

# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

D. Garcia Sanchez, K.A. Friedrich.  
*German Aerospace Center,  
Institute of Technical Thermodynamics  
Stuttgart / Germany*

Knowledge for Tomorrow



# DLR

German Aerospace Center

➤ Campos de investigación:

- Tecnología Espacial
- Aeronáutica
- Energía
- Transporte
- Seguridad

6700 empleados en 33 institutos de investigación



# Resumen

- ✓ Investigación de la fenomenología oscilatoria bajo condiciones de deshidratación en el cátodo:
  - Medidas de las distribuciones de densidades de corriente en el proceso.
  - Investigación del origen del proceso oscilatorio (ignición).

-Referencias de trabajos sobre las oscilaciones PEFC:

J. R. Atkins, S. C. Savett, and S. E. Creager, *Journal of Power Sources* 128:201 (2004)

J. F. Moxley, S. Tulyani, and J. B. Benziger, *Chemical Engineering Science* 58:4705 (2003).

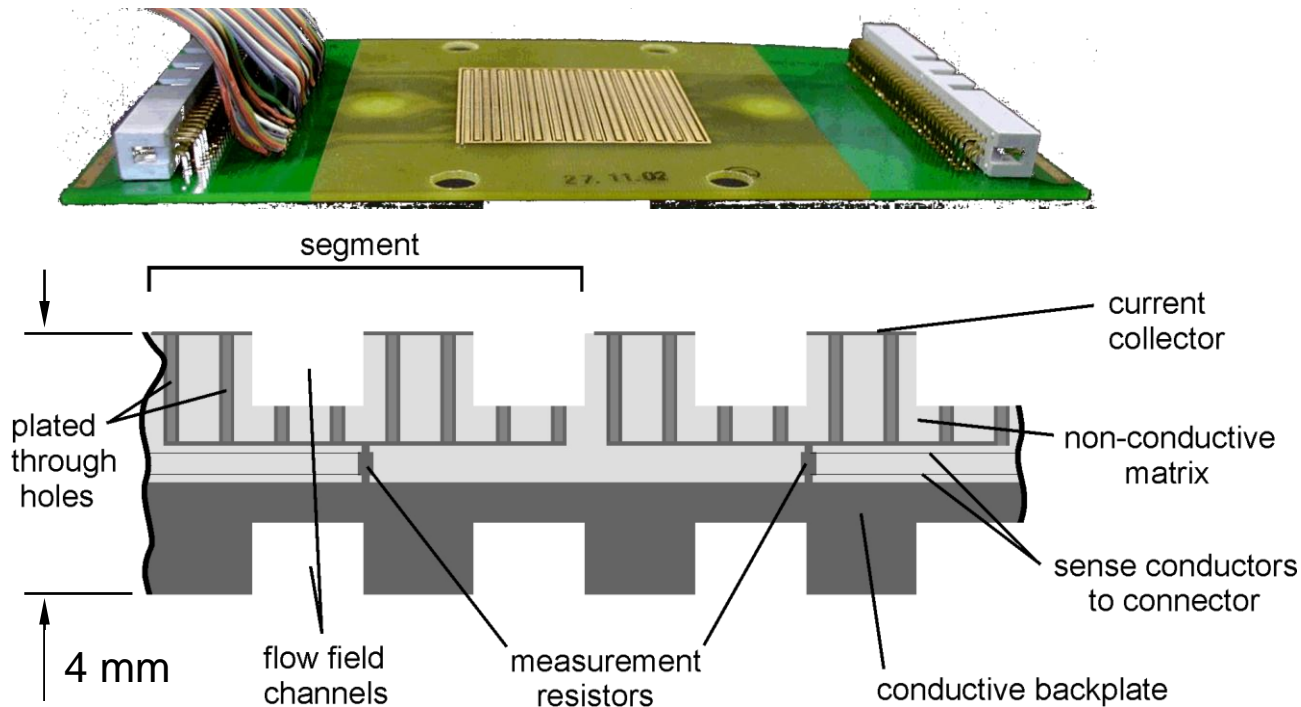
J. Benziger, E. Chia, J. F. Moxley, and I. G. Kevrekidis, *Chemical Engineering Science* 60:1743 (2005).

D. Garcia Sanchez, D. Diaz, R. Hiesgen, I. Wehl, and K.A. Friedrich, *J. Electroanal. Chem.* 649 (2010) 219-231.

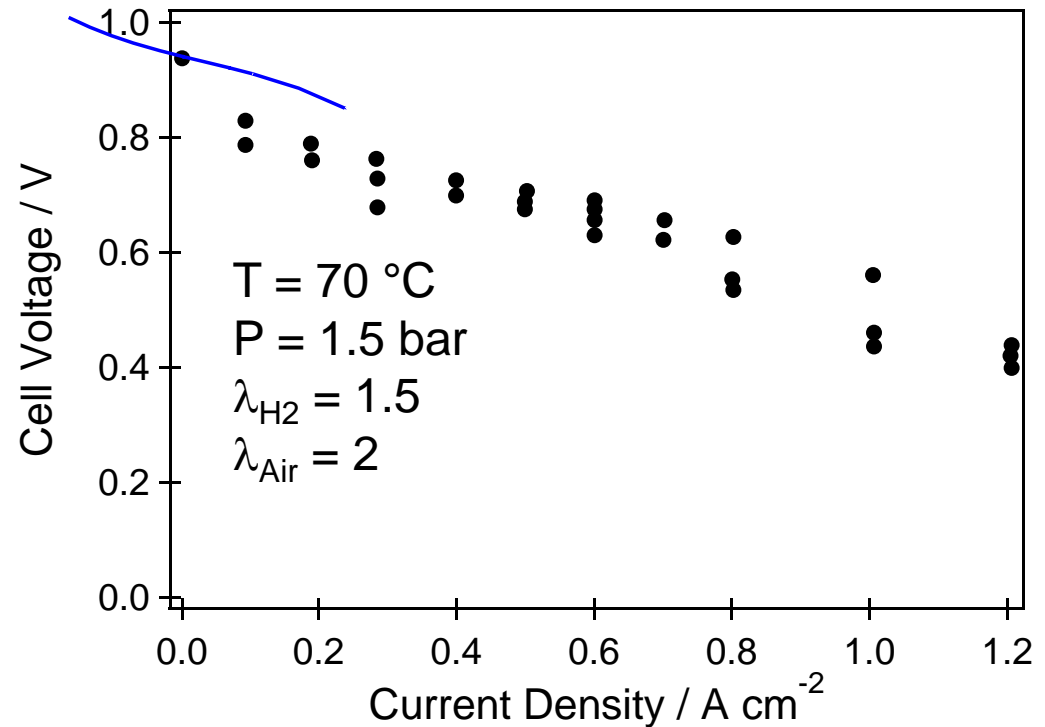
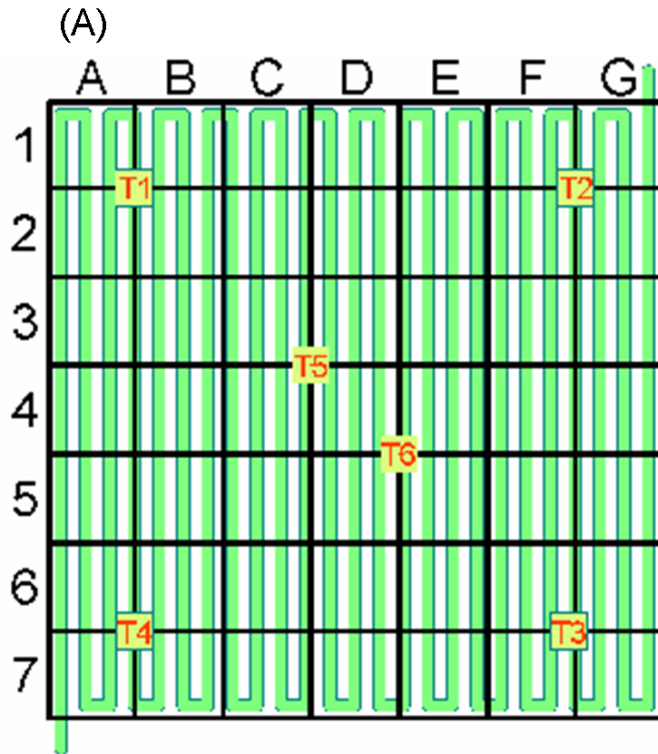


