

Desarrollo en Python de un Modelo Dinámico del Balance de Planta de un Electrolizador Alcalino para su Integración en Servicios de Red

R. Canalejas, E. Albertín,
R. Pérez, L. Abadía

Fundación para el Desarrollo de Nuevas
Tecnologías del Hidrógeno en Aragón, España

www.elyntegration.eu
PUBLIC: Iberconappice 2017



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Confederation

Federal Department of Economic Affairs,
Education and Research EAER
**State Secretariat for Education,
Research and Innovation SERI**



elyntegration



This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking under grant agreement No 671458. This Joint Undertaking receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Spain, Belgium, Germany, Switzerland. This work is supported by the Swiss State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI), Contract No 15.0252

Indice

1. *BACKGROUND*
2. *OBJETIVOS DEL MODELO*
3. *REQUISITOS*
4. *DESARROLLO DE LA TAREA*
5. *RESULTADOS*
6. *CONCLUSIONES*



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



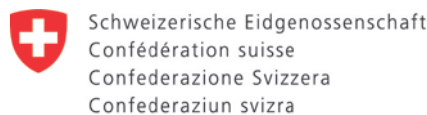
BACKGROUND

❑ Proyecto *ELYNTEGRATION*

- Optimización de procesos de *Electrólisis Alcalina* para su uso bajo modelos de negocio innovadores → Servicios de Red
- Objetivo final: **diseño de BOP integrado para Stack Alcalino 10 MW**
 - Reducción de costes: **CAPEX** y **OPEX**

❑ Aproximación multidisciplinar al proyecto

- Mejora de componentes
- Búsqueda de modelos de negocio
- Testeo a nivel piloto e industrial



OBJETIVOS DEL MODELO

- ❑ Soporte al desarrollo del balance de planta de Stack Alcalino industrial de 10 MW
 - Integración de Modelos de Negocio a estudio + Mejoras de diseño en los componentes
 - Simulación de la operación del sistema ante caso real
 - Evaluación de posible aprovechamiento de recursos secundarios

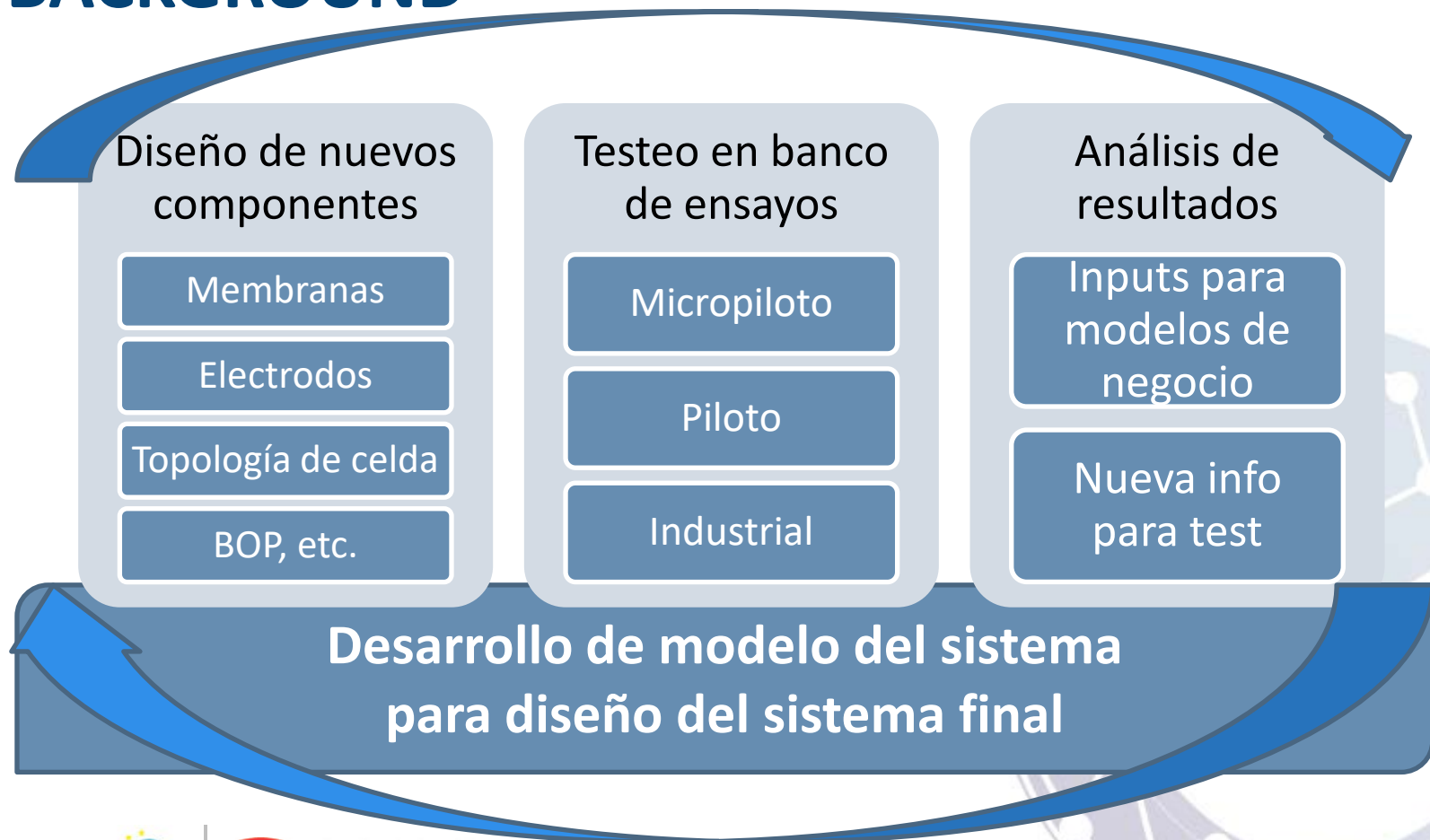
➤ Reducción en Costes Fijos y Variables de la instalación



