la mitad de agua común mineralizada el recipiente 2, y llena hasta el tope la probeta que se encuentran ambos en la Caja 7.

Da vuelta la probeta dentro del mismo recipiente. Con la manguera en la salida del burbujeador, introdúcela en la probeta y, con la ayuda de un cronómetro, mide cuánto tarda el gas en ocupar todo el espacio de la probeta. Es decir, el gas va a reemplazar el volumen que antes ocupaba el agua dentro de la probeta.

Sabiendo que el volumen de la probeta es de 50 cm^3 y teniendo el tiempo de llenado de gas, podemos calcular el volumen de oxihidrógeno producido.

a. Calcula el caudal de producción de oxihidrógeno verde, expresado en cm^3/s y en L/min .

b) ¿El flujo de gas fue constante o fluctuante? Explica las posibles razones.

IMPORTANTE: Medir tensión y corriente del sistema.

NORMAS DE SEGURIDAD DEL EJERCICIO 2:

1. Como en este punto no interviene el fuego, no hay mayores riesgos. Sólo asegúrate que el soporte sostenga al burbujeador para que el mismo no se tambalee y caiga mientras se hace el ejercicio.



EJERCICIO 3: Cálculo de la eficiencia de la celda electrolítica

Se mide la tensión (V) y la corriente (A) a la salida del panel solar con el téster y, luego, se realiza el producto de estos dos por el mismo tiempo que se ha contabilizado en el caso del Ejercicio 1.

En este caso, vamos a tomar el volumen obtenido en el Ejercicio 1 e introducirlo en la siguiente ecuación termodinámica de la ley general de los gases:

En nuestro caso, sería:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

P = se considera 1 atm

V = volumen medido

n = incógnita

R = Constante de los gases, que es 0,082 L.atm/mol.K

T = Temperatura en grados Kelvin ($K = C + 273$), siendo K la temperatura en Grados Kelvin y C la temperatura en Grados Celcius.

Despejando de la fórmula los moles de oxihidrógeno y sabiendo que un mol de hidrógeno al combustionar tiene una energía de 286 kJ y que 1 kWh son 3600 kJ, se hacen las reglas de tres y se pasan las unidades a kWh, obteniendo así el numerador de nuestra fracción de "energía real". Tener en cuenta la ecuación general de disociación del agua.

El número de moles que obtenemos de la fórmula anterior es el número total de moles, pero el que nos interesa para el cálculo de la energía real es el número de moles de hidrógeno.

Analiza los datos de la eficiencia obtenida y ¡saca tus propias conclusiones debatiendo con tus compañeros!



EJERCICIO 4: Globos en acción

Con los globos provistos en la Caja 7, y el sistema conectado y produciendo HHO unos 15 a 20 minutos, vamos a inflar uno colocándolo a la salida del arrestallamas. Si te queda más cómodo podés agregar a la salida del mismo un trozo de la manguera de 10 mm. Sujeta bien el cuello del globo para no tener pérdidas de oxihidrógeno.

Luego, tomando otro globo, inflalo con la boca, es decir, con aire, intentando que quede de la misma medida que el anterior.

Procede a soltar de tu mano ambos globos y... ¡Analizá lo que pasa!

EJERCICIO 5: Cambio de parámetros

Vamos a repetir los ejercicios 2 y 3, pero modificando una variable fundamental de la celda: la concentración de la solución electrolítica. Es decir, la cantidad de bicarbonato de sodio que se añade al agua destilada. Realiza ahora los s 2 y 3 del manual, pero con una cantidad menor de electrolito disuelto. Para ello, colocaremos la solución que tenemos actualmente en otro recipiente para poder usarla más adelante y llenaremos la celda con agua destilada nuevamente, agregando una porción menor de bicarbonato de sodio que la primera vez.

¿Qué resultados obtenés? ¿Por qué cree que pasa esto? ¡Saca tus propias conclusiones!

NORMAS DE SEGURIDAD DEL 5

1. Bajo ninguna medida intentar explotar el globo con fuego.
2. Observar el techo antes de soltar el globo, para asegurarse que en el mismo no haya ningún punto caliente.



PARA FINALIZAR

Para finalizar, te pedimos por favor que guardes los materiales ordenados según las siguientes indicaciones. No vamos a desarmar todo lo que hemos logrado para sellar correctamente la celda y el burbujeador. Se les quitará el líquido que tienen dentro y, una vez estén completamente secos, se guardarán tal y como están dentro de la caja provista.

Para ello, hay que quitar las conexiones que unen los componentes entre sí. Por ejemplo, las mangueras y los cables. Estos artículos y el resto de los materiales que hemos utilizado para realizar los ejercicios se devolverán a sus respectivas cajas siguiendo el listado de la Tabla 1. De esta manera, nos aseguramos de que, si otro grupo quiere seguir aprendiendo y utilizar el kit, pueda hacerlo sin problemas.

¡Muchas gracias por tu atención y compromiso! ¡Esperamos que hayas podido aprender mucho sobre el HIDRÓGENO VERDE!

¡Nos vemos la próxima!



Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE

Cofounded by:



WISONS
of sustainability

on the basis of a decision
by the German Bundestag





EnergíaJoven

WWW.ENERGIAJOVEN.AR

Son bienvenidas tus sugerencias
sobre este material didáctico a
info@500rpm.org



SIEMENS | Fundación



Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action



INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE

Cofounded by:



WISIONS
of sustainability

on the basis of a decision
by the German Bundestag