# Placa Bipolar Segmentada

- **Medidas de las distribuciones de densidades de corriente, temperaturas e impedancias**
- **Tecnología de circuitos integrados**



# Distribución de flujos, curva de polarización de la MEA utilizada (IONPOWER)



Configuración **A** (co-flow):

Ánodo: Entrada G1 Salida A7

Cátodo: Entrada G1 Salida A7

Configuración **B** (counter flow):

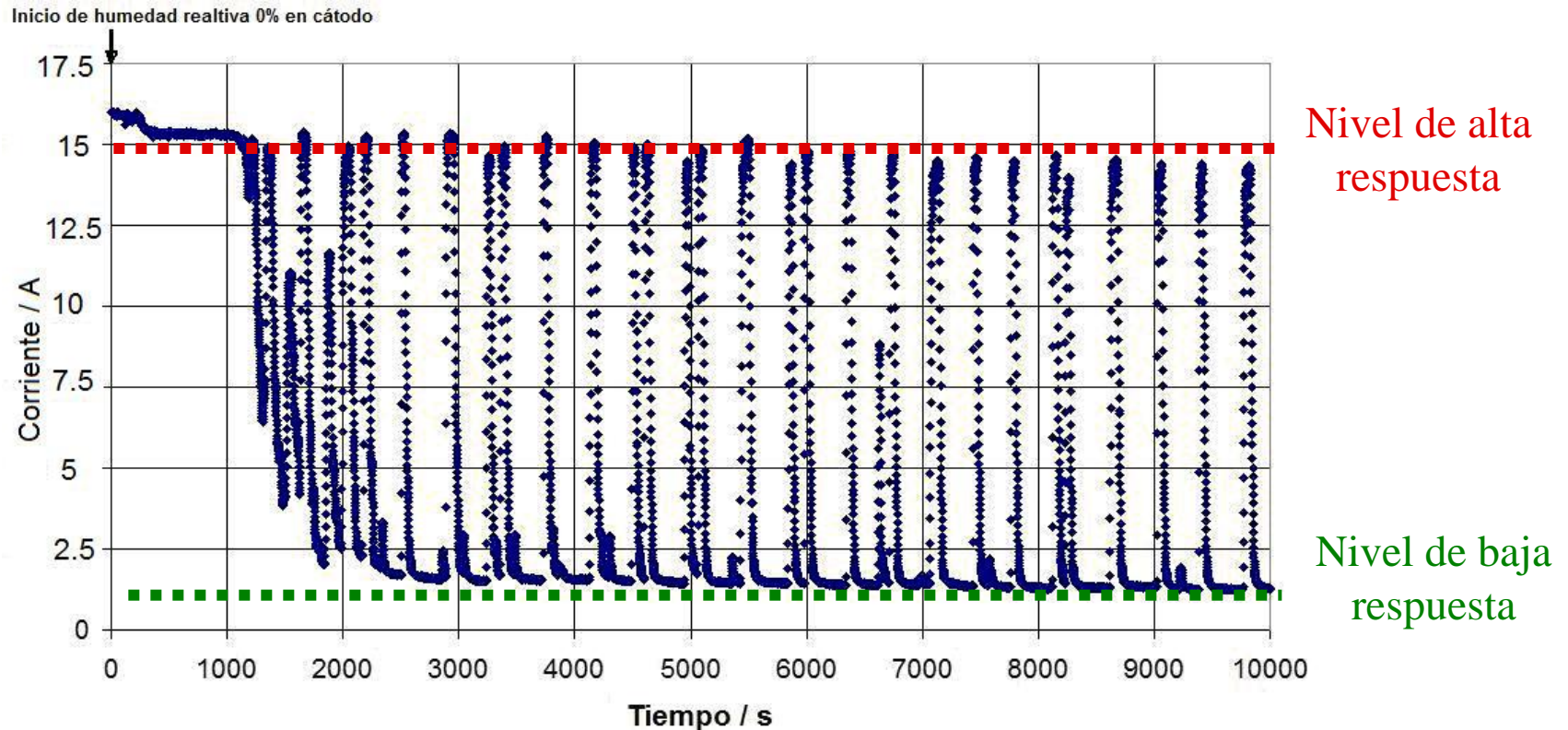
Ánodo: Entrada A1 Salida G7

Cátodo: Entrada G1 Salida A7



# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

Humedad relativa: Cátodo=0%, Ánodo =152% (condiciones de condensación)

