Red de pilas de combustible y baterías avanzadas CSIC-Universidad

Coordinador
Jose Luis Acosta Luque
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros del CSIC

Madrid febrero 2004

Reunión de lanzamiento

Presentaciones

Madrid 28 de Enero 2004

Índice

Notas del Coordinador. José Luis Acosta Luque…… 7
RED CSIC: Área 1. Automatización, fluido dinámica y sensorización de
pilas de combustible. Supervisor: Domingo Guinea (IAI)…… 11
RED CSIC: Área 2. Pilas de combustible de óxido sólido
Supervisor: Carlos Moure (ICVC)…… 15
RED CSIC. Area 3. Pilas de combustible poliméricas del CSIC.
Responsable: Félix Sanchez Alonso (IQO)…… 19
RED CSIC. Área 4. Producción y almacenamiento del vector energético.
Responsable: J.L.Gª Fierro (ICP)…… 23
RED CSIC. **Área 5. Baterías avanzadas y Súpercondensadores.**
Supervisor: Jose María Rojo (ICMM)…… 27
Universidad de Barcelona. Laboratori de Ciència i Tecnología Electroquímica
de Materials (LCTEM), Pere L. Cabot*…… 31
Universidad Pública de Navarra.
Pedro Mª Diéguez Elizondo. …….. **37**
Universidad de la Laguna. Grupo de investigación "Ciencia de superficies
y electro catálisis". Elena M. Pastor Tejera,…… 41
Universidad San Pablo CEU. Departamento de Ciencias Químicas
Flaviano García Alvarado…… 47
Universidad de la Laguna. Departamento de química inorgánica.
Pedro Núñez…… 51
Universidad de Alicante. Instituto de Electroquímica.
Juan Feliu…… 57
Universidad de Barcelona. Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia
Mercè Segarra…… 61
Universidad del País Vasco. Laboratorio de química industrial e
ingeniería electroquímica-San Sebastián. Ángel Rodríguez Pierna…… 71
Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao. Departamento de Ingeniería.
Química y Tecnologías del Medio Ambiente.
Pedro Luis Arias Ergueta…… 81
Universidad Rey Juan Carlos. Grupo de Ingeniería Química y Ambiental
de la Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología.
Juan Ángel Botas Echevarría…… 83
Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Química Inorgánica.
Susana García Martín y Miguel Ángel Alario Franco…… 87
Universidad de Barcelona. Grupo de materiales catalíticos.
Narcis Homs y Pilar de la Piscina…… 89
Universidad Politécnica de Cataluña. Grupo Control Avanzado de
Sistemas Energéticos (ACES). Maria Serra …… 91
CIDETEC. Miguel Bengoechea…… 95
Instituto de Tecnología Eléctrica. Lisardo Fort…… 99
Fichas Actualizadas CSIC…… 107
Fichas Actualizadas Universidad…… 135

Notas del Coordinador

José Luis Acosta Luque

La Red de Pilas de Combustible que lanzamos en el día de hoy tiene su origen en Red de Pilas de Combustible del CSIC creada por la Presidencia del CSIC en el año 2000 y subvencionada por el MCIYT (Referencia: MAT2001-4340-E) mediante una acción especial entre los años 2001-2002. La ampliación y consolidación de la mencionada Red, fue recomendada por el propio MCYT sobre la base de su propia normativa que en su orden de 11 de Junio de 2001 indican que este tipo de acciones deben tender a facilitar el intercambio y la transferencia de conocimientos entre los diferentes grupos de investigación de toda la geografía española, de manera que se fomente la cooperación entre ellos, mejorando la coordinación entre las infraestructuras científico-tecnológicas.

En este sentido a finales en el año 2002 volvimos a solicitar una ayuda especial para crear la "Red de Pilas de Combustible y Baterías Avanzadas CSIC-Universidad" (aceptando las sugerencias del MCYT) para lo cual contactamos con numerosos los Departamentos y Cátedras de diversas Universidades españolas, las cuales motivadas por el eco de las pilas de combustible en la sociedad y sus propias líneas de investigación, pidieron integrarse esta Red Temática; la solicitud tuvo éxito y nos concedieron una subvención de 24.000 Euros para dos años, con posibilidades de ampliación para reforzar su consolidación mediante la correspondiente solicitud.

En la nueva solicitud hemos considerado de gran interés la sugerencia que nos hicieron miembros activos de la Red y otros potenciales, en el sentido de incorporar a la Red de Pilas de Combustible, Grupos que centran sus investigaciones en las baterías avanzadas, habida cuenta el papel fundamental que jugará en un futuro próximo su interacción con las pilas de combustible, especialmente los súper condensadores electroquímicos, cuya importancia en el coche eléctrico del futuro esta bien establecida.

Queremos dar finalmente la más cordial bienvenida a todos los Cátedras y Departamentos de las diversas Universidades españolas actualmente integradas (también a los integrantes futuros), a los Grupos del CSIC por su trabajo continuado, así como a las empresas que mostraron interés por la Red firmando cartas de adhesión, esperando que en un futuro se integren muchas más.

RED CSIC

Área 1.

Automatización, fluido dinámica y sensorización de pilas de combustible.

Supervisor: Domingo Guinea (IAI).

Grupos que integran el área

Pertenecen a los siguientes centros: Centro de Microelectrónica de Barcelona

1. Instituto de Física Aplicada de Madrid
2. Instituto de Tecnología Química de Valencia
3. LITEC de Zaragoza
4. Instituto de Cerámica y Vidrio (Cantoblanco)
5. Instituto de Automática Industrial (Arganda)

Cuyos responsables son:

Para cada grupo de trabajo del

1. C.N.M. Barcelona Dr. Carles Cane
2. I.F.A. Madrid Dr. Javier G. Monreal
3. I.T.Q. Valencia Dr. Francisco Melo
4. LITEC Zaragoza Dr. Luis Valiño
5. I.C.V. Cantoblanco Dr. José R. Jurado
6. I.A.I. Arganda Dr. Domingo Guinea

Actividades en curso

Como principales tareas relacionadas con la actividad de Pilas de Combustible

1. Desarrollo de sensores de fibra óptica para H2.
2. Desarrollo de sensores de flujo másico para gases
3. Modelado multivariable de los procesos en la pila
4. Estudio de la dinámica de fluidos en alimentación
5. Caracterización electrodinámica de estado
6. Materiales y técnicas alternativas de ensamblado
7. Instrumentación y control en lab. e industria

8. Aplicaciones de baja y media potencia
9. Vehículos híbridos: coche, naval, helicóptero
10. Doméstico: sistema integrado en una vivienda

Que a continuación de desglosan en

Desarrollo de sensores de fibra óptica para H_2

1. Para alarma y medida en alimentación de la pila
2. Sensores remotos
3. Sin conexión eléctrica directa
4. Bajo coste – pequeño tamaño

Desarrollo de sensores de flujo másico para gases

- Para control de alimentación en la pila
- Pequeño tamaño y bajo coste
- Integrable en la estructura
- Válidos para diferentes gases y líquidos

Modelado multivariable de los procesos en la pila

1. Representación analítica de las relaciones entre las numerosas variables y parámetros que influyen en el comportamiento de la pila
2. Para conocimiento de los procesos y optimización del diseño y del control en su funcionamiento

Estudio de la dinámica de los fluidos en alimentación.

1. Representación de las variables y sus relaciones en el espacio y en el tiempo.
2. Fusión de parámetros estructurales con las variables funcionales.
3. Contraste experimental de los resultados de simulación.
4. Optimización estructural

Caracterización electrodinámica de estado.

1. Medida indirecta de los parámetros de funcionamiento por análisis de las señales eléctricas.
2. Técnicas estímulo – respuesta por barrido en frecuencia, transitorios en conmutación, etc.
3. Sistemas de control de operación no invasivos y de bajo coste.

Materiales y técnicas alternativas de ensamblado.

1. Incremento de la eficiencia de la Pila
    i. Mejor conductividad eléctrica y protónica
    ii. Homogeneidad en la distribución de la alimentación
2. Gestión hídrica como unos de los factores claves de las PEM
3. Distribución térmica en dos aspectos
    i. drenado de calor en la pila
    ii. aprovechamiento de la energía residual
4. Integración y sellado:
    i. diseño estructural y
    ii. materiales

Instrumentación y control para el lab. y la industria.

1. Desarrollo de equipos para
    i. Medida y control de la alimentación
    ii. Gestión de agua
    iii. Gestión térmica
    iv. Regulación de la carga
2. Integración en la pila
3. Reducción de peso, tamaño y costes

Aplicaciones.

1. Vehículos híbridos:
    i. Coche: prototipo monoplaza (Pila H_2 Red CSIC)
    ii. Naval: proyecto industrial (DM FC)
    iii. Helicóptero: propuesta CICYT (H_2)
2. Doméstico:
    i. Sistema integrado en una vivienda
    ii. Con múltiples fuentes de energía
    iii. Optimización de almacenamiento
    iv. Acondicionamiento a las aplicaciones

Proyectos en preparación

1. Un entorno común para modelado
    i. Electro-química
    ii. Materiales
    iii. Térmico
    iv. Eléctrico

v. Mecánico

2. Instrumentación de referencia
    i. Protocolos de ensayo
    ii. Proyección industrial

Área 2.

Pilas de combustible de óxido sólido

Supervisor: Carlos Moure (ICVC).

Actualmente se integran en el área los siguientes grupos de trabajo del CSIC:

MADRID:

Dispositivos multicapa heteroestructurales para pilas de combustible de óxido sólido de temperaturas intermedias.

Instituto: Instituto de Cerámica y Vidrio
Departamento: Departamento de Electrocerámica
Responsable: Dr. Carlos Moure Jiménez

Últimas aportaciones

Cromitas de lantano modificadas como material de interconexión

MADRID

Sellos vítreos y vitrocerámicos para SOFC

Instituto: Instituto de Cerámica y Vidrio
Departamento: Vidrios
Responsable: Dr. Alicia Durán Carrera

Últimas aportaciones

Sellos vitrocerámicos para SOFC: formación de vidrio y propiedades térmicas de los sistemas RO-BaO-SiO_2 (R = Mg, Zn)

MADRID

Gestión de energía, monitorización y modelado de la pila

Instituto: Automática Industrial
Departamento: Sistemas
Responsable Dr. Domingo Guinea Díaz

MADRID

Preparación y caracterización de óxidos tipo perovskita como electrocatalizadores de pilas de combustible de óxidos sólidos

Instituto: Catálisis y Petroleoquímica (ICP)
Departamento: Estructura y Reactividad
Responsable: Dr. José Luis García Fierro

MADRID

Pilas de Combustible de Óxidos Sólidos (SOFC). (Conductores Protónicos de Alta Temperatura para SOFC).

Instituto: Instituto de Cerámica y Vidrio
Departamento: Vidrios
Responsable: Dr. Mª Teresa Colomer Bas

Últimas aportaciones

Síntesis y caracterización de polvos y materiales sinterizados de SrLaPO4 preparados por coprecipitación

SEVILLA

Preparación y caracterización de óxidos en forma de capas finas con aplicaciones en celdas de combustible

Instituto: Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla
Responsable: Dr. Francisco Yubero Valencia

Últimas aportaciones

Preparación y caracterización de óxidos en forma de capa fina con aplicaciones en pilas de combustible.

BARCELONA

Pilas de Combustible de óxido sólido.

Instituto: Ciencia de Materiales de Barcelona
Departamento: Crecimiento Cristalino y Propiedades Ópticas
Responsable: Dr. Alfonso Figueras

Últimas aportaciones

Dispositivos multicapa heteroestructurales para IT-SOFC .

BARCELONA

Pilas de Combustible de Óxidos Sólidos (SOFC). (Electrolitos Inorgánicos para pilas SOFC)

Instituto: Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona
Departamento: Cristalografía y química de estado sólido
Responsable: Dr. Pedro Gómez Romero

Últimas aportaciones

Caracterización de componentes para SOFC de temperaturas intermedias
Síntesis y caracterización de ánodos para celdas de combustible de estado sólido

BARCELONA

Pilas de combustible de temperatura intermedia con una sola cámara basadas en electrolitos de ceria.

Instituto: ICMAB
Departamento: Materiales Magnéticos, Superconductores y Electrónicos
Responsable: Dr. Salvador Piñol Vidal

Últimas aportaciones

Síntesis por el método sol-gel y relación microestructura-conductividad de electrolitos de temperatura intermedia de base ceria.

ZARAGOZA

Procesado de electrodos y electrolitos mediante fusión con láser

Instituto: Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón
Departamento: Espectroscopia de Sólidos y Materiales de Interés Tecnológico
Responsable: Dr. Víctor M. Orera

Últimas aportaciones

Fabricación de ánodos microestructurados de Ni-YSZ Y Co-YSZ.

ZARAGOZA

Caracterización de componentes

Instituto: Instituto Ciencia de Materiales de Aragón
Departamento: Dpto. Espectroscopia de Sólidos
Responsable: María Luisa Sanjuán Álvarez

Últimas aportaciones.

Estudio por espectroscopia raman de las fases formadas en el sistema $Ce_{1-x}Zr_xO_2$ (x » 0.5) procesado por láser.

El conjunto de todos estos equipos reúne en total a los siguientes investigadores:

- Plantilla: 34
- Becarios I3P: 7
- Becarios y personal no en plantilla: 18

RESÚMEN

Varios de los componentes de los diferentes grupos participan en la impartición del master de pilas de combustible y súper condensadores

Existe una interrelación entre los diferentes grupos, para poder colaborar en el desarrollo de componentes y de monopilas mediante el procesado de materiales cerámicos, bien en volumen, bien en forma de láminas gruesas y delgadas

Área 3

Pilas de combustible poliméricas del CSIC

Responsable: Félix Sanchez Alonso (IQO)

Grupos que integran el área

Pertenecen a los siguientes centros:

- Instituto de Química Orgánica
- Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona
- Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid
- Ciencia y Tecnología de Polímeros
- Instituto de Catálisis y Petroleoquímica
- LITEC de Zaragoza
- Instituto de Cerámica y Vidrio (Canto blanco)

Cuyos responsables son:

Para cada grupo de trabajo:

- I.Q.O.G. Madrid. Dr. Félix Sánchez
- I.C.M. Barcelona. Dr. Pedro Romero
- I.C.M.M. Madrid. Dr. Jesús Sanz
- I.C.T.P. Madrid. Dr. J. Luis Acosta
- I.C.P. Madrid. Dr. M. A. Peña
- LITEC Zaragoza Dr. Félix Barreras
- I.C.V. Cantoblanco Dr. José R. Jurado, Maite Colomer y Dra. Alicia Duran

Actividades en curso

Como principales tareas relacionadas con la actividad de Pilas de Combustible:

1. **MEMBRANAS HÍBRIDAS CONDUCTORAS PROTÓNICAS**

- MEMBRANAS POLIMÉRICAS E HÍBRIDAS BASADAS EN POLIBENZIMIDAZOLES PARA PILAS DE COMBUSTIBLE PEM. Pedro Gómez-Romero, Juan Antonio Asensio, Salvador Borrós
  a, Institut de Ciència de Materials de Barcelona (CSIC), E-08193 Bellaterra (Barcelona)

b, Institut Químic de Sarrià, Universitat Ramon Llull, Vía Augusta 390, E-08017 Barcelona

- MATERIALES POLIMÉRICOS AVANZADOS COMO MEMBRANAS DE CONDUCCIÓN PROTÓNICA. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN. P. G. Escribano y J. L. Acosta
  Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (CSIC), c/ Juan de la Cierva, 3, 28006 Madrid
- NUEVAS MEMBRANAS HÍBRIDAS ORGÁNICO – INORGÁNICO PARA PEMFC OPERATIVAS HASTA 200°C. M. Aparicio Ambrós, A. Durán Carrera
  Instituto de Ceramica y Vidrio (CSIC). Campus de Cantoblanco, 28049 Madrid.
- SISTEMAS POLIMÉRICOS DE CONDUCCIÓN PROTÓNICA BASADOS EN ELÁSTOMEROS COMERCIALES. II: Síntesis y caracterización micro-estructural de membranas entrecruzadas con azufre. Ana Nácher* J. L. Acosta
- MEMBRANAS HÍBRIDAS ORGÁNICO-INORGÁNICO DE ELEVADA CONDUCCIÓN PROTÓNICA PARA PILAS DE COMBUSTIBLE POLIMÉRICAS. Carmen del Río, J. Luis Acosta y Félix Sánchez
  Instituto de Química Orgánica General, CSIC. Juan de la Cierva 3, Madrid 28006.
  Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (CSIC), c/ Juan de la Cierva, 3, 28006 Madrid.