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



BACKGROUND



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



FUNDACIÓN PARA EL
DESARROLLO DE LAS NUEVAS
TECNOLOGÍAS DEL HIDRÓGENO
EN ARAGÓN



REQUISITOS

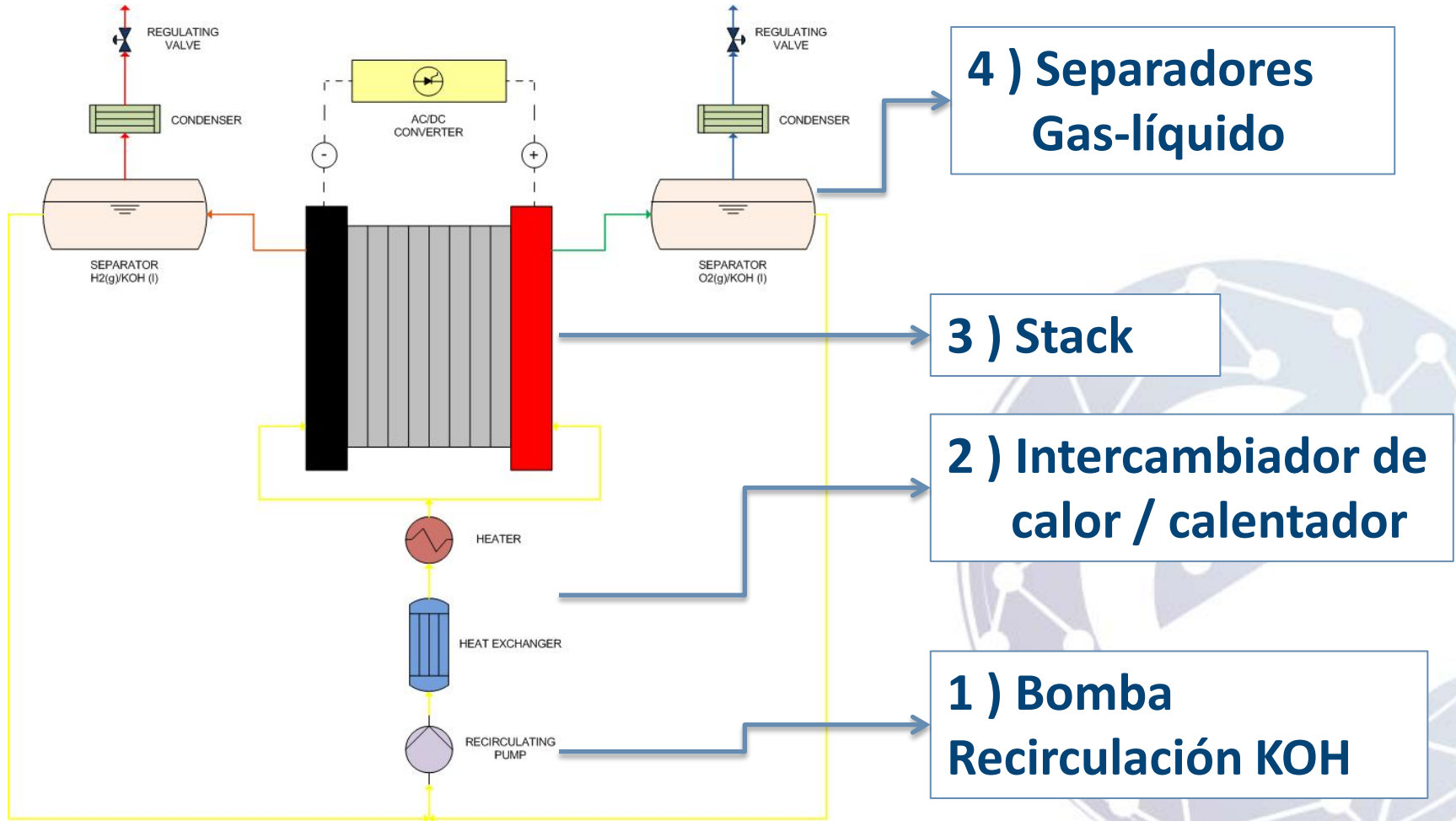
- Servicios de red → Alta variabilidad en la carga demandada por STACK
 - *Modelo dinámico*
- Representación simultánea de procesos de distinta naturaleza
 - *Versatilidad*
- Basado en software Open Source
 - *Python*
 - *Aproximación Analítica*