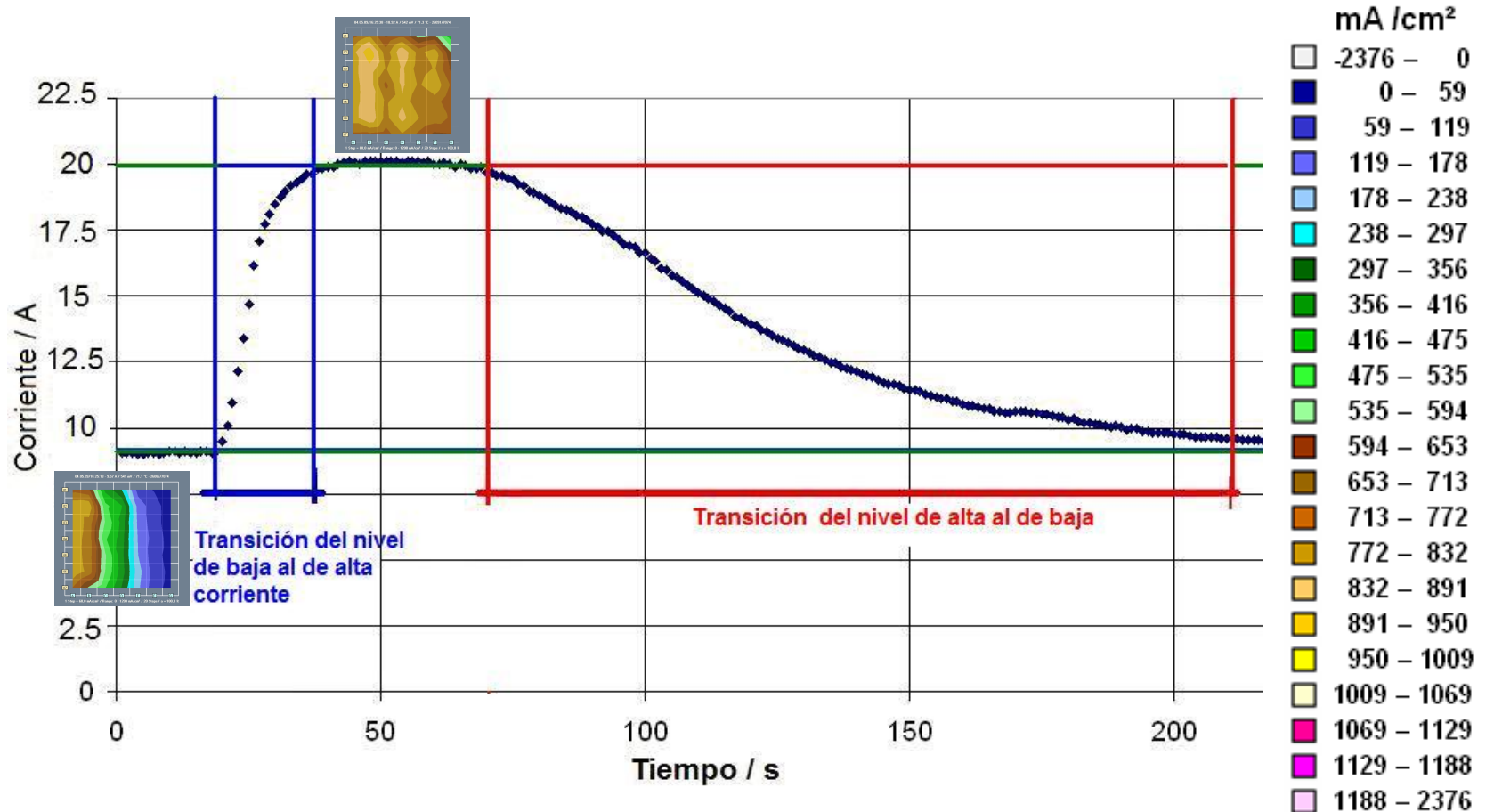


Voltaje:500mV; Flujos H<sub>2</sub>=180ml/min Air=560ml/min Co-flow



# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

## Descripción del fenómeno: Detalle de una oscilación:

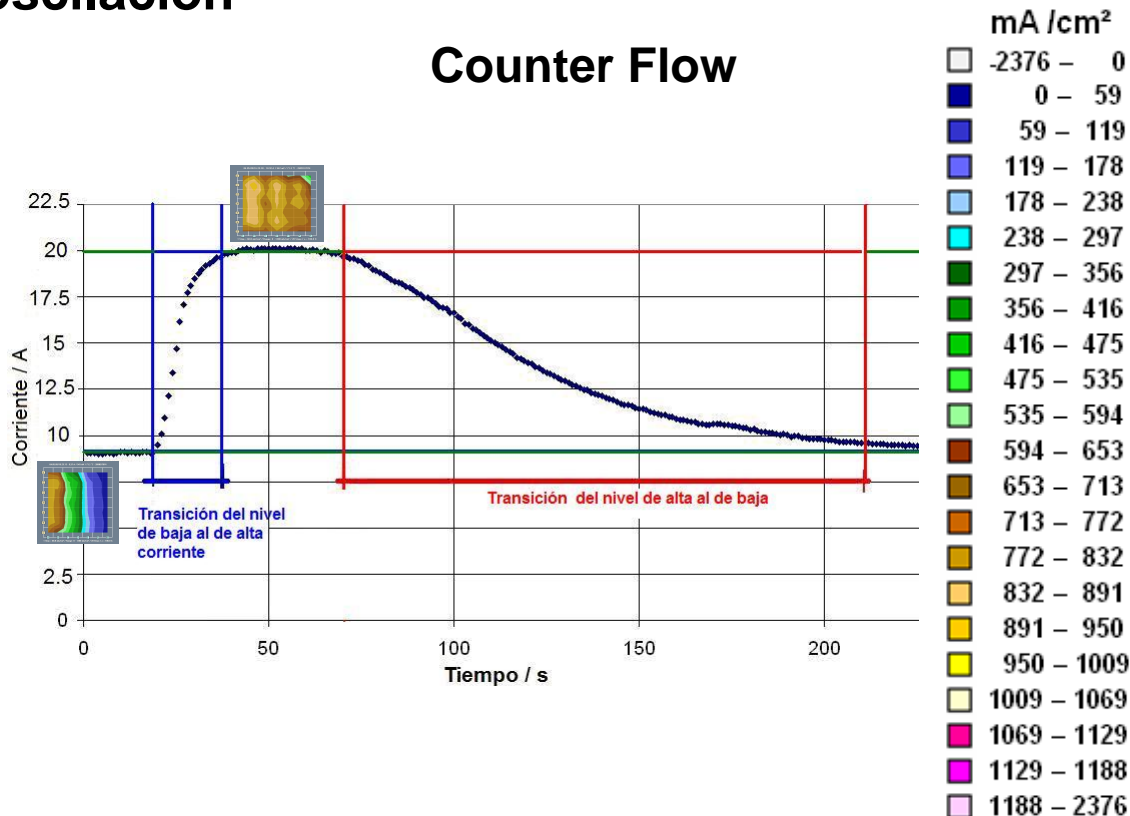


- Voltaje: 500mV, Cátodo 660ml min<sup>-1</sup>, Ánodo 200 ml min<sup>-1</sup>; T<sub>cell</sub>: 70°C; counter flow

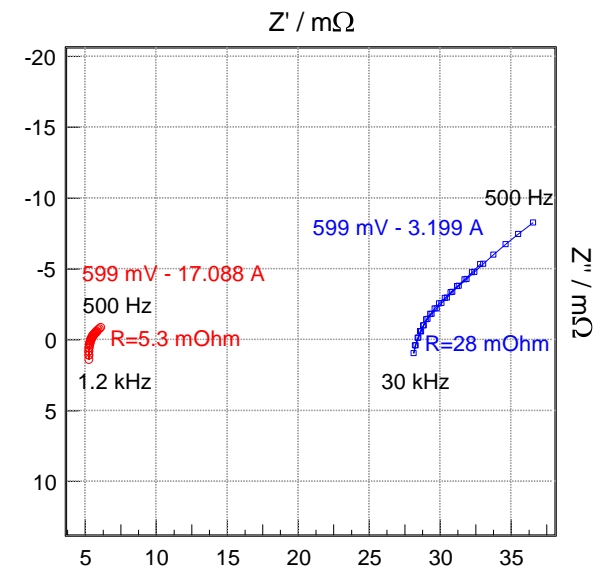


# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

## Distribuciones de densidades de corriente en dos puntos de la oscilación



## Espectro de impedancia en dos puntos de operación



- Voltaje: 500mV, Cátodo 660ml min<sup>-1</sup>, Ánodo 200 ml min<sup>-1</sup>; T<sub>cell</sub>: 70°C; counter flow



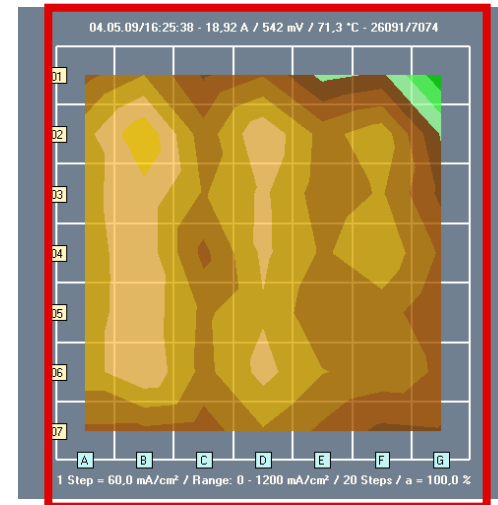


# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

## Nivel de alta respuesta.

- Distribución uniforme de densidades de corriente.
- Repuesta similar a la del estado con valores de hidratación altos en ambas caras (área total activa).
- Tiempo característico asociado al nivel de alta respuesta menor que el asociado al nivel de baja, (dependiente de las condiciones experimentales).