2. ELECTROCATALIZADORES

- ELECTROCATALIZADORES PARA ÁNODOS Y CÁTODOS PARA PEMFC Y DMFC. E. Chinarro, Moreno, J.R. Jurado
  Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC. Camino de Valdelatas s/n, Campus Cantoblanco de la UAM, 28049 Madrid.
- NUEVOS CATALIZADORES PARA PILAS DE COMBUSTIBLE BASADOS EN BIS-METALOPORFIRINAS Y METALOFTALOCIANINAS HETEROGENEIZADAS SOBRE POLÍMEROS Y ÓXIDOS INORGÁNICOS. A. Fuerte Ruiz*, F. Sánchez Alonso.
  Instituto de Química Orgánica General, CSIC. Juan de la Cierva 3, Madrid 28006.
- MODIFICACIÓN DE PROPIEDADES ELECTROCATALÍTICAS EN ÁNODOS DE DMFC MEDIANTE FUNCIONALIZACIÓN DEL SOPORTE CARBONOSO. M.V. Martínez-Huerta, J.L. Gómez de la Fuente*, P. Terreros y M.A. Peña
  Instituto de Catálisis y Petroleoquímica, CSIC. Cantoblanco. 28049 Madrid.

3. OTROS

- PREPARACIÓN DE TINTAS Y FABRICACIÓN DE MEAs PARA PEMFC Y DMFC. E. Chinarro*, B. Moreno, J.R. Jurado.
  Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC. Camino de Valdelatas s/n, Canto blanco, 28049 Madrid.
- VISUALIZACIÓN DEL FLUJO DE GAS EN LAS PLACAS BIPOLARES DE UNA PEMFC. F. Barreras *, C. Marín, A. Lozano, L. Valiño
  LITEC/CSIC María de Luna 10, 50018, Zaragoza, Spain.
- ESTUDIO DE ELECTROLITOS POR RESONANCIA MAGNÉTICA NUCLEAR. Jesús Sanz
  Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, Spain.

Área 4

Producción y almacenamiento del vector energético

Responsable: J.L.Gª Fierro (ICP)

En el Área de producción y almacenamiento del vector energético de la Red de Pilas de Combustible del CSIC participan cuatro Institutos: Instituto de Carboquímica (ICB)-Zaragoza, Instituto de Tecnología Química (ITQ-UPV)-Valencia, Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMB)-Barcelona, e Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (ICP)-Madrid. Están incluidos 17 científicos, de los cuales 11 pertenecen a la plantilla del CSIC (3 Profesores de Investigación, 3 Investigadores Científicos y 5 Científicos Titulares). De los 6 restantes, 3 tienen contrato I3P pre-doctoral y los otros 3 están contratados como post-doctores también dentro del programa I3P.

Los grupos del Área participantes desarrollan las siguientes actividades: (1), Reformado de hidrocarburos con vapor de agua; (2), reformado y oxireformado de alcoholes de bajo peso molecular; (3), reformado de Diesel; (4) fotodisociación de agua; (5), producción de nanoestructuras de carbono y almacenamiento de hidrógeno. Cada uno de estos nodos tiene un responsable que coordina las actividades específicas del propio nodo.

1. Producción de hidrógeno por reformado

El responsable del nodo de producción de hidrógeno es el Dr. F. Melo (ITQ-UPV) (mail: fmelo@itq.upv.es). Las actividades concretas que se desarrollan en este nodo se centran básicamente en los sistemas catalíticos para la reacción de reformado con vapor de agua de hidrocarburos para la producción de hidrógeno que será utilizado como reductor en pilas de combustible. Dependiendo del tipo de pila de combustible, las condiciones de operación deseadas para llevar a cabo esta reacción van a ser distintas, por lo tanto el tipo de catalizadores más adecuado puede ser también específico de cada aplicación. En una primera fase se exploran distintos tipos de catalizadores: catalizadores de níquel sobre soportes convencionales como alúmina, catalizadores de níquel soportados en hidrocalcitas e hidrotalcitas de níquel. Así mismo para la realización de la reacción de reformado a temperaturas más bajas se prepararán también catalizadores de cromo – zinc soportados. Otra parte de las actividades incluye la caracterización de los catalizadores. Estos sistemas se estudian en la reacción de reformado con agua en distintas condiciones de reacción, estableciendo su comparación con catalizadores comerciales.

2. Reformado de alcoholes de bajo peso molecular

El responsable de esta actividad es el Dr. J.L.Gª Fierro (ICP-CSIC) (mail: jlgfierro@icp.csic.es). El trabajo que se desarrolla en esta línea consiste en el reformado de alcoholes (metanol, etanol) mediante catalizadores selectivos basados en cobre o níquel bajo condiciones suaves de operación. El objetivo específico consiste en desarrollar un sistema catalítico robusto de producción de hidrógeno capaz de operar en condiciones muy variadas de operación, tales como las requeridas por una pila de combustible de tipo PEM para aplicaciones móviles. En esta línea se ha desarrollado una patente del sistema catalítico y un reformador que tiene una capacidad de producción de hidrógeno para una pila PEM de 1 Kw. de potencia.

3. Reformado de hidrocarburos de la fracción Diesel

El responsable de esta actividad es el Dr. J.L.Gª Fierro (ICP-CSIC) (mail: jlgfierro@icp.csic.es). En esta actuación se está desarrollando un Proyecto completo de reformador de potencia media (5 Kw.) para aplicaciones estacionarias. En este Proyecto convergen las actividades de cuatro centros de investigación y desarrollo. Se han seleccionado los sistemas catalíticos que ofrecen las mejores prestaciones y se ha elaborado una patente. A finales de 2004 se culminará con el ensamblaje de todas las tecnologías en el reformador.

4. Fotodisociación de agua

El responsable de esta actividad es el Dr. A. Figueras (ICMB-CSIC) (mail: Albert.Figueras@icmab.es). En esta actuación se está tratando de encontrar semiconductores adecuados que sean capaces de disociar la molécula de agua con luz del espectro visible. Este grupo ha fabricado numerosos semiconductores de óxidos metálicos, y particularmente de óxido de titanio no estequiométrico, que se perfilan como candidatos para este propósito. En una fase más avanzada se pretende desarrollar una metodología de regeneración de estos sistemas mediante radiación UV, o incluso con la propia luz solar.

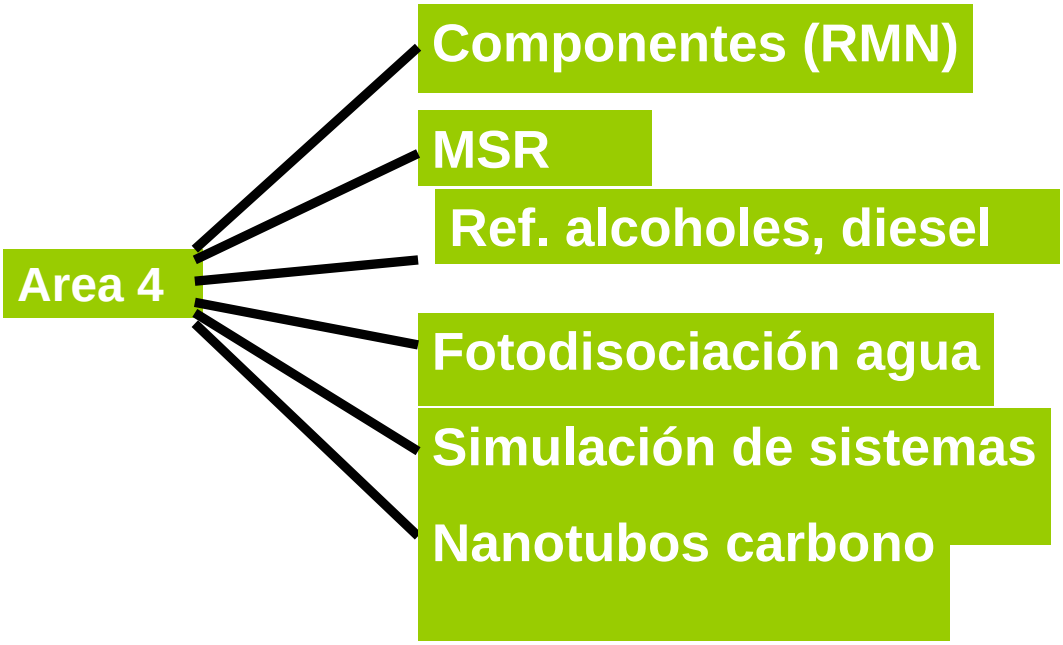
5. Nanoestructuras de carbono para almacenamiento

La responsable de estas tareas es la Dra. Mª T. Martínez (ICB-CSIC) (mail: mtmartinez@carbon.icb.csic.es). En los proyectos en los que viene trabajando el grupo se centran en la preparación de nanotubos de carbono de capa única (SWCNTs) y de capa múltiple (MWCNTs) mediante las técnicas de arco eléctrico y deposición química en fase vapor (CVD). Investigarán en detalle los procedimientos de purificación y de modificación mediante funcionalización y dopaje estudiando la relación entre la capacidad de almacenamiento de hidrógeno y los parámetros nanoestructurales tanto de los CNTs de partida como de los modificados.

En todas estas áreas de actividad existe un intercambio fluido de información y experiencias, se realizan trabajos conjuntos. Si bien ya están operativos algunos proyectos financiados por los Programas Nacionales, se está

tratando de dar una dimensión más amplia a las actividades a través de proyectos de la UE y de cooperación con empresas del sector.

Nodos de actividad



Area 4 Líneas de actuación

1. Producción de hidrógeno por reformadode gas natural
2. Producción de hidrogeno por reformado de alcoholes de bajo peso molecular
3. Reformado de diesel
4. Fotodescomposición de agua
5. Almacenamiento de hidrógeno en nanotubos de carbono
6. Simulación de mecanismos de almacenamiento en sistemas nanoestructurados de carbono

Área 5.

Baterías avanzadas y súper condensadores

Supervisor: Jose María Rojo (ICMM).

***Materiales de carbono granular o fibrilar* (INCAR).**

R. Menéndez, R. Santamaría y E. Mora.

Se obtienen a partir de breas de carbón y petróleo.
Materiales que se activan para aumentar la superf. Especif.
Materiales micro porosos (<2 nm).
CSP alta (200-400 F/g), P moderada

***Materiales de carbono meso poroso* (INCAR).**
A.B. Fuertes, T. Centeno y G. Marbán.

Obtención vía plantilla de sílice.
No necesitan activación.
Materiales mesoporosos (2-50 nm).
CSP menor (100-200 F/g), P altas (500 W/Kg.).

***Nanotubos de carbono* (ICB).**
M.T. Martínez y A. Ansón.

Obtención de SWCNT y MWCNT vía arco eléctrico.
Materiales activados por oxidación o por otros métodos.
Materiales con microporos (oxidación) y mesoporosos (entre grupos de tubos).
CSP menor (50-100 F/g), P altas (200 W/Kg.).

***Materiales poliméricos* (ICTP).**
J.L. Acosta y E. Morales.

Polianilinas oxidadas (p) y reducidas (n).
Procesado de los electrodos como composites.
CSP (50-100 F/g).

***Óxidos de metales de transición RuO2/NiO* (ICMM).**
J.M. Rojo, F. Picó, J.M. Amarilla y R.M. Rojas.

Obtención materiales con pequeño tamaño de partícula (10-20 nm).
El tratamiento térmico modifica sus propiedades.
CSP≠CSP (mezcla) CSP (200 F/g) y mayores, P bajas (10 W/Kg.).

***Caracterización de materiales activos de electrodo* (ICMM y ICMA)**

Espectroscopia RMN (ICMM). J. Sanz.
Nanotubos de carbono y carbono mesoporoso.

Espectroscopia Raman (ICMA). M.L. Sanjuán.
Nanotubos de carbono.

Baterías recargables de litio:

1) **ICTP**. J.L. Acosta, E. Morales, C. del Río, I. Villarreal, y J. Chojnac

Electrolitos poliméricos: PEO, siliconas y geles.

Se estudia la conductividad iónica y la estabilidad frente al voltaje.

Materiales de carbono comercial como ánodos.

2) **ICMM**. J.M. Rojo, R.M. Rojas, J.M. Amarilla, P. Herrero, J. Sanz, J.E. Iglesias, J. Ibáñez, y K. Petrov.

$LiMn_2O_4$ y derivados de éste como materiales de cátodo.

Preparación de materiales de partícula pequeña para aumentar la potencia.
Procesado de los electrodos como composites (contenido y métodos).

Electrolitos sólidos con estructura tipo Nasicon.
Efecto de la estructura y la composición en la conducción iónica.
Procesado como pastillas cerámicas y composites poliméricos.