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



ESQUEMA DEL BALANCE DE PLANTA



DESARROLLO DE LA TAREA

- **Análisis del Balance de planta**
 - Elección de equipos más significativos
 - Descripción de componentes y procesos (balances energéticos y de masa)
 - Definición de Inputs
- **Condiciones de ensayo**
 - Temperatura de *stack*
 - Presión de operación
 - Características electrolito
 - Densidad de corriente aplicada
 - Interrumpibilidad prevista
- **Características estructurales**
 - Dimensiones totales y materiales de *stack*, celda, membrana y electrodos
 - Dimensionado otros equipos (intercambio de calor, separadores, calentador)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



DESARROLLO DE LA TAREA

- Implantación en el modelo
 - Evaluación iterativa con escalones temporales de 1 segundo
 - Script compuesto por bloques simulando cada componente
 - Inputs/outputs: buses de datos
- ➔ ***vector de flujo de líquidos y gases***
 - Suposiciones típicas: Gas Real, líquido incompresible, propiedades por polinomios NASA



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



DESARROLLO DE LA TAREA

Elemento central de la simulación → **STACK Alcalino**

$$U_c = E_{t,P}^{rev} + \Delta U_{a/c} + \Delta U_{Op} + \Delta U_{Ele-\varepsilon}$$

$$1. E_{t,P}^{rev} = E_{t,P_o}^{rev} + \frac{RT}{nF} \ln \left((P - P_w)^{1.5} \frac{P_w^*}{P_w} \right)$$

$$2. \Delta U_{a/c} = \frac{2.3026RT}{\alpha_{a/c} nF} \left(\log \frac{i}{i_0^{a/c}} - \log(1 - \theta) \right)$$

$$3. \Delta U_{Op} = \sum_{\substack{\text{Membrana,} \\ \text{Electrolito,} \\ \text{Electrodos}}} \left(\frac{e_{Comp}}{K_T^{Comp} A_{Comp}} \right) * i$$

$$4. \Delta U_{Ele-\varepsilon} = \frac{e_{Elect}}{K_{C,T}^w} \left((1 - \varepsilon)^{1.5} - 1 \right) * i$$