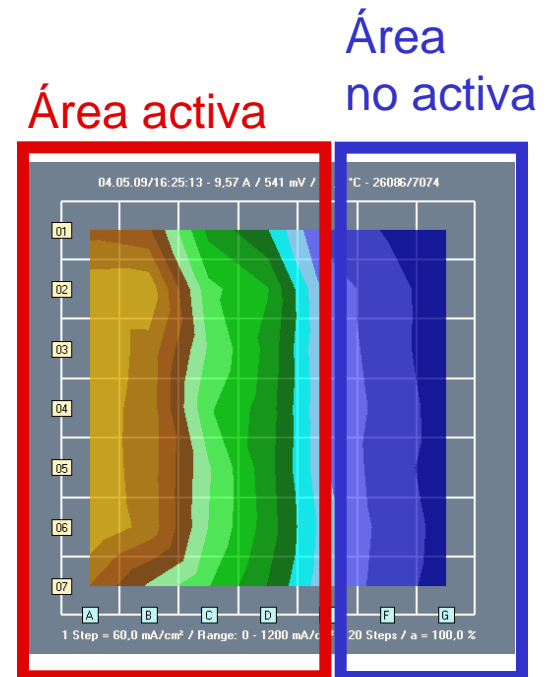
## Área activa



# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

## Nivel de baja respuesta.

- Distribución de densidades de corriente no uniforme.
- Toda la intensidad de corriente se produce en una pequeña región cerca de la entrada del ánodo.
- Desactivación del área activa.
- Tiempo característico asociado mayor que el asociado al nivel de alta, (dependiente de las condiciones experimentales)

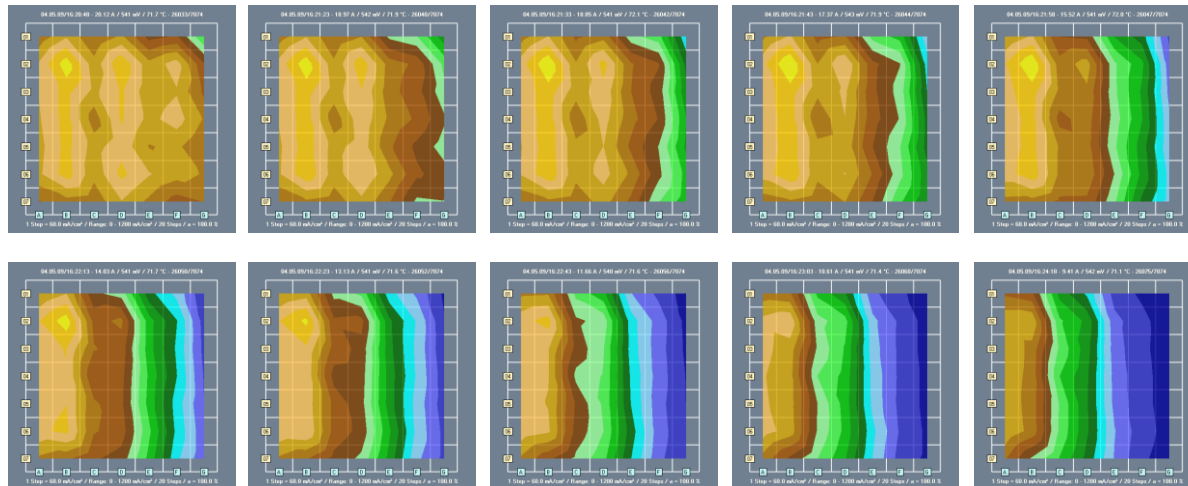


# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

## Transición de la respuesta del nivel de alta al de baja:

- Desactivación progresiva del área activa (deshidratación).
- Lleva asociada un tiempo mayor que la transición baja-alta.

20 A

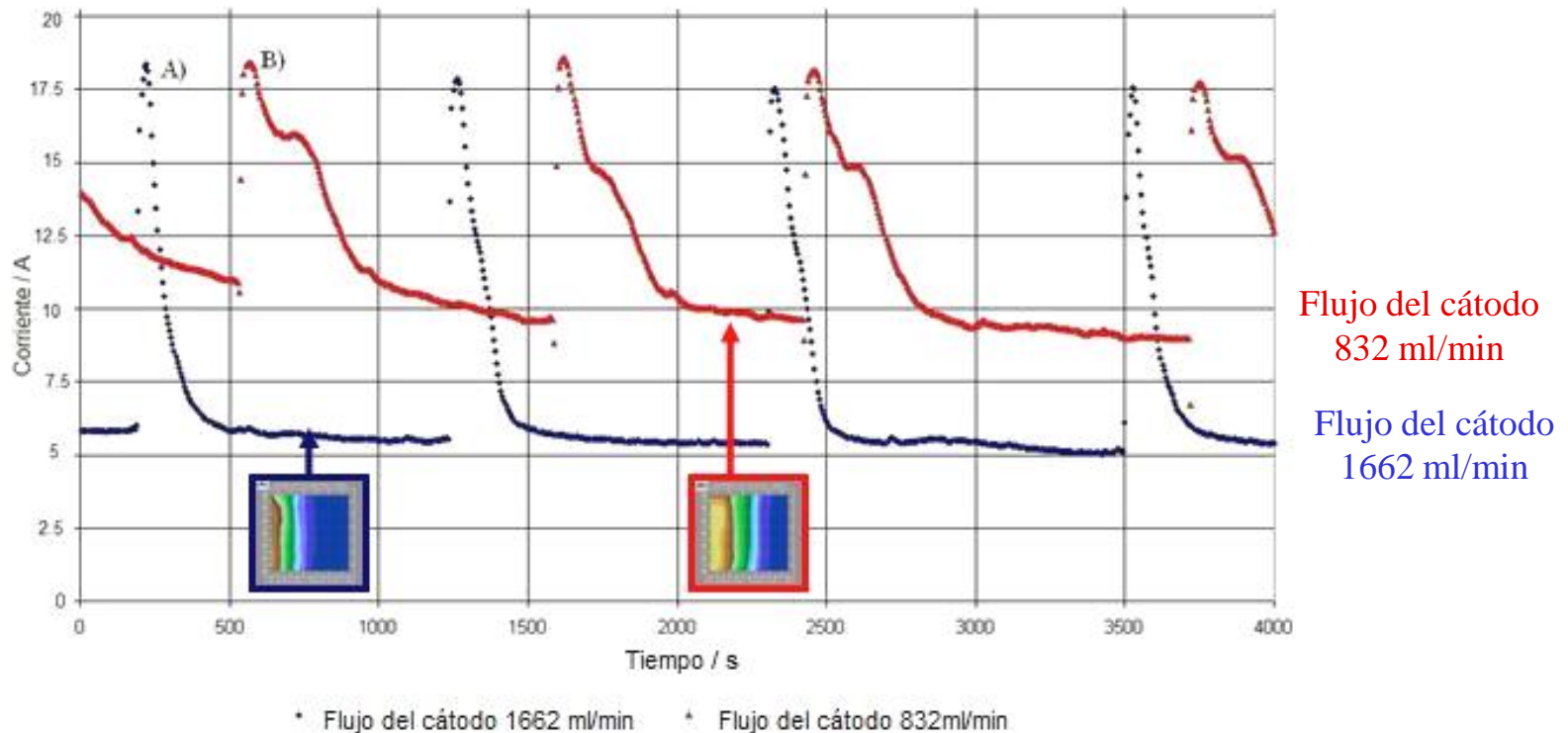


9.5 A



# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

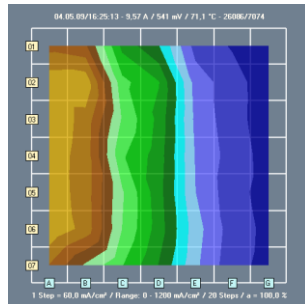
**Efecto del flujo de aire en el cátodo:** Ánodo sobresaturado; humedad relativa en el cátodo: 0%. Temperatura de la monocelda: 70°C. Flujo del ánodo: 261 ml/min. Voltaje: 600mV



