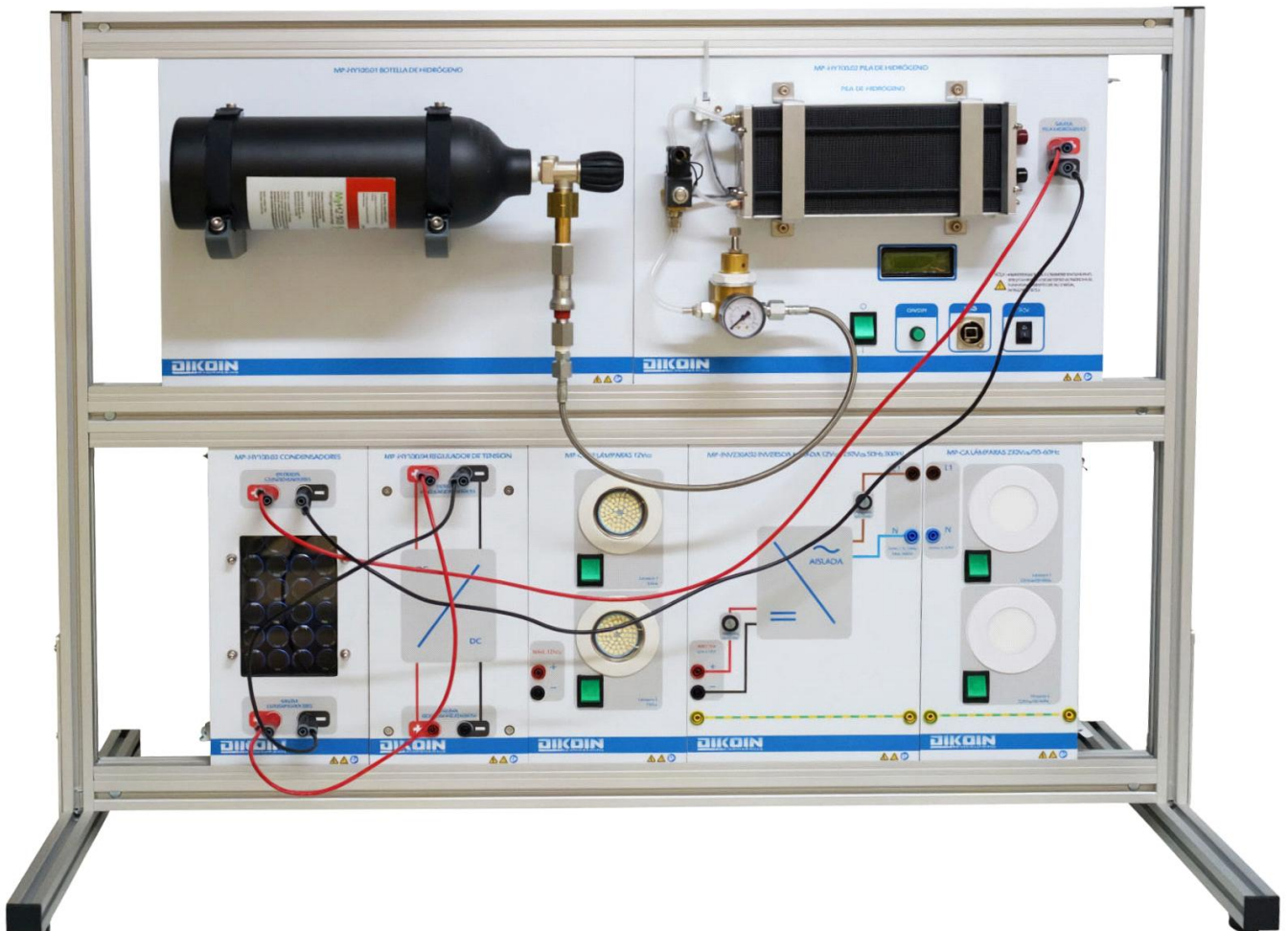


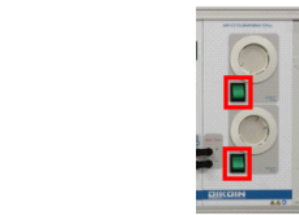


The Hydrogen Vector Trainer (HY100) is a didactic system designed to provide a practical demonstration of the operation of a PEM fuel cell and the associated stages of energy conversion, conditioning and use. The unit reproduces the functional layout of a hydrogen-based installation, enabling a clear and structured understanding of the complete process, from generation to electrical consumption.

The system integrates a PEM fuel cell supplied by a metal hydride cylinder, which provides a safe and stable hydrogen supply. The fuel cell delivers a nominal output of 36 V DC, with enhanced stability provided by a supercapacitor module that compensates for rapid load variations. A DC/DC regulator then converts this voltage to 12 V DC, suitable both for powering a resistive load and for supplying the didactic inverter, which generates 230 V AC.

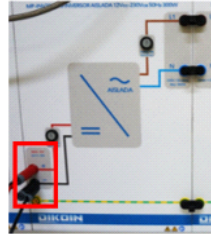
The complete system is mounted on an accessible didactic panel, with the modules interconnected through visible terminals that make each stage of the process easy to identify. The HY100 also includes professional monitoring software, allowing real-time display of the stack voltage, current, power and temperature, as well as data logging for subsequent analysis.