Grupos Universidad

Laboratori de Ciència i Tecnologia Electroquímica de Materials (LCTEM),
Pere L. Cabot*, Enric Brillas, José A. Garrido, Francesc Centellas, Rosa M. Rodríguez, Conchita Arias
Departament de Química Física, Universitat de Barcelona. Desarrollo de pilas de combustible y semicombustible en el grupo de electroquímica de materiales y medio ambiente

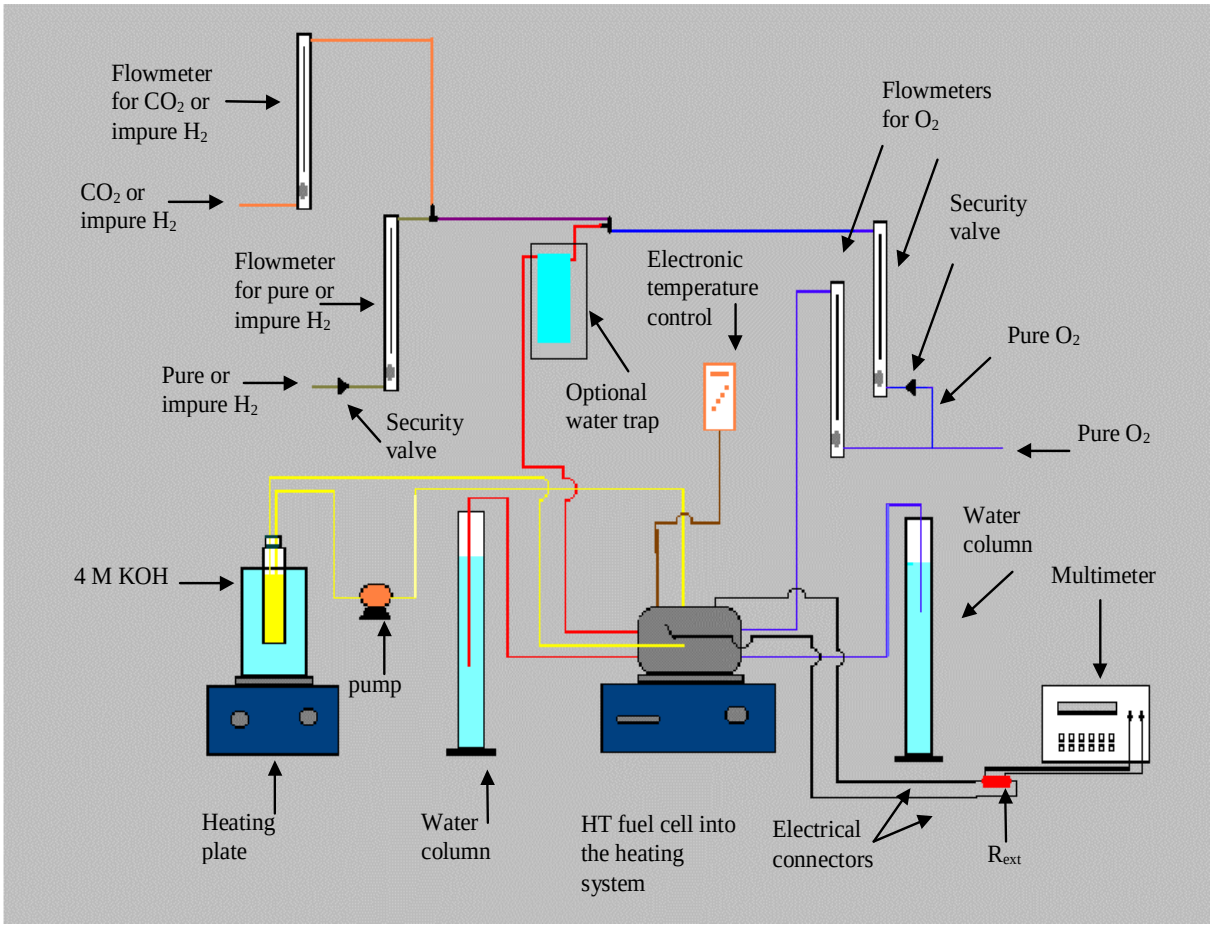
El grupo de Electroquímica de materiales y del medio ambiente, integrado en el Laboratorio de Ciencia y Tecnología Electroquímica de Materiales (LCTEM) del Departamento de Química Física de la Universidad de Barcelona, mantiene entre otras la línea de investigación y desarrollo de *pilas de combustible y semi-combustible*. Hasta el momento, el grupo ha estudiado tres sistemas diferentes:

1) Pila de semi-combustible de Al/O_2

Como el Al es un metal ligero y se oxida a un estado trivalente, es capaz de producir una densidad de energía muy grande, con posible aplicación en automóviles eléctricos y baterías estacionarias. Se ha estimado que el tiempo de recarga de aluminio en una batería de este tipo sería comparable al del llenado de un depósito de combustible en un vehículo con motor de explosión. En primer lugar, se ha estudiado las prestaciones de varios ánodos de aleaciones de aluminio en medio alcalino con inhibidores de corrosión, utilizando técnicas electroquímicas en una celda de tres electrodos. Se ha hecho especial hincapié en la determinación de la eficiencia de la oxidación del metal a diferentes densidades de corriente, ya que si el consumo de la resistencia externa es mínimo, puede haber desprendimiento de hidrógeno por corrosión alcalina. Con el mejor de dichos ánodos y un cátodo de difusión de oxígeno de carbón-PTFE catalizado, se ha construido una celda de laboratorio con electrodos de 3 cm^2 de sección, celda en la que se ha determinado sus prestaciones.

2) Pila de combustible de H_2 impuro

En este caso, el objetivo ha sido la construcción de una pila de combustible alcalina capaz de utilizar hidrógeno impuro como gas de alimentación del ánodo. El ánodo estudiado ha sido una lámina de Pd o de aleación de Pd-Ag, permeable solamente al H_2, recubierta con diferentes catalizadores para acelerar el proceso de la oxidación del hidrógeno e impedir su desactivación por contaminantes. Como combustible se han utilizado mezclas de hidrógeno con gases inertes y también contaminadas con hidrocarburos y CO. Se ha estudiado el ánodo en una celda de tres electrodos empleando técnicas electroquímicas y a continuación, se ha aplicado a una pila de combustible con un cátodo de carbón-PTFE de difusión de oxígeno. Dicha celda de laboratorio ha sido construida con materiales especiales para poder estudiar sus prestaciones hasta temperaturas de unos 100 °C. Dicha celda se ha integrado en un sistema de control de temperatura y de fluidos junto con un dispositivo para medir la corriente y el voltaje de celda (Fig. 1). Los parámetros determinados han sido su voltaje, densidad de corriente y potencia, trabajando en circuito cerrado con un amplio rango de resistencias externas.



3) Pila de combustible para la cogeneración de H_2O_2

Otro de los objetivos perseguidos ha sido el del desarrollo de una pila de combustible alcalina capaz de generar peróxido de hidrógeno. Este compuesto es usado en la actualidad como oxidante en substitución de otros, muy utilizados hasta ahora, como el cloro, pero que son tóxicos. Así por ejemplo, ya se emplean disoluciones alcalinas de peróxido de hidrógeno como agente blanqueante en la industria papelera y textil. Esta pila se pensó por el interés de disponer de un sistema de producción *in situ*, que permitiría añadir el reactivo de forma dosificada. Este procedimiento haría innecesario el transporte del reactivo desde un lugar lejano. Además, su producción no necesita energía (como por ejemplo en el método electrolítico), sino que la produce y ésta también puede ser aprovechada.

La pila de combustible consta de dos electrodos de difusión de gas, uno de hidrógeno y el otro de oxígeno, ambos de carbón-PTFE, paralelos y circulando entre ellos una disolución de hidróxido sódico o potásico. El ánodo para la oxidación del hidrógeno se halla catalizado por Pt disperso, mientras que el cátodo tiene una composición especial para transformar el O_2 en peróxido de hidrógeno (de hecho la forma estable en medio alcalino es el ión hidroperóxido). La pila es operativa, es decir produce iones hidroperóxido y energía, cuando se cortocircuitan los electrodos a través de una resistencia externa. La productividad del ión hidroperóxido y la energía suministrada dependen de la resistencia externa, la

temperatura, la concentración de hidróxido, el caudal del electrolito, la forma de circular el electrolito (estática, en régimen de circulación o en recirculación) y la presión parcial de los gases. Las eficiencias de corriente para el proceso de electrogeneración de peróxido de hidrógeno se hallan comprendidas generalmente entre el 95 y el 100%, con unas densidades de corriente de hasta 160 mA cm^{-2}.

Se han construido celdas a diferentes escalas. La primera pila empleaba electrodos manufacturados de 0,79 cm^2 de sección. También se han construido pilas con electrodos comerciales de 10 cm^2 de sección (Fig. 2) y una planta piloto experimental. Se ha realizado la simulación de las curvas de polarización a partir de los parámetros cinéticos de los procesos y el ajuste teórico de la ecuación que relaciona la productividad con la resistencia externa cuando se produce y aprovecha energía e ión hidroperóxido de forma simultánea (Fig. 3).

En la experimentación con las celdas anteriores se observó una limitación en la densidad de corriente electródica de unos 150 mA cm^{-2}. Para un desarrollo posterior del sistema resulta importante determinar el electrodo limitante, de forma que se estudió la cinética del ánodo y del cátodo en una celda de tres electrodos. Se aplicaron las técnicas de la voltamperometría cíclica y de la espectroscopia de impedancias, conjuntamente con técnicas de análisis de superficies XPS y DRIFTS, para dilucidar la cinética de la oxidación del H_2 a agua y de la reducción del O_2 a HO_2^-. Este estudio ha permitido establecer los órdenes de reacción de las substancias implicadas, las energías de activación de los procesos, las etapas determinantes y el mecanismo. La reacción anódica es en este caso la que limita la productividad de la pila.

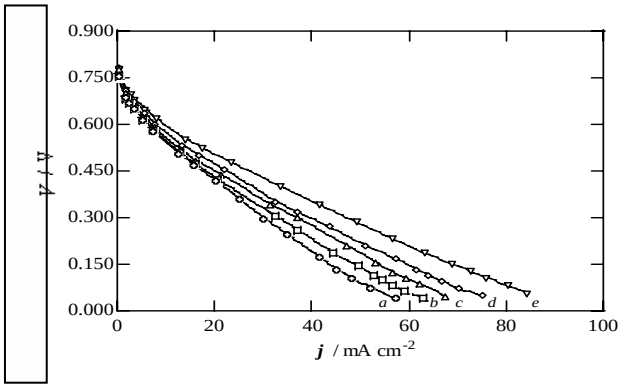


Fig. 2.- *Efecto de la presión de O_2 sobre las curvas de polarización de la pila de combustible alcalina operando con KOH 1,0 M a un flujo de 20 mL min^{-1} y 25 °C. Presiones parciales de O_2: (a) 0,21, (b) 0,40, (c) 0,69, (d) 0,80 y (e) 1 atm.*

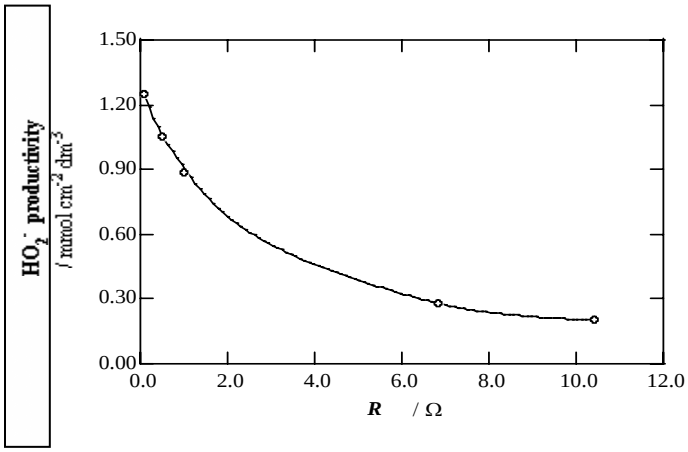


Fig. 3. *- Cambio de la productividad del ion hidroperóxido con la resistencia externa. Disolución 1,0 M de KOH a un flujo de 20 mL min^{-1} y 25 °C. Puntos experimentales (o). Ajuste teórico (-).*

Todos los trabajos realizados hasta el momento sobre pilas de combustible y de semicombustible se centran en dos contribuciones principales: 1) el estudio cinético de los ánodos y de los cátodos en una celda de tres electrodos con el fin de comparar diferentes ánodos y cátodos entre sí y de esta forma, determinar las mejores condiciones de formación de los productos (protones, agua, ión hidroperóxido, etc.) junto con el mecanismo del proceso, y 2) la construcción de la pila de combustible, a escala de laboratorio (miniplanta piloto), midiendo sus prestaciones de corriente, voltaje y potencia. Esta es nuestra experiencia en pilas de combustible, lo cual nos capacita para realizar estudios similares con electrodos y pilas parecidos, pero también con electrodos y pilas de otras características y aplicaciones, ya que los métodos electroquímicos empleados para su estudio son análogos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen las subvenciones de la Generalitat de Catalunya y de la empresa Carburos Metálicos S.A. para llevar a término los trabajos mencionados.

REFERENCIAS

[1] A.M.M.M. Adam, N. Borràs, E. Pérez, P.L. Cabot, Electrochemical corrosion of an Al-Mg-Cr-Mn alloy containing Fe and Si in inhibited alkaline solutions, *J. Power Sources*, 58 (1996) 197-203.

[2] F. Alcaide, E. Brillas, P.L. Cabot, J. Casado, Electrogeneration of hydroperoxide ion using an alkaline fuel cell, *J. Electrochem. Soc.* 145 (1998) 3444-3449.

[3] P.L. Cabot, E. Guezala, J Casado, Fuel cells based on the use of Pd foils, *J. New Mat. Electr. Sys.*, 2 (1999) 253-360.

[4] P.L. Cabot, E. Guezala, J.C. Calpe, M.T. Garcia, J Casado, Application of Pd-based electrodes as hydrogen diffusion anodes in alkaline fuel cells, *J. Electrochem. Soc.*, 147 (2000) 43-49.

[5] F. Alcaide, E. Brillas, P.L. Cabot, Oxygen reduction of uncatalyzed carbon-PTFE gas diffusion cathode in alkaline medium, *J. Electrochem. Soc.*, 149 (2002) E64-E70.
[6] F. Alcaide, E. Brillas, P.L. Cabot, Impedance sudy of the evolution of a HO_2^--generating hydrophobic gas diffusion electrode, *Electrochem. Commun.*, 4 (2002) 838-843.
[7] E. Brillas, F. Alcaide, P.L. Cabot, A small-scale flow alkaline fuel cell for on-site production of hydrogen peroxide, *Electrochim. Acta*, 48 (2002) 331-340.
[8] F. Alcaide, E. Brillas, P.L. Cabot, An impedance study of the $O_2|HO_2^-$ system in equilibrium on a gas diffusion electrode, *J. Electrochem. Soc.* 150 (2003) E52-E58.
[9] F. Alcaide, E. Brillas, P.L. Cabot, EIS analysis of hydoperoxide ion generation in an uncatalyzed oxygen-diffusion cathode, *J. Electroanal. Chem.*, 547 (2003) 61-73.
[10] F. Alcaide, E. Brillas, P.L. Cabot, Limiting behaviour during the hydroperoxide ion generation in a flow alkaline fuel cell, *J. Electroanal. Chem.* (2004) en prensa.

Universidad Pública de Navarra
Pedro Mª Diéguez Elizondo

Hidrógeno Renovable

1. Introducción

Es evidente que la actual situación de los recursos energéticos fósiles hace necesario la búsqueda de un sustituto del petróleo. Teniendo en cuenta que la generación energética en base a recursos renovables va actualmente encaminada en esencia a la generación de energía eléctrica y que el consumo de energía en automoción supone del orden de un sesenta por ciento de la energía primaria consumida, parece claro la necesidad de una fuente renovable y no contaminante de energía aplicable en este sector, es decir, hay necesidad de un combustible

abundante, limpio y renovable que accione los miles de millones de motores térmicos existentes en el mundo.

De las líneas investigadas, dos parecen destacarse por su viabilidad: los biocombustibles y el hidrógeno (objeto de la presente exposición).

Si bien hoy no se da una aplicación industrial a gran escala del hidrógeno, es más que previsible que esta situación cambie en un futuro no muy lejano. Las ingentes cantidades de hidrógeno existentes en la Naturaleza a libre disposición y la limpieza de su utilización, hacen de aquél candidato a actor de primera línea en el escenario del futuro modelo de energía distribuida.