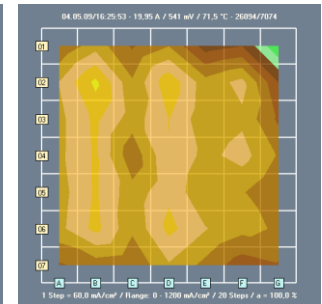
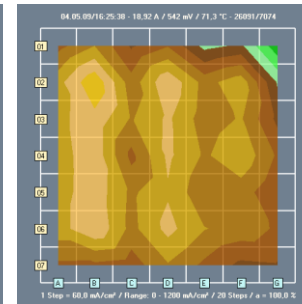
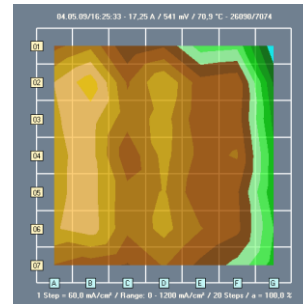
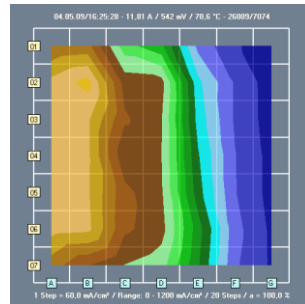
# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

## Transición de la respuesta del nivel de baja al de alta respuesta “ignición”

- Reactivación de área activa (re-hidratación).
- Lleva asociado un tiempo menor que la transición alta-baja.



9.5 A

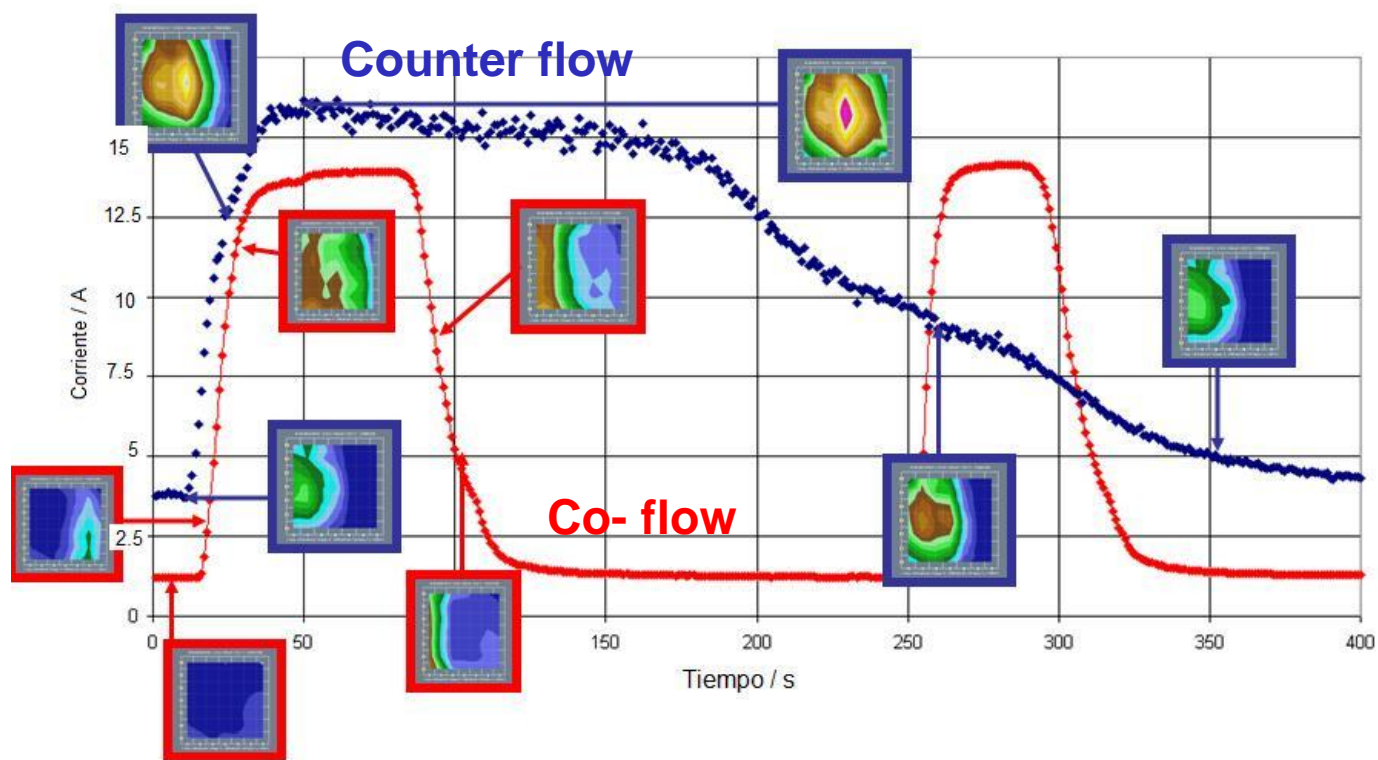


20 A



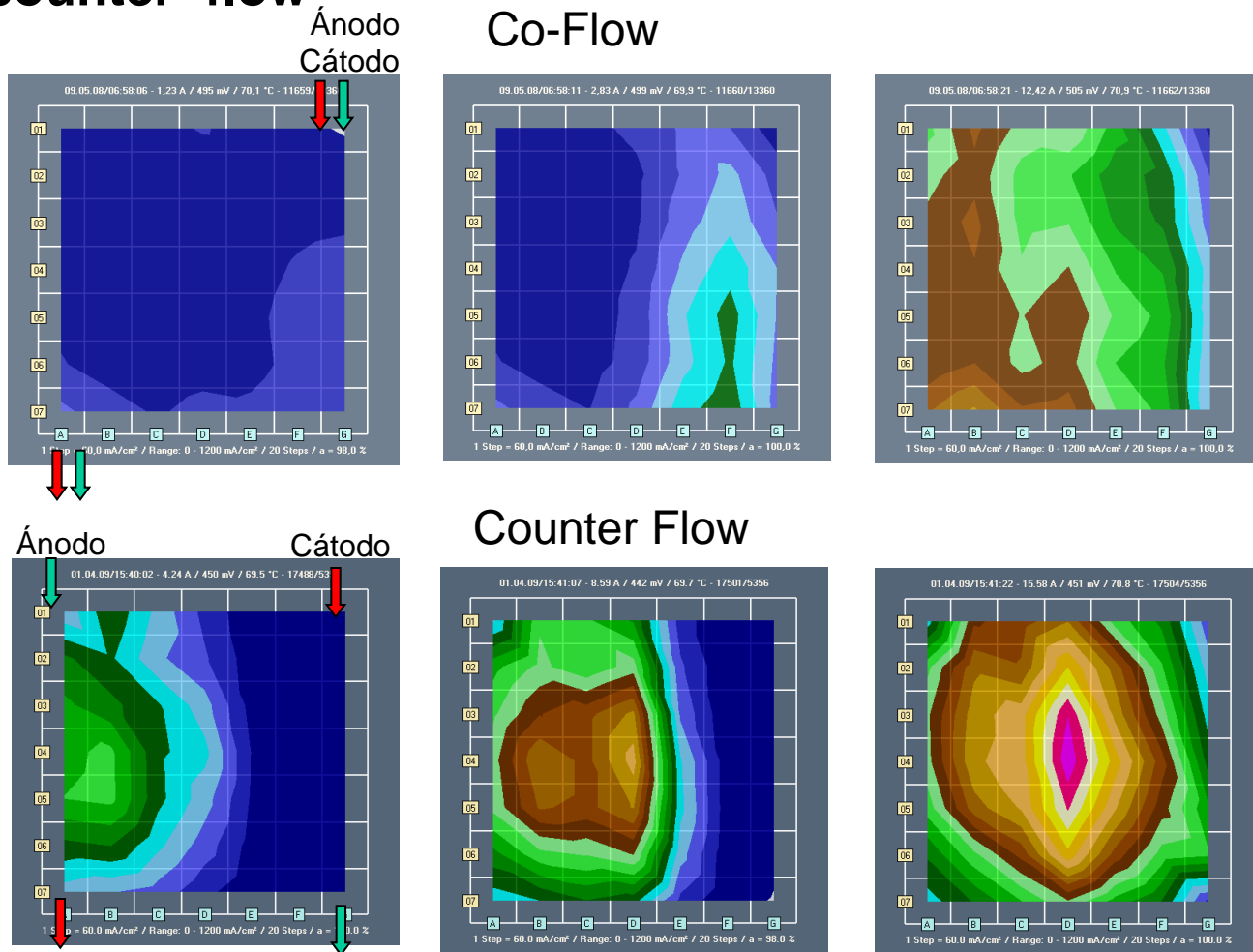
# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