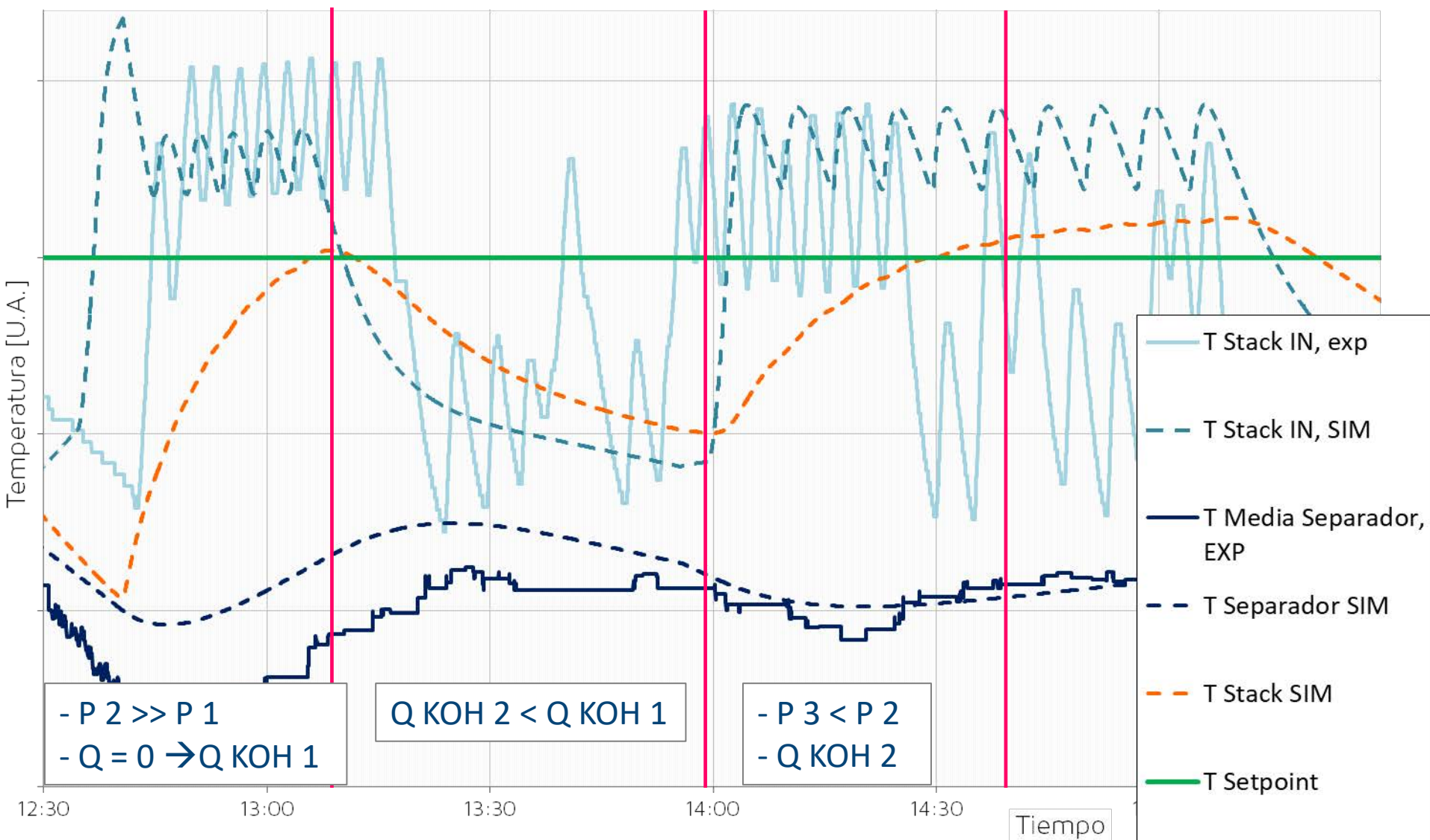
Fuente: “New multi-physics approach for modelling and design of alkaline electrolyzers”

International Journal of Hydrogen Energy, volume 37 issue 19 pags. 13895-13913 (2012)

Autor: Hammoudi et al.

RESULTADOS

Efecto de la variación de las condiciones de operación del BOP en Temperatura de Stack, Calentador y Separadores



CONCLUSIONES

- Desarrollado un modelo dinámico de electrolizador y BOP completo
- Validado con datos de operación real, comprobadas tanto inercias térmicas como rendimiento eléctrico
- Implantación para evaluación de nuevos modelos de negocio, simulación de casos excepcionales, etc.
- *Trabajo próximo:* uso del modelo para optimización del diseño industrial



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



¡Gracias por su atención!




Rubén Canalejas

Ingeniero Industrial / Área I+D

rcanalejas@hidrogenoaragon.org

This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking under grant agreement No 671458. This Joint Undertaking receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Spain, Belgium, Germany, Switzerland. This work is supported by the Swiss State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI), Contract No 15.0252



 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra





elyntegration

Workshop

H₂ applications and end users:
challenges, barriers and lessons learned

8th
November
Zaragoza, Spain

Save the date!

Session 1:

Electricity market, RE penetration,
alternative grid management and
storage alternatives

Session 2:

H₂ as a link between electricity and
gas markets

Session 3:

H₂ as a link to other markets
(petrochemical-steel-glass-feed)
where H₂ enters the productive
process/mobility

More info

www.elyntegration.eu

Vanesa Gil

vgil@hidrogenoaragon.org