El hidrógeno se presenta en forma de agua, compuesto químico muy estable, por lo que su obtención no es sencilla. Existen muchas y variopintas formas de obtención sobre las que se están desarrollando importantes investigaciones; de momento, la hidrólisis del agua es la tecnología más viable, método tanto más aconsejable en cuanto se dispongan de excedentes de energía eléctrica de origen renovable.

El almacenamiento y transporte del hidrógeno conlleva inconvenientes cada vez más subsanados. Existe una industria fiable ligada al hidrógeno: depósitos, compresores, motores de combustión interna alternativos, etc.

Como vector energético, hoy se apunta a su combustión en motores de combustión interna alternativos, centenaria tecnología sobre la que se posee amplia experiencia, y a su aplicación en pilas de combustible, sobre las que se están desarrollando importantes investigaciones.

2. Antecedentes

La empresa EHN (Energía Hidroeléctrica de Navarra), de actividad en el sector energético renovable, manteniendo una estrategia de diversificación e investigación en todos los ámbitos de dichas energías, plantea a un grupo de investigadores de la Universidad Pública de Navarra el reto de valorar las posibilidades de producción de hidrógeno a partir de energía renovable.

Dado que la energía renovable, que en estos momentos cuenta con mayor producción en la empresa y con mayor futuro en términos mundiales, es la energía eólica, se ha proyectado el estudio de viabilidad técnica de producción de hidrógeno a partir de energía eólica.

3. Objetivo

La utilización del Hidrógeno como vector energético supone su generación en cantidades considerables. Una forma renovable factible de generarlo es, hoy en día, a partir de la electrolisis del agua consumiendo una energía eléctrica que provenga de un generador eólico. Los electrolizadores comerciales están diseñados para alimentarse con la energía de la red. En nuestro caso, será necesario analizar el comportamiento del electrolizador en condiciones de funcionamiento similares a las que se dan en los sistemas eólicos.

El objetivo final es la obtención de la información necesaria sobre el proceso de electrólisis que permita diseñar el equipo de conversión óptimo. Se trata, en esencia, de determinar experimentalmente el modelo "eléctrico" del electrolizador que permita analizar sus características y preparar un modelo de simulación que reproduzca fiablemente su comportamiento.

Serán objeto de estudio y análisis detallado las influencias que sobre el rendimiento y la fiabilidad del electrolizador ejercen tanto las variaciones de potencia habituales en los generadores eólicos como los posibles armónicos generados en las etapas de conversión.

4. Metodología de Trabajo

Tanto la obtención del modelo eléctrico como su validación requiere la disposición de un electrolizador así como de un convertidor estático.

Se ha adquirido un electrolizador alcalino (KOH) de 5 Kw. cuyo suministrador ha sido la empresa belga Vandenborre Hidrogen Systems.

Se ha diseñado y se encuentra en fase de construcción el convertidor estático de alimentación programada que permitirá alimentar el electrolizador mediante un perfil de tensión/corriente programado.

A continuación vendrá la fase experimental a fin de conseguir la obtención del modelo eléctrico del electrolizador. Se realizará inicialmente un estudio de los procesos electroquímicos que tienen lugar durante la electrolisis en las distintas celdas así como el comportamiento del conjunto de celdas dentro del electrolizador. A continuación se propondrán procedimientos de ensayo genéricos para la obtención de los diferentes parámetros característicos del modelo. Finalmente el modelo será validado de forma experimental.

Una vez logrado el modelo matemático del comportamiento del electrolizador, se evaluará en esta etapa el comportamiento del electrolizador en diferentes modos de funcionamiento.

Con estos estudios se pretende conseguir experiencia en este tipo de instalaciones de cara a la evaluación de la viabilidad técnica y económica de instalaciones de producción de hidrógeno renovable y su posterior aplicación.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN "CIENCIA DE SUPERFICIES Y ELECTROCATÁLISIS"

Departamento de Química Física, Universidad de La Laguna,
I.P.: Elena M. Pastor Tejera,

El Grupo de Ciencia de Superficies y Electrocatálisis inicia sus actividades en el Departamento de Química Física de la Universidad de La Laguna en el año 1994. Previamente, en el año 1990 se establecen los contactos con el Grupo de Investigación dirigido por el Profesor Wolf Vielstich y la Profesora Teresa Iwasita del Institut für Physikalische und Theoretische Chemie de la Universidad de Bonn (Alemania). El Grupo alemán se ha caracterizado por investigaciones punteras sobre electrocatalizadores empleados en **celdas de combustibles**, principalmente para las **celdas directas de metanol**. En relación con estos estudios, este grupo desarrolló en la década de los 80 la técnica de **espectrometría de masas diferencial electroquímica DEMS**, pero además ha centrado gran parte de sus investigaciones en la aplicación de la **espectroscopia de IR por transformada de Fourier (FTIR)** al estudio de la interfase electroquímica. La Dra. Elena Pastor Tejera (Investigadora Principal del Grupo de la ULL), realizó su Tesis Doctoral entre 1990 y 1992 en este laboratorio utilizando las espectroscopias de FTIR y DEMS, y ha continuado con esta colaboración hasta la actualidad. Éste puede considerarse el punto de partida del Grupo de Ciencia de Superficies y Electrocatálisis, que inició tímidamente sus trabajos a la vuelta de Alemania de la Dra. Pastor, con la puesta en marcha de ambas técnicas espectroscópicas en el laboratorio de la ULL, y que ha experimentado un desarrollo continuo consolidándose en los últimos cinco años a través de los diferentes proyectos de investigación conseguidos y de las relaciones de cooperación con varios grupos de investigación nacionales e internacionales.

Temas de Investigación y Técnicas

El objetivo del Grupo de Investigación de Ciencia de Superficies y Electrocatálisis se centra en avanzar en la comprensión, tanto al nivel atómico como molecular, de los procesos que tienen lugar en superficies metálicas e interfases metal/disolución, con especial atención a procesos de catálisis heterogénea, estructura y enlace en superficies, recubrimientos y adhesión. De acuerdo con esto, podemos considerar dos orientaciones fundamentales de estos estudios:

1. *Investigación básica*. Centrada en determinar la naturaleza de la interacción existente entre metales y monocapas o multicapas de sustancias adsorbidas, óxidos, etc., establecer la orientación de estas especies, así como la influencia de la naturaleza del material electródico y de la orientación superficial de los átomos del metal en la reactividad.
2. *Investigación aplicada*. Con el fin de aplicar este conocimiento para comprender, a un nivel molecular, fenómenos macroscópicos que se

producen sobre las superficies. Este conocimiento puede encontrar aplicación en campos tan variados como la electrocatálisis, las celdas de combustible, la formación de recubrimientos, la eliminación electroquímica de sustancias nocivas en los efluentes, polímeros conductores, etc. Son precisamente los estudios de los catalizadores empleados en las **celdas de combustible de electrolito polimérico (PEM)** los que han centrado las investigaciones y los proyectos más recientes del Grupo.

Los métodos experimentales más empleados en las investigaciones anteriores son los que suministra la Electroquímica. Sin embargo, las **técnicas electroquímicas** (voltamperometría cíclica, cronoamperometría, culombimetría, etc.), permiten obtener información acerca de la naturaleza de las interfases así como de las reacciones que se producen en ellas, aunque no pueden acceder al estado microscópico de las superficies y a las características estructurales de las especies reaccionantes. De ahí que haya sido necesaria la introducción en nuestros estudios de otros métodos experimentales complementarios que afronten simultáneamente estos aspectos de la investigación, particularmente a través del empleo de **técnicas espectroscópicas**. Esta metodología es especialmente adecuada para la caracterización de superficies y de películas delgadas en interfases.

Las técnicas aplicadas en nuestra investigación se pueden clasificar entre *in situ* y *ex situ*, según se pueda adaptar su aplicación directamente al medio experimental (electroquímico) bajo consideración, o haya que proceder a su análisis posterior tras su caracterización y control por vía electroquímica. En el primer grupo aplicamos las técnicas de **espectroscopia infrarroja con análisis por transformada de Fourier (FTIR)** y la **espectroscopia de masas adaptada a sistemas electroquímicos (DEMS)**, que son las técnicas adaptadas por el Grupo de la ULL a los sistemas electroquímicos. Por otra parte, es posible el acceso a las microscopías de efecto túnel y fuerzas (STM y AFM), espectroscopia de impedancias electroquímica (EIS) y al microscopio electroquímico (SECM), ya que estos equipos se encuentran en funcionamiento en el Departamento de Química Física de la Universidad de La Laguna.

Por otra parte, entre las técnicas *ex situ* se tiene acceso a la espectroscopia de análisis químico (ESCA), las difractometrías de rayos X (XRD y GIXD), y las microscopías electrónicas (TEM y SEM con microsonda analítica de rayos X). La aplicación de las nuevas metodologías a campos de la Electroquímica de interés tecnológico (como puede ser, por ejemplo, la producción y almacenamiento de energía), permitirá lograr progresos significativos en la resolución de problemas abiertos para los que el empleo único de técnicas convencionales no ha encontrado soluciones satisfactorias.

Aspectos concretos de la investigación

En las investigaciones que realiza el Grupo en la actualidad habría que distinguir entre aquellas en las que se utilizan superficies monocristalinas, para las que se conoce perfectamente su estructura superficial, lo que permite caracterizar el tipo de sitio reactivo, y los estudios con catalizadores técnicos soportados, con un

interés aplicado importante. También se están realizando estudios con polímeros conductores como matriz, para la oxidación del mismo tipo de moléculas sobre metales nanoestructurados. En todos los casos, las técnicas de FTIRS y DEMS puestas a punto por el Grupo se han aplicado para la caracterización de las especies adsorbidas que actúan como venenos catalíticos, y a la determinación de los productos de reacción. A continuación se comentará la metodología seguida para el estudio de la oxidación del CO y el metanol sobre catalizadores soportados aplicando las técnicas electroquímicas y espectroscópicas disponibles en el Grupo (la caracterización con las técnicas *ex situ* se ha realizado previamente).

En estos momentos la actividad se centra en la caracterización de catalizadores bimetálicos (PtRu, PtW, PtOs y PtCo) sintetizados en colaboración con otros Grupos y compararlos con otros comerciales. Los electrodos de trabajo se preparan dejando secar en atmósfera de argón una suspensión obtenida a partir del polvo del catalizador soportado sobre carbón en agua y Nafión®, depositados en una superficie de carbono vítreo recién pulida.

En primer lugar se procede a la caracterización electroquímica en medio ácido perclórico 0,1 M entre 0,05 y 0,90 V frente al electrodo reversible de hidrógeno (RHE, empleado en todos los estudios), aplicando la técnica de **voltamperometría cíclica**. El límite superior de potencial se seleccionó de forma que se evitara la disolución del segundo metal que acompaña al platino. A continuación, se realizaron experiencias de adsorción de monóxido de carbono a un potencial controlado (0,20 V) en una celda de flujo y a diferentes temperaturas, oxidando los residuos formados al realizar un barrido de potencial hasta el límite superior de potenciales. De las aleaciones estudiadas hasta el momento, para la de PtRu (50:50) se obtiene en un sólo pico voltamperométrico mientras que el resto presentan varias contribuciones. Los estudios realizados por técnicas *ex situ* confirman que en todos los casos se trata de verdaderas aleaciones, por lo que hay que recurrir a otras técnicas para establecer las causas de la multiplicidad de picos. También se observa que al aumentar la temperatura la oxidación ocurre a potenciales más negativos.

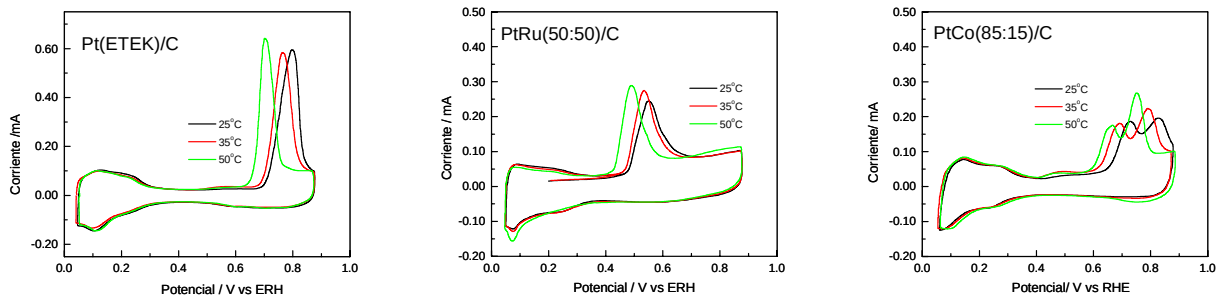


Figura 1. *Voltamperogramas cíclicos obtenidos durante la oxidación de los adsorbatos del monóxido de carbono sobre Pt(ETEK) y aleaciones de PtRu (50:50) y (b) PtCo (85:15). Potencial de adsorción: 0,20 V. Velocidad de barrido: 0,05 Vs^{-1}.*

El siguiente paso consiste en estudiar el comportamiento de estos electrocatalizadores en una disolución de metanol 0,5 M y 0,1 M en ácido perclórico, mediante voltamperometría cíclica. Comparando los resultados para las diferentes aleaciones, podemos concluir que de todos los casos considerados, las de PtOs y PtRu presentan corrientes mayores en el rango de potenciales de 0,5 - 0,9 V a medida que aumenta la temperatura.

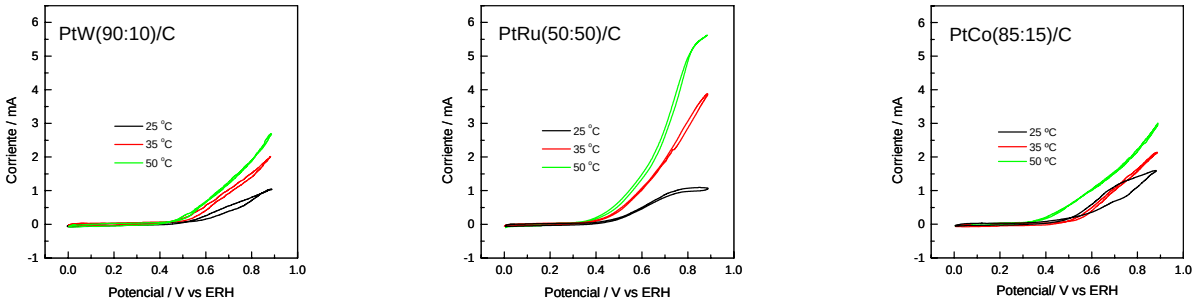


Figura 2. *Voltamperogramas cíclicos obtenidos a 0,05 Vs^{-1} en una disolución de metanol 0,5 M en ácido perclórico 0,1 M con las aleaciones de PtW (80:20), PtRu (50:50) y PtCo (85:15).*

También, y a cada una de estas temperaturas, se procede a registrar las **curvas cronoamperométricas** a potencial constante. El análisis comparativo de las aleaciones permite concluir que la aleación de PtRu (50:50) es la que presenta las mejores características para la reacción de oxidación del metanol, ya que con ella se obtienen las corrientes más altas y el menor envenenamiento.