## Efecto de la configuración de las placas bipolares: flujos Counter-flow co-flow



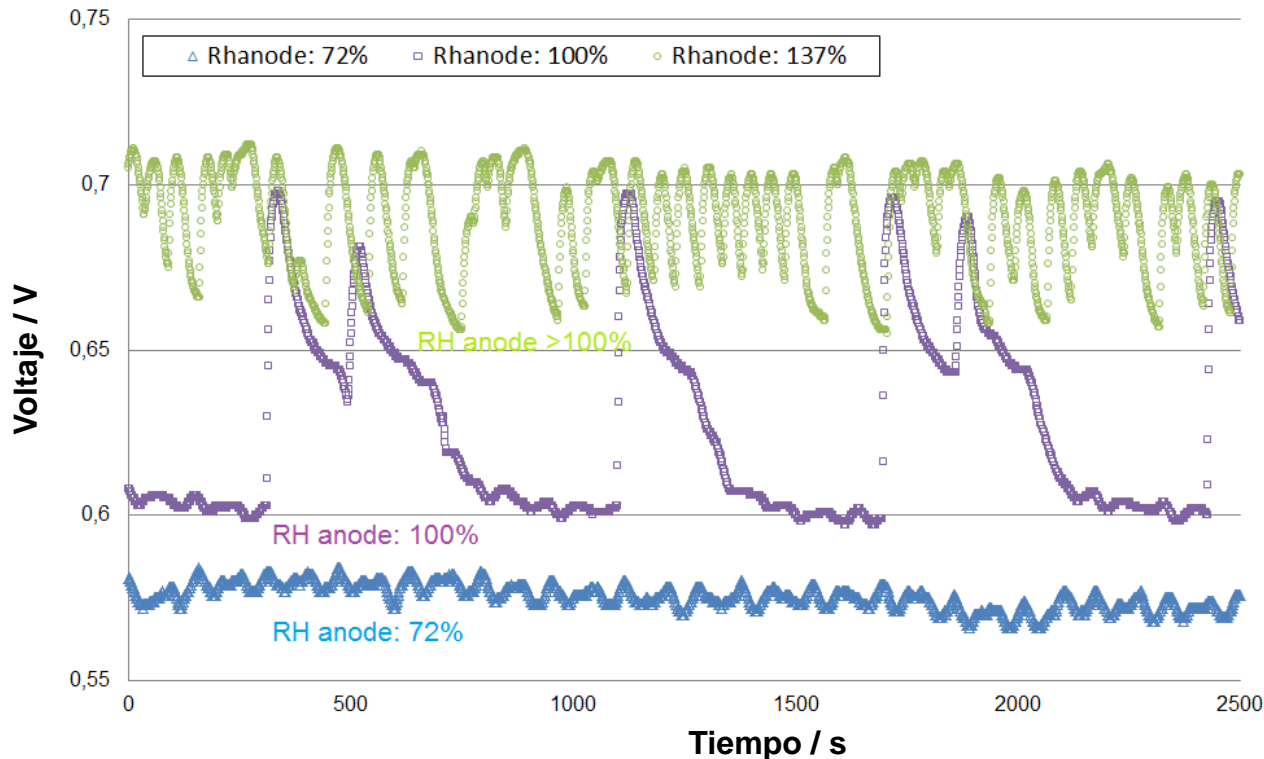
# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

## Comparación de la transición entre niveles bajo-alto de respuesta co-flow counter-flow



# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

## Dependencia de la frecuencia de la oscilación con la humedad relativa del ánodo.



Flujos: Ánodo: 209 ml/min Cátodo: 664 ml/min

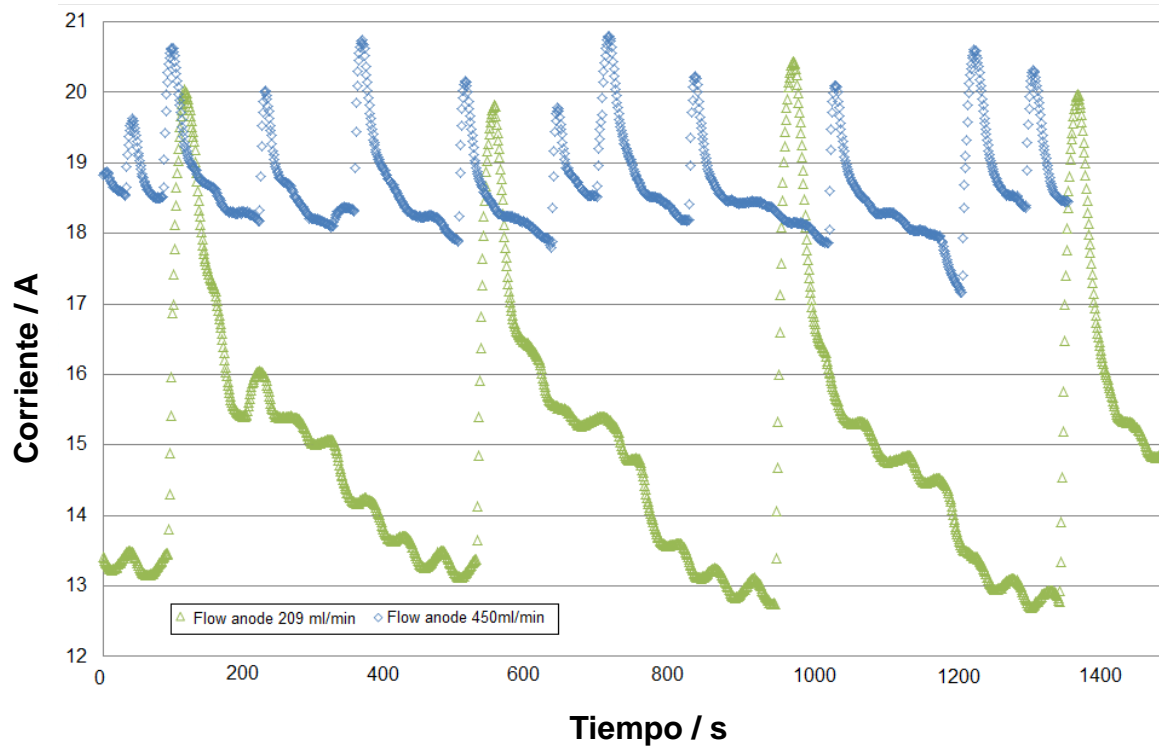
Humedad relativa: Cátodo: 0% Ánodo: variable





# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

Dependencia de la frecuencia de la oscilación con el flujo del ánodo.