Thanks to its modular design and pedagogical approach, the HY100 is an ideal training tool for electrical engineering, renewable energy and hydrogen technology education.



2.3.2. Conversión de corriente continua a corriente alterna

- Conectar la salida del regulador de carga al módulo panel del inversor mediante los cables de conexión.

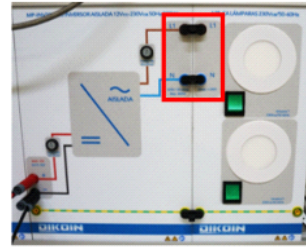


- Este módulo se encarga de transformar la energía proporcionada por el regulador de corriente continua 12V a corriente alterna 230V-50Hz.
- Es capaz de alimentar cargas de corriente alterna a ese nivel de tensión.

12 HY100 - Entrenador de vector hidrógeno (H₂)

2.3.3. Conexión cargas 220v corriente alterna

- Conectar la salida del módulo del inversor a la entrada del módulo panel de consumo de corriente alterna mediante puentes de conexión.



- El módulo panel de corriente alterna dispone de dos lámparas de diferente consumo.
- Al encender los interruptores, el regulador se encarga de alimentar las cargas a partir de la energía generada por la pila de hidrógeno, una vez transformada por el inversor a corriente alterna.

HY100 - Entrenador de vector hidrógeno (H₂) 13

The manual shows clearly and with a lot of images, the hole process to operate the equipment.

3. Prácticas realizables

3.1. Estudio del funcionamiento general de la pila PEM

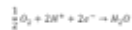
3.1.1. Fundamento teórico

La pila de combustible de este equipo utiliza tecnología PEM (Proton Exchange Membrane), cuyo funcionamiento se basa en una reacción electroquímica que transforma la energía química del hidrógeno en energía eléctrica de forma directa, sin combustión.

Cuando el hidrógeno entra en el ánodo de la pila, es separado en protones (H⁺) y electrones (e⁻) gracias a la acción de un catalizador (generalmente platino). La reacción en el ánodo es:



La membrana PEM permite el paso de los protones hacia el cátodo, pero impide el paso de los electrones, obligándolos a circular por el circuito externo. Ese flujo de electrones constituye la corriente eléctrica que alimentará las cargas del sistema. Los protones que atraviesan la membrana se combinan en el cátodo con el oxígeno del aire y los electrones que regresan por el circuito, formando agua:



La reacción global es:



La tensión que genera la pila es el resultado de la suma de las tensiones de cada celda individual. Si cada celda produce aproximadamente 0,7 V bajo carga, un stack de unas 50 celdas producirá:

$$V_{stack} \approx 0,7 V \times 50 \approx 35 V$$

En vacío, la tensión es mayor debido a que no hay caída de tensión por corriente, pudiendo alcanzar entre 45 y 57 V, según la pila.

14 HY100 - Entrenador de vector hidrógeno (H₂)

La potencia eléctrica generada se calcula mediante:

$$P = V \times I$$

donde V es la tensión del stack e I la corriente suministrada a la carga.

El software de monitorización permite observar en tiempo real cómo estos parámetros evolucionan con el tiempo, especialmente durante el arranque y ante cambios de carga.

3.1.2. Método

- Abre el paso de hidrógeno desde la botella de hidrógeno metálica.



- Encender el sistema electrónico de la pila y esperar a que el software muestre que está lista para funcionar.

15 HY100 - Entrenador de vector hidrógeno (H₂)

The instruction manual explains and shows all the theoretical foundations, as well as all the mathematic expressions used during the experimentation.

LEARNING OBJECTIVES

- Study of the operation of a PEM fuel cell and the associated energy system through the monitoring of electrical and thermal variables:
 - Voltage
 - Current
 - Power
 - Stack temperature
- Analysis of the effect of supercapacitors on system stability
- Study of energy conversion from 36 V to 12 V by means of a DC/DC regulator
- Supply and analysis of DC loads
- Study of energy conversion from 12 V to 230 V by means of an inverter
- Testing with AC loads
- Evaluation of system efficiency and the complete energy flow
- Use of data acquisition and analysis software for reading, graphical representation, recording and export of variables
- Comparison of system behaviour with DC and AC loads

TECHNICAL DATA

- Generation technology: PEM fuel cell, with integrated electronic management and internal voltage, current and temperature sensors.
- Stack output voltage: 30–50 V DC (approx. 36 V nominal, depending on load and H₂ flow rate).
- Stack power: up to 300 W.
- Hydrogen supply: low-pressure metal hydride cylinder.

Electrical conditioning

- Stabilisation by means of supercapacitors: maximum voltage 36 V.
- Internal DC/DC conversion: regulated 12 V DC output.

AC conversion

- Inverter: 12 V DC → 230 V AC.

Included loads

- 2 lamps, 12 V DC.
- 2 lamps, 230 V AC.

System monitoring

- Software with real-time reading of stack voltage, current, power and temperature.
- PC connection via USB.

- Operation: silent and emission-free, with water vapour as the only by-product.

SAFETY

- Low-pressure operation due to metal hydride storage.
- Hydrogen sensor.

Dimensions

- Dimensions: 1,072 x 800 x 512 mm.

REQUIREMENTS

- Input: 230V/50Hz. (Others available, please ask).
- The system requires recharging the metal hydride with hydrogen for its operation. Hydrogen generators are sold separately.

NOTE

The software is optional. PC not included.