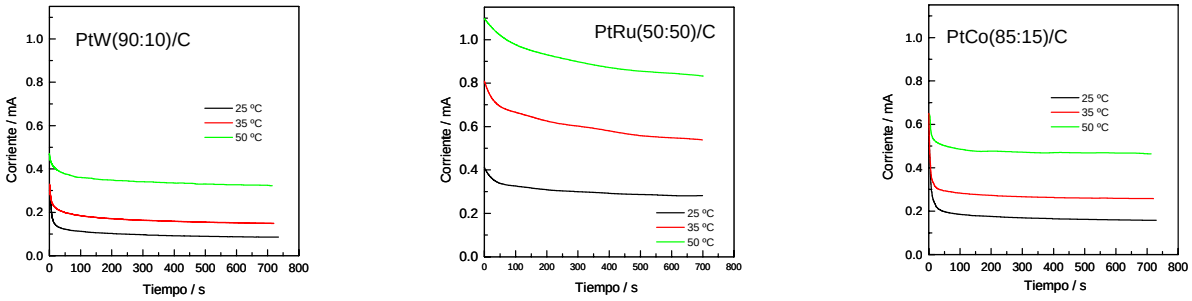


Figura 3. *Curvas corriente-tiempo para el metanol 0,5 M en ácido perclórico 0,1 M obtenidas a 0,60 V con las aleaciones de PtW (90:10), PtRu (50:50) y PtCo (85:15).*

La siguiente fase en este trabajo de investigación es estudiar estas aleaciones mediante las técnicas espectroscópicas *in situ* como son las de DEMS y FTIRS. Para ello fue necesario el desarrollo de celdas electroquímicas especiales que permitieran el uso del mismo tipo de electrodos anteriores. Mediante la **espectrometría de masas diferencial** se puede seguir la producción de CO_2 a

partir del CO adsorbido o del metanol (señal de masas m/z = 44), cuya integral nos permite comparar las producciones con los diferentes catalizadores.

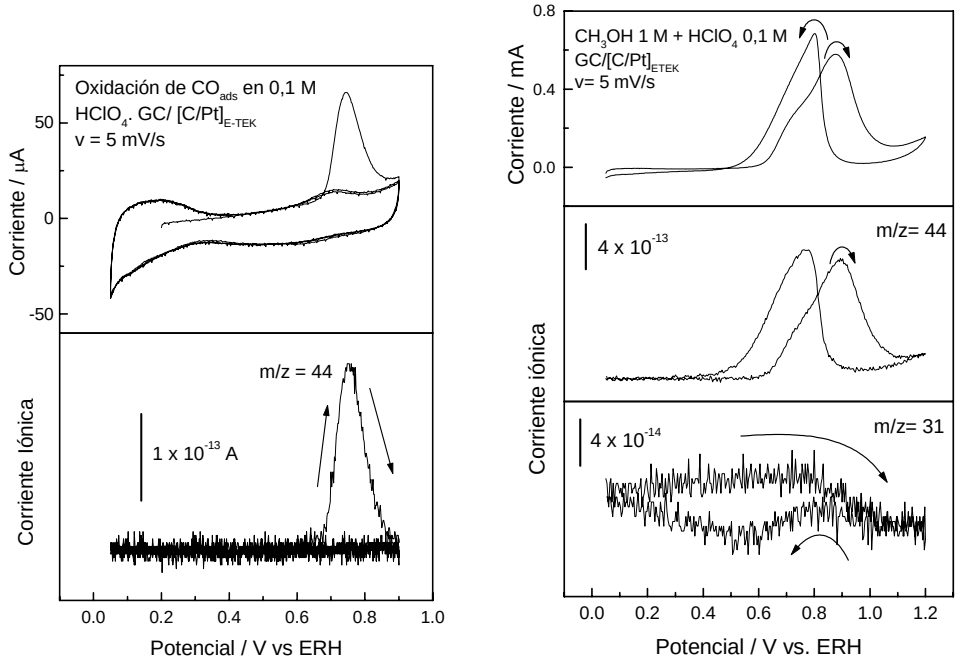


Figura 4. *Voltamperogramas cíclicos y señales de masa para el CO_2 (m/z = 44) y metanol (m/z = 31) durante la oxidación de una monocapa de CO adsorbido o de metanol 1 M para un electrodo de Pt(ETEK) soportado sobre carbón.*

Por otra parte, la **espectroscopía de infrarrojo in situ** también aporta información muy importante sobre la naturaleza de las especies producidas en estos procesos. La comparación de las diferentes muestras permite sacar conclusiones sobre las propiedades de estos catalizadores y las razones del mejor comportamiento de unos frente a otros.

Una vez estudiados los catalizadores con estas técnicas, la última fase pasa por ser probados en una celdas de combustible en la correspondiente estación de pruebas. Como se puede apreciar, se trata de abordar el estudio del comportamiento de los catalizadores para la oxidación del CO y el metanol tanto desde un punto de vista mecanístico como de rendimiento final en la celda de combustible.

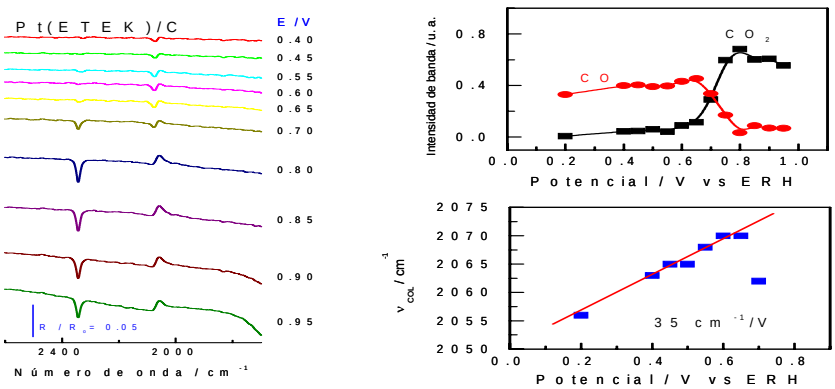


Figura 5. *Izquierda: espectros obtenidos durante la oxidación del CO adsorbido sobre Pt(ETEK). La señal alrededor de 2050 cm^{-1} corresponde al CO linealmente adsorbido y la señal a 2343 cm^{-1}, a la producción de CO_2. Derecha: integral de las señales en los espectros anteriores y dependencia del número de onda con el potencial de adquisición del espectro.*

Proyectos de Investigación recientes

- *"Estudio de la interfase electroquímica mediante espectroscopía de infrarrojo por transformada de Fourier".* DGES (MCyT, Nº 98-0436), 1999-2002. I.P.: Elena Pastor.
- *"Estudios espectroscópicos y electroquímicos de la oxidación de alcoholes".* Programa Hispano-Brasileño de Cooperación Interuniversitaria (MECyD, Nº PHB2001-0034-PC), 2001-2004. I.P.: Elena Pastor (España) y Teresa Iwasita (Brasil).
- *"Materiales nanoestructurados como electrodos de alta superficie para aplicaciones tecnológicas".* Programa de Cooperación Científica con Iberoamérica (MECyD), 2002-2004. I.P.: Elena Pastor (España) y César A. Barbero (Argentina).
- "*Investigaciones electroquímicas sobre catalizadores para celdas de combustible y tecnología del medio ambiente*". Acción Integrada con Alemania (MCyT, Nº HA2002-127), 2003 y 2004. I.P.: Elena Pastor (España) y Volkmar M. Schmidt (Alemania).
- *"Electrocatalizadores tolerantes al monóxido de carbono para celdas de combustible".* Dirección General de Investigación (MCyT, MAT2002-01685), 2002-2005. I.P.: Elena Pastor.
- Título: "*Espectrómetro de masas electroquímico (DEMS)*". Entidad financiadora: Gobierno Autónomo de Canarias (Proyecto de Infraestructura 2003). I.P.: Elena Pastor.
- Título: "*Espectrómetro de infrarrojo por transformada de Fourier*". Entidad financiadora: (MCyT, Proyecto de Infraestructura 2003). I.P.: Elena Pastor.
- *"Construcción de ánodos estables para celdas de combustible de metanol. Regulación y optimización de la potencia entregada.".* Gobierno Autónomo de Canarias (Nº PI 2003/70), 2003-2005. I.P.: Elena Pastor.

Materiales para baterías recargables de litio y pilas de combustible en la Universidad San Pablo CEU

F. García-Alvarado
Departamento de Ciencias Químicas USP-CEU

El grupo de investigación en Química del Estado Sólido viene funcionando en la Universidad San Pablo CEU desde el año 1996 siendo su principal interés lo que ha dado en denominarse Química Suave. En este sentido los trabajos realizados desde entonces se han dirigido, por una parte a la caracterización estructural de compuestos de intercalación y al estudio de fenómenos orden desorden en dicho tipo de compuestos, y por otra, pero en clara consonancia, al estudio de materiales útiles como electrodos en baterías recargables de litio. Aunque durante estos últimos años se han abordado y caracterizado muchos materiales de este tipo, entre los más recientes debemos mencionar a diversas rasmdellitas de litio y titanio, como por ejemplo $Li_2Ti_3O_7$ [1]. El estudió ha incluido a un nuevo polimorfo de TiO_2 con estructura ramsdellita que fue propuesto, dado que sus prestaciones electroquímicas resultaron interesantes, como ánodo de baterías de ión litio[2].

La viabilidad del uso de óxidos de titanio, cuyo potencial de reducción es próximo a los 1.3 V como ánodos fue posteriormente demostrada por la compañía Panasonic mediante el desarrollo de una batería de ión litio en la que el ánodo consiste en la espinela $Li_4Ti_5O_{12}$. Actualmente se están estudiando las posibles transformaciones a alta temperatura de diversas espinelas del tipo $LiTi_{2-x}M_xO_4$ con M = V, Cr, Fe y Co, a rasmdellitas de la misma composición, habiéndose determinado que es posible la obtención de nuevas rasmdellitas $LiTi_{2-x}V_xO_4$ y $LiTi_{2-x}Cr_xO_4$ con $0 \leq x \leq 1$. La caracterización mediante difracción de rayos X, de electrones y medidas de susceptibilidad magnéticas en unión de los datos aportados por el estudio electroquímico realizado ha permitido establecer que la sustitución catiónica lleva a compuestos del tipo $Li(Ti^{3+})_{1-x}M_x(Ti^{4+})O_4$ con M = Cr^{3+} o V^{3+}. El comportamiento electroquímico de $LiTi_{2-x}V_xO_4$ ha permitido proponer su uso como electrodo negativo en baterías de ion litio, ya que estos nuevos electrodos pueden desarrollar capacidades de 160 mAh/g a un potencial medio de 1.5 V, valores que resultan similares a los del compuesto sin sustituir, la ramsdellita $LiTi_2O_4$ (166 mAh/g). No obstante existe una capacidad que se desarrolla a un potencial medio y que no puede ser usada durante el funcionamiento como ánodo. Por ese motivo se han realizado sustituciones de V por otros metales que se puedan oxidar a potenciales más altos y puedan así, a la vez ser usados como electrodos positivos. En este sentido hay que destacar el comportamiento versátil de una nueva familia de ramsdellitas, $LiTi_{2-x}Cr_xO_4$. El estudio que se está realizando sobre el miembro de esta familia con x = 1, la composición que se ha considerado

---

[1] M. E. Arroyo y de Dompablo, E. Morán, A. Várez and F. García-Alvarado, Materials Research Bulletin 32, 993 (1997) ; M.E. Arroyo y de Dompablo, A. Várez and F. García Alvarado Journal of Solid State Chemistry , 153, 132 (2000)

[2] A. Kuhn, R. Amandi and F. García Alvarado, Journal of Power Sources .**92**, 221 (2001)

más relevante, ha permitido proponer a este nuevo material como un buen candidato a electrodo negativo en baterías recargables de litio gracias al par Ti^{4+}/Ti^{3+}. Además de poder desarrollar en reducción, una capacidad teórica máxima de 157 mAh/g a un potencial medio de 1.5 V, esta misma capacidad teórica puede ser desarrollada en oxidación gracias a la presencia de Cr^{3+}, por lo que podría actuar como el electrodo positivo, si bien en este caso el potencial medio de trabajo sería de 4 V [3] . Hay que decir que no conocemos todavía a que conduce el proceso de oxidación de este material, por lo que los trabajos continuaran en esta dirección.

Otro tipo de materiales recientemente estudiados han sido los fosfatos y arseniatos de metales de transición. Hemos completado un estudio de dos polimorfos con composición $LiMXO_4$ (M= metal 3d, X=P, As) como posibles electrodos para baterías de litio. Nuestros estudios nos han permitido determinar la influencia de la estructura sobre las prestaciones electroquímicas, manteniendo la composición del material, a través de una transición de fase inducida a altas presiones[4] . Por otro lado también estudiamos la influencia del tipo de enlace presente en el sólido (mayor o menor carácter covalente) sobre las prestaciones como electrodo mediante el estudio comparado de fosfatos y arseniatos. Asimismo, hemos preparado por primera vez un óxido con estructura espinela que contiene arsénico[5] .

Recientemente el grupo ha diversificado sus actividades iniciando trabajos dirigidos a la obtención de materiales conductores protónicos como componentes de células de combustible. En este sentido cabe mencionar el estudio sobre el sistema $Na_{1-x}H_xNbWO_6$ [6].

---

[3] "ELECTRODO VERSÁTIL Li-Ti-Cr-O PARA BATERÍAS RECARGABLES DE LITIO Y DE ION LITIO" por Flaviano García Alvarado, Alois Kuhn y María Martín Gil. Solicitud de Patente Española (Nº de Solicitud P200101364, Fecha 13-06-2001); F. García-Alvarado, María Martín Gil y A.Kuhn. "Synthesis and Electrochemical Behaviour of Ramsdellite $LiTiCrO_4$ ",incluído en SOLID STATE IONICS 2002 . Mat. Res. Soc. Symp. Proc. Vol. **756** Editores:P. Knauth, J.M. Tarascon, E. Traversa y H.L. Tuller.
Materials Research Society (ISBN 1-55899-693-1) (2002); F. García Alvarado, A. Kuhn y M. Martín Gil, "La transformación espinela-ramsdellita: una nueva ruta para la obtención de materiales para baterías recargables de litio", Boletín de la Soc. Esp. Cer. y Vidrio **41**, 385 (2002).

[4] O. García-Moreno, M.Alvarez-Vega, F.García-Alvarado, J.García-Jaca, J. M. Gallardo-Amores, M.L.Sanjuán, U. Amador, *Chem. Mater.* 2001, *13,* 1570-1576]

[5] U.Amador, M.Alvarez-Vega, J.M.Gallardo-Amores, F. García-Alvarado, JSSChem (enviado).

[6] A. Kuhn, F. García-Alvarado, H. Bashir, A. L. Dos Santos y J. L. Acosta, "NEW PROTONIC SOLID ELECTROLYTE WITH TETRAGONAL TUNGSTEN BRONZE STRUCTURE OBTAINED THROUGH IONIC EXCHANGE", Journal of Solid State Chemistry (en prensa). ; -F. García-Alvarado, A.Kuhn, H. Bashir,

A.L. Dos Santos and J.L. Acosta. "Na^+/H^+ Topotactic Exchange on $NaNbWO_6$ with TTB-like Structure : The Series $Na_{1-x}H_xNbWO_6$ " incluído en SOLID STATE CHEMISTRY OF INORGANIC

Sobre este mismo sistema, en colaboración con el Dr. J.L. Sanz, se está completando un estudio mediante RMN de sodio y de protón que ha aportado información sobre la presencia y naturaleza de las especies hidrogenadas en los bronces $Na_{1-x}H_xNbWO_6$. Se ha encontrado que de los dos posibles portadores de carga que podían ser señalados como responsables de la alta conductividad iónica observada, sodio y protón, es este último el que es más móvil. Por otro lado el detallado estudio de RMN realizado ha permitido determinar la existencia de dos sodios que presentan un comportamiento distinto cuando el compuesto se trata con ácido ya que la población de uno de ellos disminuye en mayor medida. Los datos obtenidos fue el punto de partida para un estudio mediante difracción de neutrones que ha sido ya realizado en el reactor del ILL (Francia). Para ello hemos preparado muestras intercambiadas mediante el uso de ácido nítrico deuterado (DNO_3) y usando posteriormente D_2O para los lavados de las muestras intercambiadas.