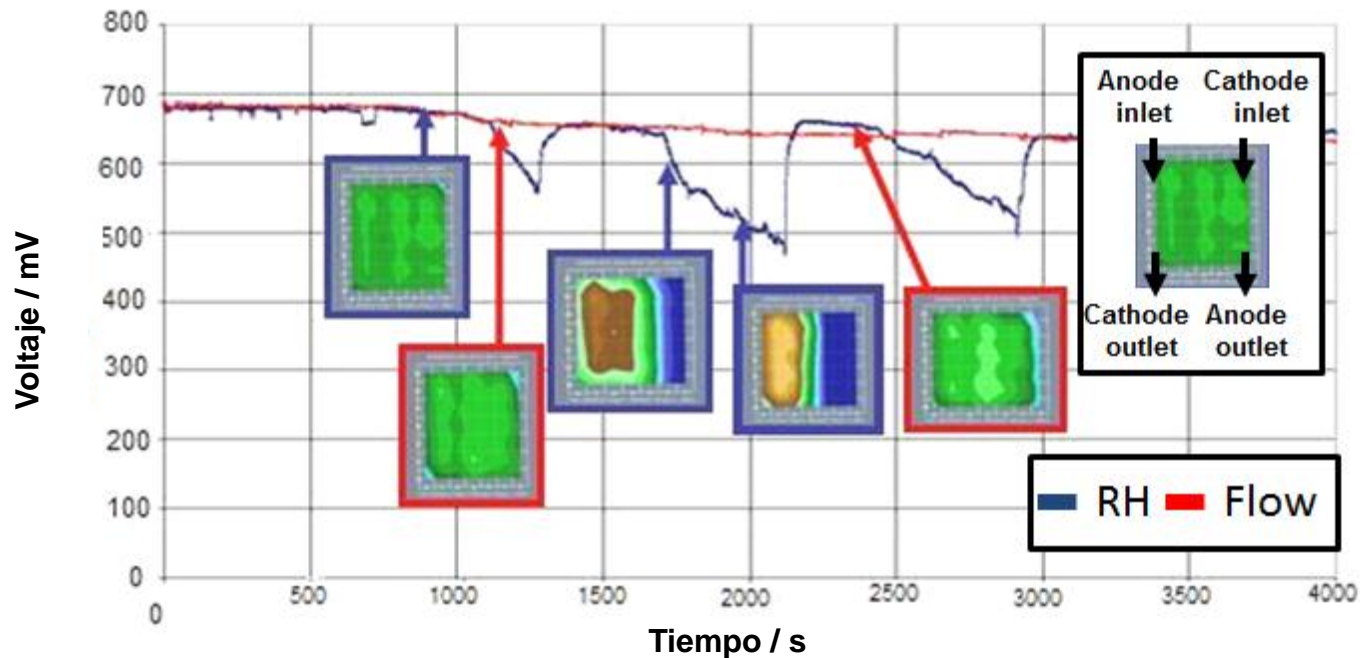
Flujos: Ánodo: 209 ml/min, 450 ml/min Cátodo: 664 ml/min

Humedad relativa: Cátodo: 0% Ánodo: 100%



# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

## Flujo vs humedad relativa con la misma cantidad neta de agua en ánodo

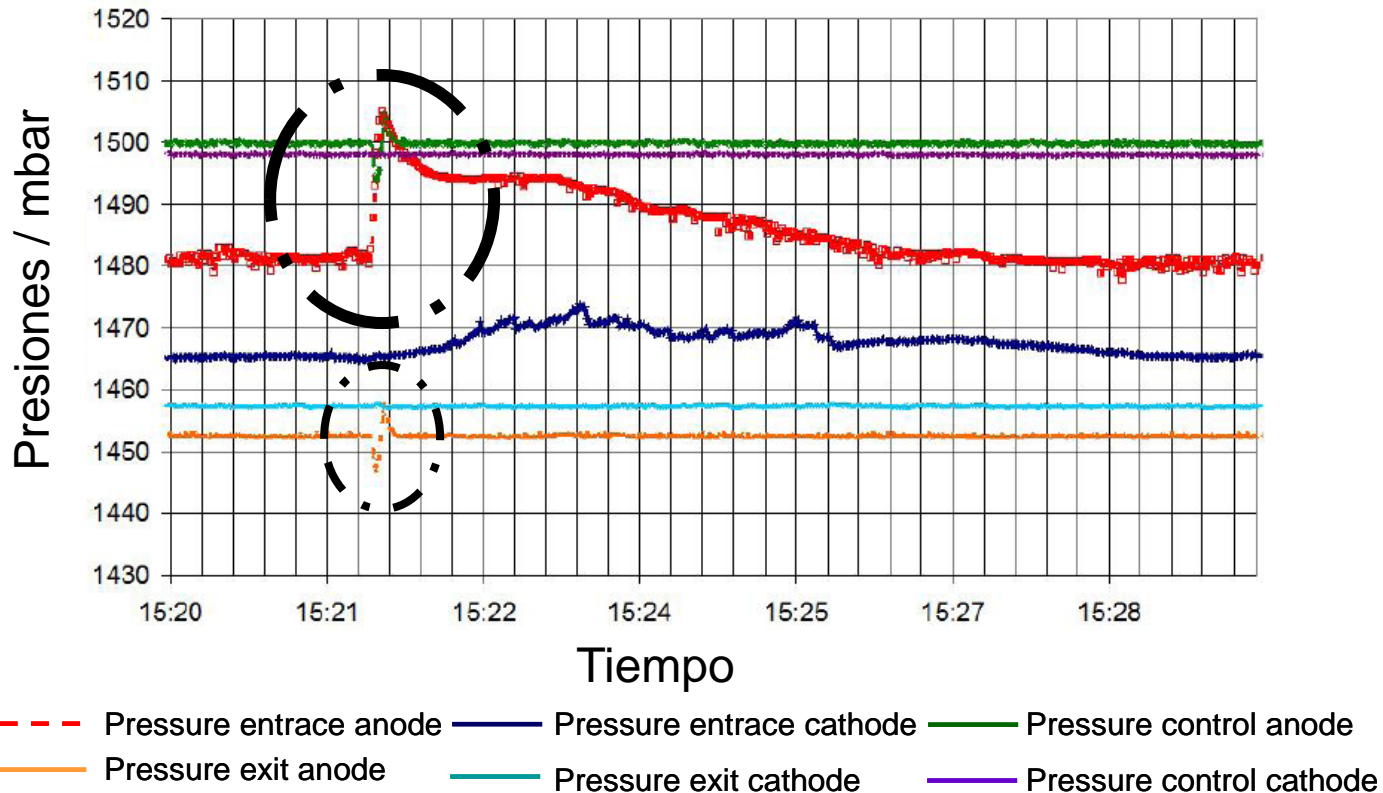


Cantidad neta de agua en el ánodo: 3 g/h  
Humedad relativa ánodo: (Azul: 159 %, Rojo: 100%)  
Flujo ánodo: (Azul: 100ml/min, Rojo: 209ml/min).



# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

## Comparación de las presiones en la entrada y salida del ánodo en el momento de la ignición

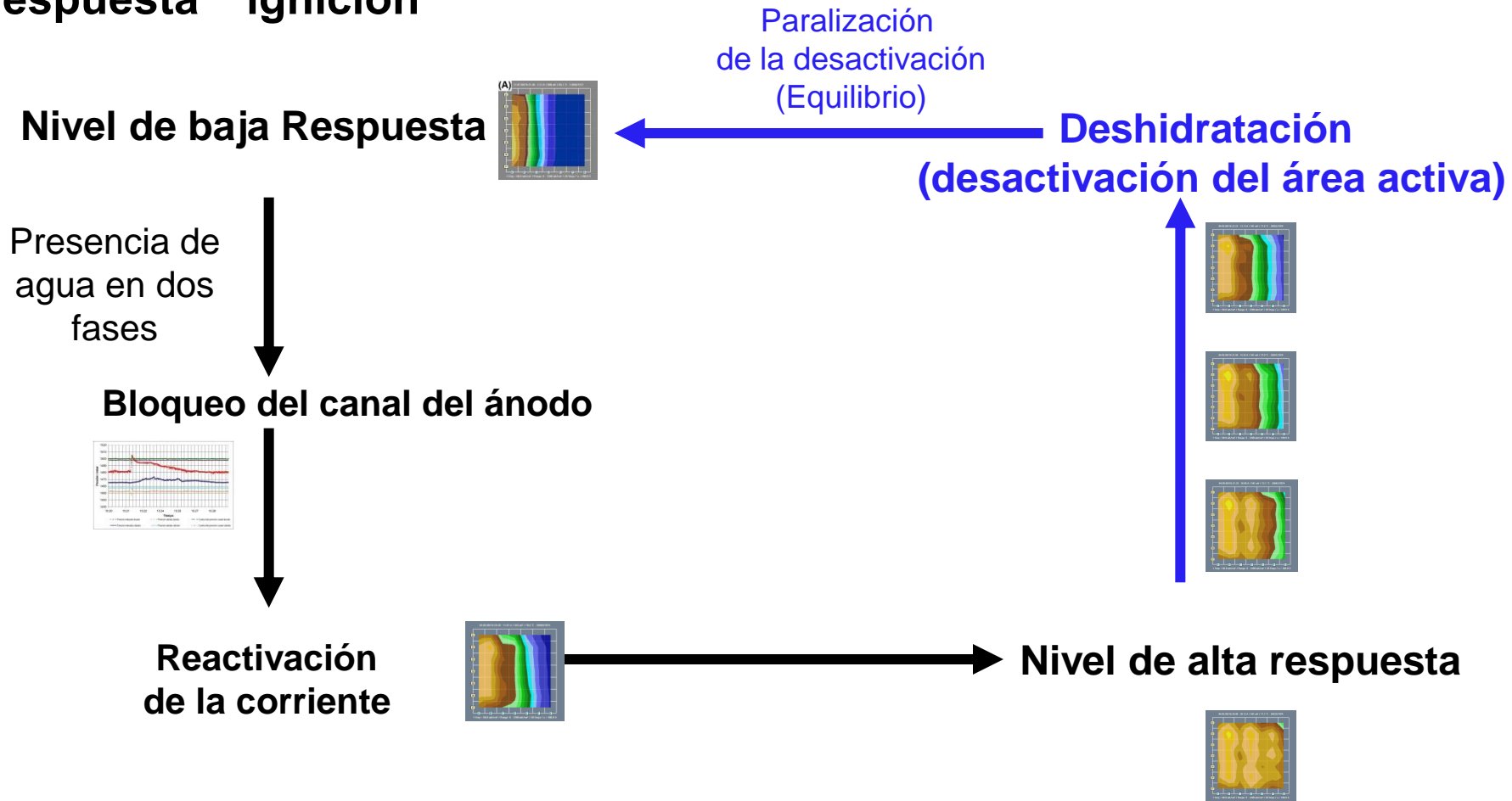


**Bloqueo parcial en canal del ánodo.**

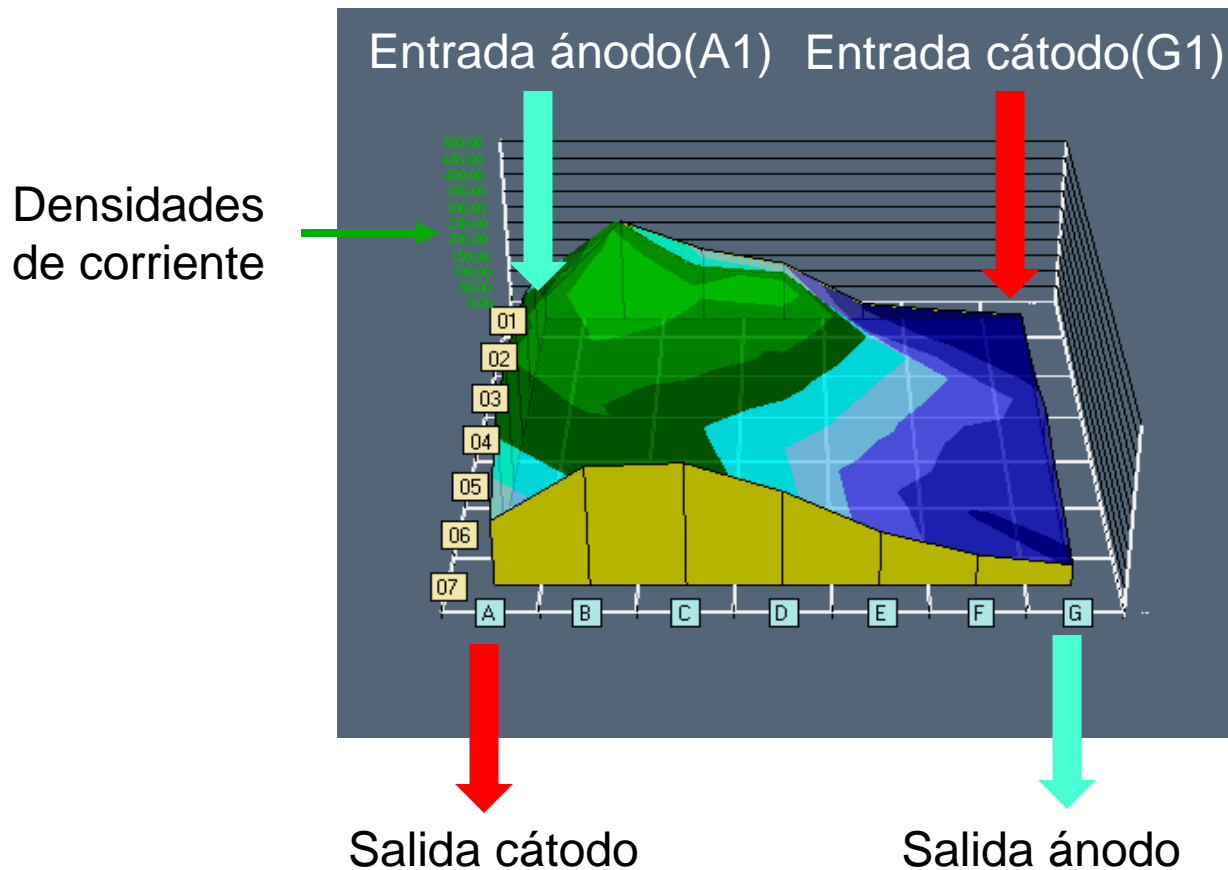


# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification

## Interpretación de la transición del nivel de Baja al nivel de Alta respuesta “ignición”



# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification



# Oscillations in PEM fuel cells at low cathode humidification



## Conclusiones

- En ausencia de humedad relativa en cátodo, existe una fluctuación de la respuesta ente dos valores uno de alta y uno de baja respuesta.
- Ambos estados tienen distribuciones de densidades de corriente muy diferentes.
- Los tiempos asociados a las correspondientes transiciones son altamente dependientes de las condiciones experimentales.
- La amplitud de las oscilaciones esta asociada con el contenido de agua de la membrana.
- La existencia de dos fases de agua en el canal se postula como la causa fundamental del origen de la ignición.



# Gracias por su atención