Por otro lado se ha realizado un estudio paralelo para otra composición de la supuesta solución sólida $Na_xNb_xW_{1-x}O_3$. Así, el material de composición $Na_{0.5}Nb_{0.5}W_{0.5}O_3$, que corresponde al llenado completo de las posiciones de Na, presenta un difractograma que tras su análisis mediante el método de Rietveld puede ser interpretado como correspondiente a una superestructura de la celda de los TTB. También hemos puesto de manifiesto el nuevo orden en la estructura de los TTB mediante difracción de electrones. Las primeras investigaciones apuntan a que esta composición es aún más reactiva frente a un agente intercambiador de protón. La presencia de protón y su estabilidad térmica se ha estudiado mediante ATG. Dicha presencia ha sido confirmada mediante un estudio por RAMAN en colaboración con la Dra M.L Sanjuán. La espectroscopía Raman, en este caso, es útil para determinar cambios estructurales producidos por el intercambio iónico y en función de la temperatura, así como para caracterizar las entidades formadas al protonar el material: H^+ aislado, OH^-, H_2O, $[H_3O]^+$, etc. Actualmente estamos estudiando los compuestos deuterados.

Finalmente cabe señalar que la nuevas líneas que este grupo pretende desarrollar se refieren a al uso de la química computacional, en particular cálculos a partir de primeros principios, en la predicción de prestaciones de materiales útiles en baterías de litio. Por otro lado pretendemos también iniciar trabajos para el desarrollo de nuevos conductores protónicos de alta temperatura

MATERIALES PARA ELECTROLITOS Y ELECTRODOS DE PILAS DE COMBUSTIBLE DE ÓXIDOS SÓLIDOS.

Pedro Nuñez. Departamento de Química Inorgánica, Universidad de La Laguna, E-38200 La Laguna, Tenerife

INTRODUCCIÓN

Dos de los problemas principales que amenazan el futuro de la sociedad del bienestar en Europa y en el Mundo son la disminución de los recursos de combustible fósil y el calentamiento global del planeta debido a las emisiones de dióxido de carbono. Estos problemas, unidos a la mentalización de la sociedad en cuanto a los efectos nocivos que se producen en la Naturaleza, han polarizado la atención en hacer más eficiente el uso del Hidrógeno y convertirlo en el combustible del siglo XXI. En este aspecto, las pilas de combustible son unos sistemas ideales para la generación de electricidad a partir del Hidrógeno, previamente almacenado. Estos sistemas alternativos de generación de electricidad presentan ventajas respecto a los sistemas empleados tradicionalmente como baja contaminación, alto rendimiento energético y utilización de fuentes alternativas al petróleo, como el hidrógeno o el gas natural. Existen diversos tipos de pilas de combustible dependiendo del tipo de electrolito utilizado. Por ejemplo, las basadas en electrolitos poliméricos PEMFCs (Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells) exhiben altas densidades de potencia a bajas temperaturas (~300-350 K) usando hidrógeno como combustible. El principal inconveniente es su relativa corta vida media, debido al envenenamiento que producen las trazas de CO del hidrógeno en el ánodo. Otro tipo de pilas de combustible, la de óxidos sólidos SOFC (Solid Oxide Fuel Cells), puede suministrar también altas densidades de potencia, aunque presenta el inconveniente de necesitar altas temperaturas de operación. Por esta razón, se hace necesario un gran esfuerzo en el desarrollo y optimización de nuevos electrolitos y electrodos que haga viable la utilización de dichas pilas de forma generalizada.

En los últimos años, se están desarrollando nuevos electrolitos cerámicos para SOFCs que presentan un alto rendimiento a temperaturas cada vez más bajas, utilizando hidrógeno o hidrocarburos como combustible. Aunque la investigación en este sentido es muy amplia, todavía no se ha llegado a las condiciones óptimas para la utilización de un material que resulte adecuado para su utilización como electrolito en las SOFCs.

Es de destacar que los materiales empleados en las SOFCs tienen estructura policristalina, por lo que su microestructura juega un papel fundamental en las propiedades de transporte eléctrico del material. En este aspecto, es de destacar la importancia que presenta el borde de grano, ya que su influencia en las propiedades eléctricas es muy grande, sobre todo a bajas temperaturas. El método preparativo empleado en la síntesis de los compuestos se manifiesta como un

factor fundamental en las propiedades que presenta el borde de grano. Debido a esto, se hace necesaria la utilización de métodos alternativos de síntesis como los basados en precursor liofilizado, sol-gel, coprecipitación, acetilacetona, etc, de modo que se puedan reducir al máximo los efectos bloqueantes asociados al borde de grano. Asimismo, es importante que se reduzca el tamaño de grano de los materiales de partida para tratar de obtener muestras sinterizadas con una alta densidad (necesaria en los electrolitos que deben ser estanco a los gases) y calcinadas a temperaturas relativamente bajas para mejorar la estabilidad mecánica de las mismas. Por esta razón la obtención de muestras nanométricas se presenta como un factor fundamental en el posterior desarrollo de los materiales.

Por otro lado, es indispensable el estudio de los mecanismos de transporte iónico y/o electrónico que tienen lugar en estos materiales, ya que el conocimiento exhaustivo de estos mecanismos nos permitirían un mayor control en las aplicaciones. Los procesos que involucran la generación y migración de defectos, tanto aniónicos como catiónicos, juegan un papel importante en los mecanismos de conducción eléctrica. El conocimiento de estos procesos requiere de una caracterización minuciosa tanto desde del punto de vista estructural y microestructural, como de las propiedades eléctricas.

Materiales a base de CeO_2

Las soluciones sólidas basadas en el óxido de cerio constituyen una muy buena alternativa a la YSZ para ser empleadas como electrolitos de temperaturas intermedias (500-700°C) y como material de ánodo para IT-SOFC. El principal problema derivado de los materiales a base de ceria es la aparición de conductividad electrónica en condiciones reductoras. El Ce^{4+} se reduce a Ce^{3+} a altas temperaturas y en atmósferas con baja presión parcial de oxígeno, dando lugar a una conductividad electrónica tipo n y a deficiencias aniónicas en la red cristalina que podrían dar lugar a cambios estructurales. La adición de ciertos óxidos aliovalentes como pueden ser los del tipo Ln_2O_3 (Ln= Gd, Sm, Y, Sc, etc.) aumenta su estabilidad química, introduce una mejora de la conductividad iónica y disminuye la tendencia a la reducción del Ce^{4+}. Los dopantes que resultan más efectivos son el Gd_2O_3 y Sm_2O_3, posiblemente debido a que minimizan los cambios en los parámetros de red, aunque se encuentran algunas discrepancias en la bibliografía sobre esta eficiencia. Las diferencias, en general ligeras, pueden ser asociadas a diferencias en los métodos preparativos de las muestras y su correspondiente efecto en el comportamiento del límite de grano de los materiales, sobre todo a baja temperatura. Por esta razón, la optimización del método de síntesis debe constituir uno de los principales factores en la mejora de las propiedades eléctricas y microestructurales de estos materiales.

Un segundo problema que presentan es que requieren temperaturas de sinterización entorno a 1500-1600°C para alcanzar una alta densificación, lo que da lugar a la formación de microestructuras con tamaños de grano del orden de varias micras, ofreciendo una pobre estabilidad mecánica. La adición de ciertos metales de transición como Co, Fe, Mn, Ni, Cu, produce una clara disminución de la temperatura de densificación de estos materiales, lo que permite obtener

microestructuras con tamaños de grano más adecuados. El estudio y caracterización de estas microestructuras constituye pues uno de los principales aspectos en la investigación de los materiales basados en ceria.

Materiales a base de $La_2Mo_2O_9$ (LMO)

El óxido lantano molibdeno, $La_2Mo_2O_9$, es un nuevo conductor iónico a temperatura intermedia y por tanto es de interés como material de electrolito sólido para numerosas aplicaciones electroquímicas, entre ellas para SOFC. La conductividad iónica de $La_2Mo_2O_9$ es comparable a la de otros conductores iónicos oxídicos con estructuras tipo fluorita o perovskita y excede la de aquellos materiales conductores con otras estructuras (p.e.: Aurivillius, pirocloro, apatito, etc.).

Una de las principales limitaciones es la transición de fase que presentan a 560°C, siendo la fase de alta temperatura mucho más conductora que la de baja. Las transiciones de fase son un problema para estos materiales, ya que el estrés térmico que sufren durante los ciclos de calentamiento y enfriamiento puede llegar a degradarlos, formándose grietas.

La búsqueda de sustituyentes que estabilicen la fase de alta temperatura es uno de los objetivos principales en los que se está trabajando. La mayoría de los trabajos publicados se dedican únicamente al análisis estructural, sin embargo las propiedades de transporte requieren un mayor estudio. Otro problema que presentan estos compuestos es que el Mo^{6+} es fácilmente reducible en condiciones reductoras no muy fuertes, lo que provoca la degradación del material. Por tanto, los dopantes no sólo tienen que estabilizar la fase de alta temperatura, sino evitar que el molibdeno se reduzca.

Finalmente, debemos señalar que en este tipo de materiales son necesarios estudios adicionales de conductividad electrónica, de química de defectos y de estabilidad, especialmente, en condiciones reductoras. Este tipo de estudios es de gran importancia debido a que, en la actualidad, aún no está claro si los números de transporte y los resultados de estabilidad que presentan son los adecuados para que puedan operar como electrolito.

El éxito en la aplicación de estos materiales depende, entre otros factores, de que presenten una estabilidad lo suficientemente larga en el tiempo para que sea comercialmente aceptable. Esta estabilidad viene definida por su resistencia a los procesos de degradación, tales como el crecimiento de intergrano, la deformación progresiva (creep), la segregación de fases, la cinética de desmezclado e interdifusión; procesos para los que la generación y migración de defectos catiónicos se espera jueguen un papel preponderante. Se ha sugerido que el estudio de los mecanismos de transporte iónico y electrónico en estos materiales está actualmente en su infancia.

Como se ha visto en el caso de los materiales basados en la ceria, la adición externa de óxidos de metales de transición, tales como Co, Ni, Fe, rebaja considerablemente la temperatura de sinterización. Por tanto, es de esperar que el uso de estos aditivos permita el procesamiento de óxidos basados en lantano-molibdeno a baja temperatura.

TECNICAS EXPERIMENTALES

A) Preparación y caracterización estructural y microestructural de los materiales

Los métodos de síntesis que se utilizan son preferentemente aquellos que involucran precursores como etapa intermedia. Entre otros destacamos los de precursores liofilizados, los de sol-gel (citrato/etilenglicol), coprecipitación de hidróxidos, acetilacetonato, etc. La caracterización estructural y microestructural se realiza por difracción de rayos X (DRX), microscopía electrónica de barrido (SEM) y transmisión (TEM), Análisis Térmico (TGA/DTA, DSC)…

Los materiales que se están estudiando son:

- *Composiciones a base de ceria, CGO, CSO, CYO, etc*
- *Composiciones a base de $La_2Mo_2O_9$, LMO*
- *Composiciones basadas en $LaGaO_3$ (LGO)*
- *Preparación y estudio de materiales de electrodos para SOF.*
- *Preparación y estudio de la compatibilidad de estos materiales como componentes de los cermets de ánodos para SOFC: cermets constituidos por conductores iónicos y NiO, CuO, FeO, etc. en diversas relaciones.*

B) Caracterización eléctrica de los materiales obtenidos.

B1) *Preparación de pastillas.*

Se preparan pastillas de alta densidad con los materiales de partida, tratando de obtener un tamaño de grano lo más pequeño posible. Los estudios de las temperaturas de densificación se llevan a cabo con un TMA (termo mechanical analyzer). El tamaño de grano se determina a partir de imágenes de SEM de las pastillas sinterizadas.

B2) *Medidas de impedancia.*

Las medidas de impedancia se llevan a cabo con un FRA (Solartron 1260), en el intervalo de 200-1000°C, en aire y en diferentes atmósferas reductoras. Para tales medidas se han preparado en el laboratorio diferentes celdas electroquímicas; fabricadas usando tubos de alúmina que forman el cuerpo de la celda e hilos de platino para las diferentes conexiones eléctricas y el termopar. También, se llevarán a cabo medidas de impedancia en función de la presión parcial de oxígeno, en un horno hermeticamente cerrado y construido en el laboratorio, que incorpora un termopar y un sensor de oxígeno (YSZ), ambos muy próximos a la muestra.

B3) *Ion blocking.*

Esta técnica de polarización de electrodos se emplea para determinar la conductividad electrónica tipo n de conductores mixtos de ion óxido, sobre todo en condiciones reductoras. Estas medidas se basan en la utilización de un disco bloqueante que impida la entrada de oxígeno en uno de los electrodos de la celda (electrodo bloqueante), de modo que podamos controlar la presión parcial de oxígeno en el interior y anulemos la contribución iónica a la conductividad.

B4) *Titulación coulombimétrica.*

Esta técnica se utiliza para estudiar el rango de estabilidad de nuestros materiales así como la pérdida de estequiometría que sufren los mismos en

condiciones reductoras. Necesitamos emplear un sensor de oxígeno así como una bomba electroquímica capaz de controlar la entrada o salida de oxígeno en el interior de la celda electroquímica. Nuestro material se irá sometiendo a condiciones cada vez más reductoras, de modo que evaluaremos la liberación de oxígeno producida por el mismo.

B5) *Medidas de f.e.m.*

Estas medidas nos proporcionan los números de transporte iónico del material. De la misma manera que en la Titulación Coulombimétrica la celda electroquímica consta de una bomba y un sensor de oxígeno, pero además se evalúa la fuerza electromotriz producida en nuestro material, para poder obtener el número de transporte iónico del mismo.

C) Mecanismos de transporte iónico y electrónico

El estudio de los resultados obtenidos en los apartados anteriores (B2-B5) combinado con la química de defectos aplicada a cada uno de los materiales nos lleva a proponer mecanismos de transporte iónico y electrónico en estos.

RESULTADOS PREVIOS EN ESTA LINEA DE INVESTIGACIÓN

1.	D.P.Fagg, J.C.C. Abrantes, D.Pérez-Coll, P. Núñez, V.V. Kharton and J.R. Frade, "The effect of cobalt oxide sintering aid on electronic transport in $Ce_{0.80}Gd_{0.20}O_{2-\delta}$ electrolite", Electrochimica Acta, 48, 1023-1029(2003) II = 2.078
2.	D.Pérez-Coll, **P. Núñez**, J.R. Frade and J.C.C. Abrantes., "Conductivity of CGO and CSO Ceramics Obtained from Freeze Dried Precursors" Electrochimica Acta, 48(11), 1551-7 (2003) II = 2.078
3.	Juan Carlos Ruiz Morales, **Pedro Núñez**, J.T.S Irvine, "Preparation and Evaluation of Oxide Anodes in Hydrocarbon Fuel" Processing of and Microstructure-Property Relations in SOFC components and ceramic Gas- separation Membranes, Serie Biblioteca de Ciencias, CSIC,ISBN: 84-00-08110-2, pp.169-80, Madrid, 2003 II = --
4.	D.Pérez-Coll, **P. Núñez**, J.R. Frade and J.C.C. Abrantes. "Nanosize $Ce_{0.80}Gd_{0.20}O_{2-\delta}$ prepared by freeze drying and low temperature sintering" Processing of and Microstructure-PropertyRelations (ibid) pag.107-17 II = --
5.	J.C. Ruiz-Morales, **P. Núñez**, R. Buchanan and J.T.S. Irvine, "Electrochemical Studies of Nickel and Copper/Ytria Titania Zirconia Ceria Cermets" J.Electrochem. Soc., 150(8), A1030-6 (2003) II = 2.330
6.	J.C.C. Abrantes, D.Pérez-Coll, P. Núñez and J.R. Frade, "Electronic Transport in $Ce_{0.80}Sm_{0.20}O_{1.9-\delta}$ Ceramics under Reducing Conditions", Electrochimica Acta, 48, 2761-6 (2003) II = 2.078
7.	D.Pérez-Coll, D. Marrero-López, **P. Núñez**, J.R. Frade and J.C.C. Abrantes, "Effects of sintering additives on the mixed transport properties of ceria based materials under reducing conditions." Journal Solid State Electrochemistry, aceptado II = 1.279

8.	D.Marrero-López, J.C. Ruiz-Morales, D.Pérez-Coll, **P. Núñez**, J.C.C. Abrantes and J.R. Frade. "Stability and transport properties of $La_2Mo_2O_9$", Journal Solid State Electrochemistry, aceptado	II = 1.279
9.	S.Piñol, M.Najib, D.M.Bastidas, A.Calleja, X.G.Capdevila, M.Segarra, F.Espiell, J.C. Ruiz-Morales, D.Marrero-López and P.Nuñez, "Microstructure-conductivity relationship in gadolinium and samarium doped ceria-based electrolytes prepared by the acrylamide sol-gel related method" Journal Solid State Electrochemistry, aceptado	II = 1.279
10.	J.C.C. Abrantes, D.Pérez-Coll, P. Núñez and J.R. Frade, "On the use of multichannel data acquisition of impedance spectra", Ionics,in press	II = --
11.	Juan Carlos Ruiz Morales, David Marrero-López, **Pedro Núñez**, J.T.S Irvine, : "A new alternative representation of impedance data using the derivative of the tangent of the phase angle: *Application to the ysz system* " Mater. Res. Bull, enviado	II = 0.892
12.	D. Marrero-López, J. C. Ruiz-MoraleS, **P. Núñez**, J. C. C. Abrantes, "Synthesis and Characterization of $La_2Mo_2O_9$ Obtained from Freeze-dried Precursors", J. Solid State Chem. aceptado	II = 1.671

Instituto de Electroquímica. Universidad de Alicante.

Juan Feliu

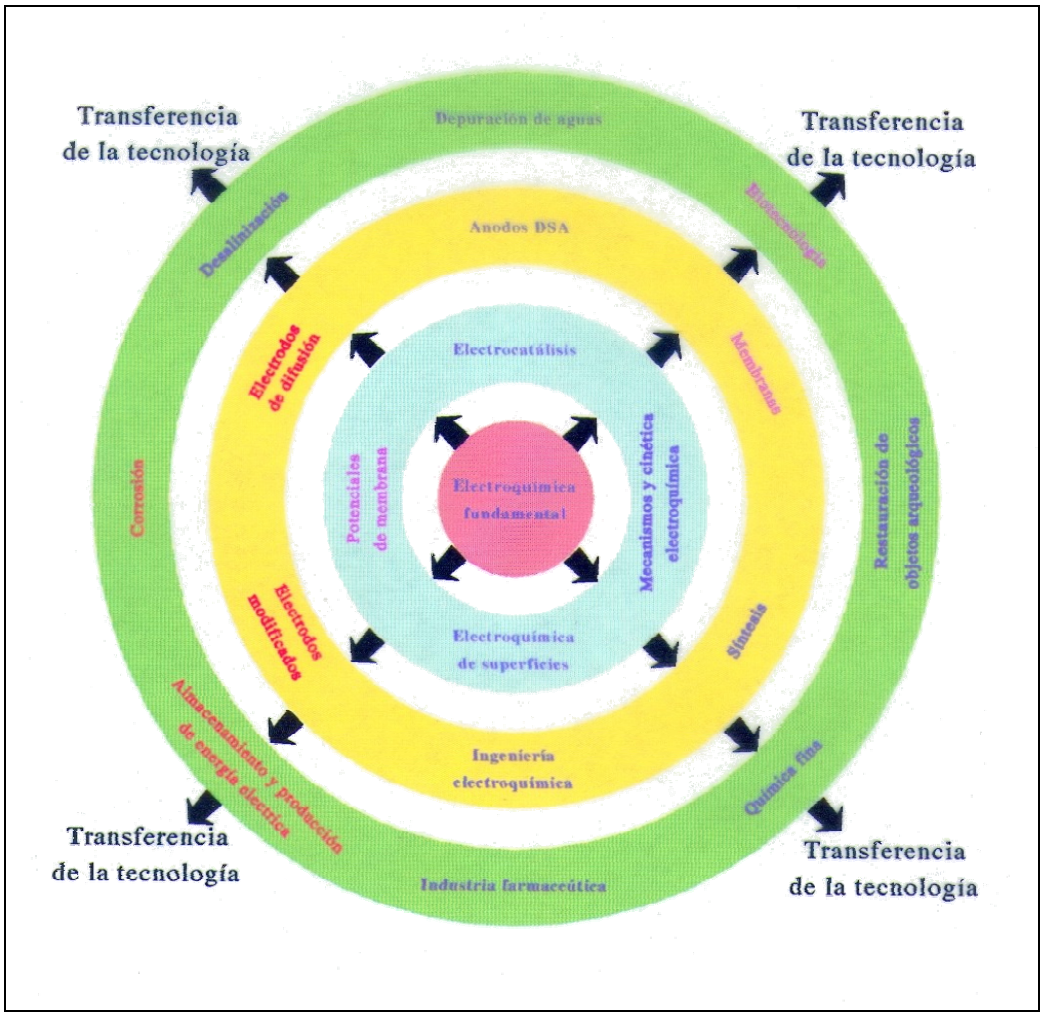
El Instituto Universitario de Electroquímica de la Universidad de Alicante tiene por objeto el estudio de procesos electroquímicos, tanto en su aspecto fundamental, para profundizar en su conocimiento detallado, como en sus posibles desarrollos tecnológicos, que puedan ser transferidos a la Industria.

Para ello el Instituto desarrolla, a grandes rasgos, dos tipos de investigación: i) Una investigación fundamental sobre aspectos básicos de Electroquímica, tales como Electroquímica de Superficies y de nuevos materiales, Electrocatálisis y Cinética y Mecanismos de procesos electroquímicos; ii) de esta investigación fundamental se extraen nuevas ideas y conocimientos, no solo para hacer avanzar la Ciencia pura, sino para crear las bases de nuevos procesos industriales. Para ello, el segundo tipo de investigación se centra en el desarrollo de nuevos procesos electroquímicos, desde la escala de laboratorio a la de planta piloto industrial, para su posible transferencia la Industria.

La razón de la existencia de este Instituto no es solo la de crear un Centro de excelencia en investigación Electroquímica con una presencia importante en investigación básica a través de publicaciones científicas sino, y fundamentalmente, la del desarrollo y creación de tecnología y procesos transferibles a la Industria. Esto último será consecuencia lógica de la Investigación desarrollada, básica o aplicada, y también como respuesta a problemas específicos planteados por la Industria.

El diagrama circular concéntrico de la figura que se presenta en la página siguiente, que tiene como centro la Investigación Fundamental y como circulo exterior la transferencia de la tecnología, expone claramente las ideas anteriores, resaltando los diferentes aspectos del Instituto. Así, a partir de los conocimientos adquiridos gracias a la Investigación Fundamental se llega a la etapa de Investigación Aplicada. La siguiente y definitiva etapa es la transferencia tecnológica, el know-how desarrollado, a la Industria para su utilización.

Para dar una idea de órdenes de magnitud, este recorrido se inicia en el laboratorio, utilizando electrodos monocristalinos de estructura superficial y composición definidas, midiendo a escala del centenar de $\mu C.cm^{-2}$ y detectando especies a concentraciones de $nmol.cm^{-2}$, hasta llegar a la planta piloto, con corrientes de hasta 1 kA y producciones de Toneladas métricas.



Resumen específico por áreas de trabajo del Instituto.

La Investigación, y en especial la fundamental, es un área cambiante, en plena evolución, y con resultados muchas veces no predecibles, por lo que establecer áreas de actuación puede ser, si no peligroso, si limitante en la mayoría de los casos, al constreñir la capacidad creativa del investigador. Sin embargo, y con los peligros que ello encierra, hemos definidos unos temas actuales de investigación, que constituyen hoy en día la frontera de la investigación electroquímica y de los que pueden derivarse conocimientos y procesos aplicables a la Industria.

Los diferentes temas de investigación a los que inicialmente se va a dedicar el Instituto se han agrupado en tres diferentes áreas de trabajo ordenadas, en lo posible, de menor a mayor carácter aplicado:

Electroquímica Fundamental:
Su sujeto de investigación es la profundización en el conocimiento de las bases de la Electrocatálisis, de la Electroquímica de Superficies, de la Electroquímica de nuevos materiales, y la cinética de procesos electródicos. En forma resumida, la

investigación intentaría comprender i) las relaciones existentes entre la estructura y composición superficial de un electrodo y su reactividad, ii) la influencia de la naturaleza del electrodo en el mecanismo y en la cinética de procesos electroquímicos. Ello permitiría el desarrollo de electrodos específicos para procesos electroquímicos, con capacidad de dirigir la reacción hacia la obtención de unos productos determinados. Para conseguirlo es necesario el empleo de superficies con estructura conocida y caracterizarlas completamente.

Es importante señalar la ayuda obtenida a partir de técnicas auxiliares a las electroquímicas: microscópicas, como la microscopía túnel y de fuerza atómica para estudiar la superficie a escala topográfica y atómica, y espectroscópicas, para identificar los diferentes intermedios de la reacción tales como la espectroscopia infrarroja en superficie y la espectroscopia Raman. La modelización teórica de los diferentes procesos de adsorción y de transferencia de carga será una ayuda inestimable en este trabajo.

Desarrollo de nuevos electrodos

Uno de los principales problemas para el empleo industrial de la Electroquímica es la escasez de materiales electródicos con la selectividad adecuada para la realización de procesos específicos. Por ello es necesario estudiar nuevos materiales para ser empleados como electrodos o modificar los ya existentes para aumentar su versatilidad. En este aspecto se abren diferentes temas de investigación: i) electrodos modificados por inclusión de adátomos, ii) electrodos dotados de quiralidad para reacciones orgánicas específicas, iii) electrodos modificados para su empleo como biosensores, iv) electrodos dimensionalmente estables para ser usados como ánodos en procesos de síntesis y v) electrodos de gases para su empleo en síntesis y tratamiento de aguas residuales y como sensores.

Un aspecto crucial en estos estudios consiste en transferir el conocimiento adquirido a la preparación de electrodos aplicables industrialmente, que están formados por nanopartículas dispersadas en un sustrato adecuado. La producción y caracterización de nanopartículas de metales y aleaciones, la influencia del sustrato, la dispersión del catalizador, la estabilidad de las nanopartículas frente a la corrosión y el sinterizado, en suma, la adecuación de los electrodos, es un aspecto que engloba un gran número de etapas.

La investigación básica permite sintetizar electroquímicamente algunos compuestos semiconductores, obtenidos por depósito sucesivo de adcapas de los distintos componentes. Utilizando sustratos bien ordenados se puede depositar el compuesto en forma epitaxial, de manera que el compuesto final está bien ordenado. La aplicación de esta técnica de depósito (ECALE) abre muchas posibilidades de obtención de nuevos materiales con propiedades previsiblemente muy útiles.

Electroquímica Aplicada.

En este apartado se consideran procesos realizables a escala de planta piloto, donde se plantean problemas de ingeniería electroquímica y se utilizan los conocimientos básicos obtenidos en los apartados anteriores. Se describen, a modo de ejemplos, aspectos de síntesis de productos de alto valor añadido, generación de energía y electroquímica medioambiental.

La síntesis electroquímica presenta unas inmensas posibilidades industriales al ser un método más selectivo y suave que los métodos clásicos, poseer la capacidad de realizar síntesis imposible por otros métodos, sustituir reactivos contaminantes y peligrosos, y ser un proceso aceptable medioambientalmente al no producir contaminación o ser capaz de tratar la producida de forma fácil, generando un vertido no contaminante. La investigación a realizar en este grupo se centrará inicialmente en la síntesis de productos farmacéuticos o de química fina desde el laboratorio a la escala planta piloto industrial. Se ha llegado a producir hasta 15 Tm de un producto de aplicación farmacéutica en un proyecto de financiación industrial.

En producción de energía se puede pensar en dos tipos de desarrollo: las pilas de combustible y la fotovoltaica. En el primer caso, se posee la capacidad de preparación de electrodos catalíticos de distinto diseño, especialmente electrodos de difusión. Estos aspectos se desarrollan en muchos casos a través de programas europeos. En el segundo caso, se está poniendo a punto una planta solar de un millar de placas, con una potencia pico de unos 40 kW. Con ella se dispone de la energía necesaria para abordar proyectos de síntesis de hidrógeno, desalinización, depósito de metales, etc., de forma autosuficiente.

La destrucción de la materia orgánica, la eliminación de metales pesados y agentes biocidas y la desalinización de efluentes industriales es un tema que posee un gran interés actual. Para ello, la investigación a realizar está encaminada al empleo de los nuevos procesos y electrodos desarrollados en el Instituto y al diseño de procesos industriales de tratamiento de aguas residuales. Se han realizado proyectos con financiación europea y privada.

Centro de Diseño y Optimización de Procesos y Materiales (DIOPMA)

Unidad de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica
Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia
UNIVERSIDAD DE BARCELONA
Mercè Segarra

Presentación

El grupo de investigación, adscrito al Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad de Barcelona, inició su trayectoria en el año 1991, bajo la dirección del Dr. Fernando Espiell Álvarez, Catedrático de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica. En el año 2000 se constituyó con el nombre de Centro de Diseño y Optimización de Procesos y Materiales (DIOPMA) y se incorporó a la Red de Innovación Tecnológica del CIDEM (XIT) de la Generalitat de Catalunya.

El grupo de investigación, dirigido desde el año 2003 por la Dra. Mercè Segarra Rubí, Profesora Titular del Área de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica, está compuesto por unas veinte personas, de las cuales seis son doctores, diez licenciados y el resto, técnicos de soporte a la investigación.

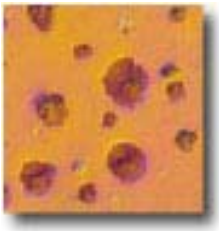
Areas de Experiencia

Materiales

Diseño y caracterización de materiales metálicos, poliméricos, cerámicos. Búsqueda de nuevos materiales: superconductores de altas temperaturas críticas., materiales para pilas de combustible.

Ingeniería química de procesos industriales

Optimización de procesos: mejora de la eficiencia y productividad. Nuevos procesos.



Reciclaje, revalorización de subproductos, inertización de residuos

Asesoramiento en la minimización del impacto ambiental de los residuos. Inertización. Diseño de nuevos procesos de reciclaje de subproductos. Revalorización de subproductos.

El grupo de investigación DIOPMA forma parte del Centro de Referencia en Materiales Avanzados para la Energía (CeRMAE), creado por la Generalitat de Catalunya en el año 2003 y compuesto por los siguientes grupos de investigación:

- ✓ Energía Solar Fotovoltaica y Electrónica, Dep. Física Aplicada y óptica (UB) y Dep. de Ingeniería Electrónica (UPC).
- ✓ Centro de Diseño y Optimización de Procesos y Materiales, Dep. Ingeniería Química y Metalurgia (UB).
- ✓ Ingeniería y Materiales Electrónicos, Dep. Electrónica (UB).
- ✓ Aleaciones moleculares, Dep. Cristalografía, Mineralogía y Depósitos Minerales (UB).
- ✓ Materiales Orgánicos Conductores, Dep. Materiales Moleculares y Supramoleculares (ICMAB-CSIC).
- ✓ Materiales Superconductores y sus Aplicaciones (ICMAB-CSIC).
- ✓ Propiedades Magnéticas y Térmicas, Dep. Física (UAB).

Los objetivos del CeRMAE son, entre otros:

- ✓ La investigación en el campo de los materiales avanzados necesarios para el desarrollo de una energía más limpia y más barata, con sistemas más pequeños, simples, compactos y eficientes.
- ✓ La identificación de áreas de colaboración y asesoramiento científico y tecnológico y de transferencia con los sectores productivos y sociales relacionados con el uso de materiales para la energía.
- ✓ Realizar actividades formativas de personal investigador y técnico, en métodos y técnicas de interés en áreas y temáticas relacionadas con materiales funcionales y también estructurales utilizados en las nuevas alternativas energéticas, participando activamente en iniciativas de objetivos similares.
- ✓ Participar en comisiones, redes y programas de I+D nacionales e internacionales en el campo de los nuevos materiales para la energía. Impulsar colaboraciones con institutos y grupos de investigación.

Dentro del CeRMAE los proyectos de investigación cooperativos que desarrolla el Centro de Referencia, participamos en los siguientes:

- ✓ El vector hidrógeno, metanol o gas natural y las pilas de combustible como alternativas energéticas.
- ✓ Materiales superconductores y sus aplicaciones en el campo de la energía.

Colaboraciones

A raíz de los proyectos de investigación sobre pilas de combustible en los que participa el grupo, estamos colaborando activamente con los siguientes centros:

- ✓ Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB-CSIC).
- ✓ Universidad de La Laguna, Tenerife.
- ✓ Universidad de Aveiro, Portugal.

Proyectos de investigación

- ✓ Acción Integrada HP2001-0082: "Preparación y caracterización de nanomateriales de base ceria para aplicaciones electroquímicas en pilas de combustible de baja temperatura". 2002-2003.
- ✓ Proyecto MAT2003-04556: "Pilas de combustible de temperatura intermedia basadas en electrolitos nanoestructurados de cerio". 2003-2006.

Contribuciones científicas

- ✓ A. Magrasó, A. Calleja, X.G. Capdevila, F. Espiell, "Synthesis of Gd-doped BaPrO3 nanopowders", SOLID STATE IONICS (en prensa).

- ✓ S. Piñol, M. Najib, D.M. Bastidas, A. Calleja, X.G. Capdevila, M. Segarra, F. Espiell , J.C. Ruiz-Morales, D. Marrero-López, P. Núñez., "Microstructure-conductivity relationship in Gd and Sm doped ceria-based electrolytes prepared by the acrylamide sol-gel related method", J. SOLID STATE ELECTROCHEM (en prensa).

- ✓ X.G. Capdevila, A. Calleja, I.G. Serradilla, S. Piñol, G. Dezanneau, J.R. Morante, F. Espiell, "Síntesis de electrolitos de SDC y YSZ para celdas de combustible de óxido sólido", II REUNIÓN NACIONAL DE FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO (Calella, Barcelona, 6-8 Febrero, 2002).

- ✓ A. Calleja, I.G. Serradilla, X.G. Capdevila, M.A. Fernández, M. Segarra, F. Espiell, "A useful method for preparation of advanced ceramics : the Polivinilic Alcohol rute", V REUNION NACIONAL DE ELECTROCERÁMICA (Barcelona, 31 Mayo - 1 Junio 2001, Universidad Politécnica de Cataluña).

- ✓ S. Piñol, M. Najib, A. Calleja, X.G. Capdevila, F. Espiell, R. Bozzo, G. Cerisola, "Syntesis and Characterization of $Ce_{0.8}Sm_{0.2}O_{1.9}$ and $Ln_{1-x}Sr_xMO_3$ (M=Co, Mn) for low temperature fuell cells", V REUNION NACIONAL DE ELECTROCERÁMICA (Barcelona, 31 Mayo - 1 Junio 2001, Campus Norte, Universidad Politécnica de Cataluña).

Actividades de investigación y campos de interés en pilas de combustible

Dentro de la Red de Pilas de Combustible CSIC-UNIVERSIDAD, las actividades de investigación del grupo DIOPMA se enmarcan en el Área de pilas de combustible de óxido sólido.

Las actividades que actualmente estamos realizando pueden resumirse en:

- ✓ Síntesis de materiales:
  - Técnicas:
    - Estado sólido.
    - Combustión de geles de acrilamida.
    - Atrapamiento catiónico (PVA).
  - Materiales: electrolitos, cátodos y ánodos.
- ✓ Densificación de electrolitos: "tape casting".
- ✓ Caracterización composicional y microestructural.
- ✓ Caracterización eléctrica.
- ✓ Montaje y test de funcionamiento de pilas.

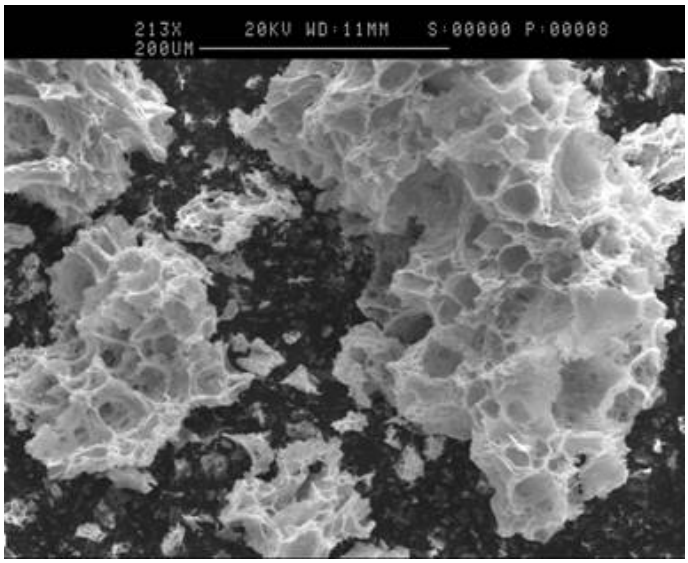
Síntesis por combustión de geles de AA.

La combustión de geles de acrilamida produce óxidos a temperaturas sensiblemente menores a las empleadas en un tratamiento tradicional por estado sólido. Esto implica tamaños de partícula mucho menores, típicamente nanométricos. Unido a la gran homogeneidad del resultado final, que proviene de partir de una disolución, conseguimos productos de gran calidad de una forma más rápida y con un coste energético menor.

Entre otras, las principales ventajas que conlleva trabajar con un polvo nanométrico, son:

- ✓ Se mejora la sinterizabilidad del óxido al aumentar la superficie específica del material ya que ésta se encuentra activada energéticamente al tener un mayor número de defectos y reacciona a menor temperatura.

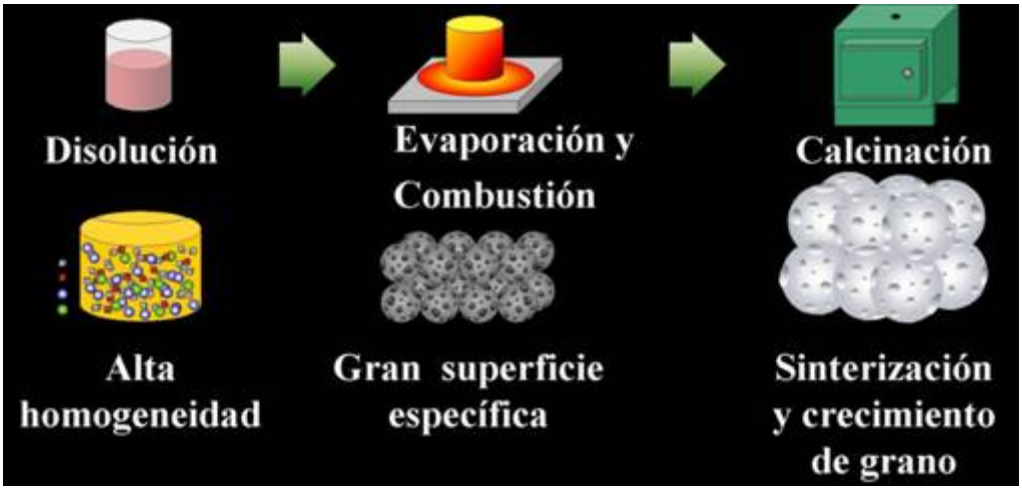
- ✓ Podemos modular el tamaño final de la partícula mediante tratamientos térmicos de crecimiento controlados.



Xerogel de YSZ antes de calcinar

Síntesis por atrapamiento catiónico.

Este método se utiliza para aquellos productos difíciles de obtener por combustión de geles. Es una alternativa para aquellos óxidos que presentan problemas de gelificación, si por ejemplo debemos trabajar a pH extremo, o bien alguno de los cationes implicados es fácilmente precipitable.



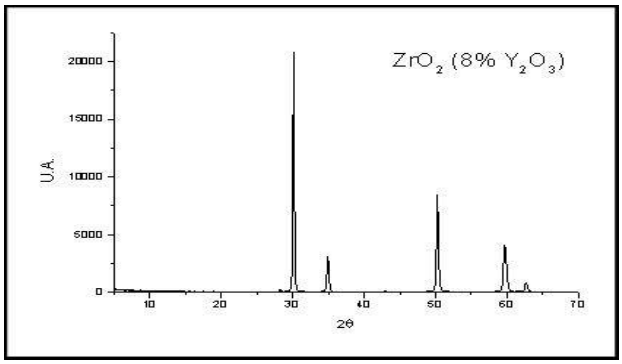
Generalmente es necesario un tratamiento térmico posterior de adecuación del material que dificulta la obtención de nanopartículas. Se obtenien tamaños ligeramente mayores que en el caso de la combustión de geles de acrilamida.

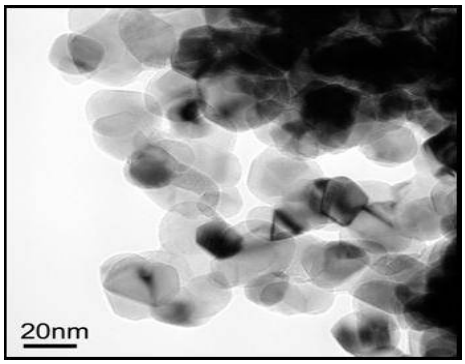
MATERIALES: Conductores iónicos

Dentro de los materiales para pilas de combustible, se han enfocado los esfuerzos hacia la síntesis de conductores iónicos. Aunque son utilizados como electrolitos en las pilas, también son útiles en otros dispositivos como sensores de gases, bombas de oxígeno, etc.

Se ha trabajado fundamentalmente con YSZ, electrolito tradicionalmente usado en SOFC. También se han sintetizado óxidos de cerio dopados con otras tierras raras con el fin de disminuir la temperatura de trabajo manteniendo la conductividad iónica.

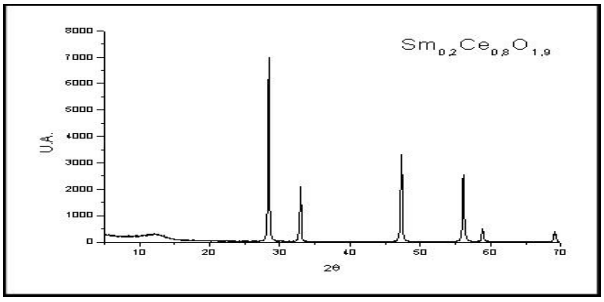
YSZ: ZrO_2 (8% Y_2O_3)

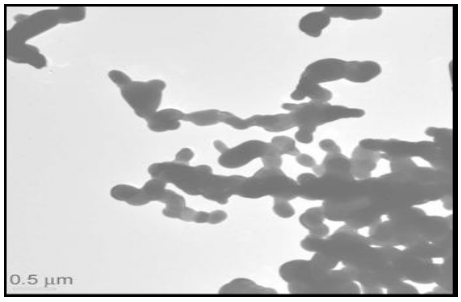




Tamaño de partícula: 30 nm

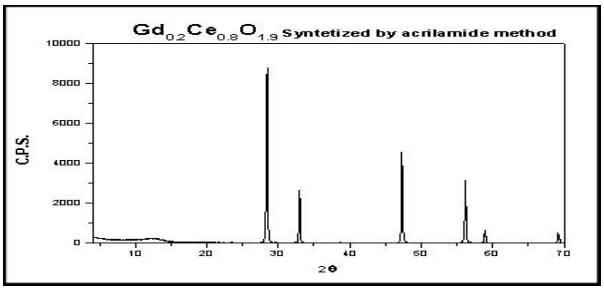
SDC: $Ce_{0.8}Sm_{0.2}O_{1.9}$

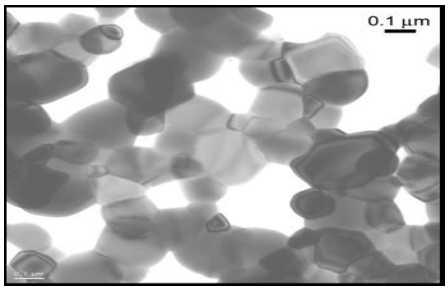




Tamaño de partícula: 100-200 nm

GDC: $Ce_{0.8}Gd_{0.2}O_{1.9}$



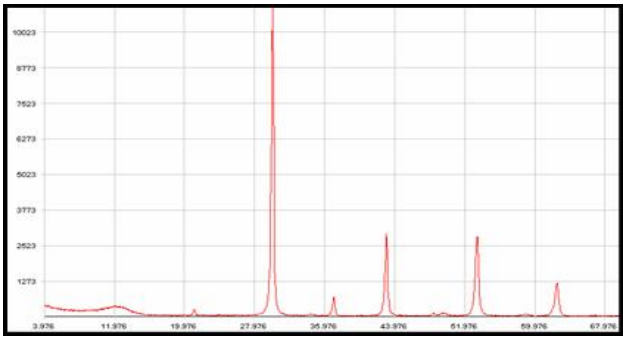


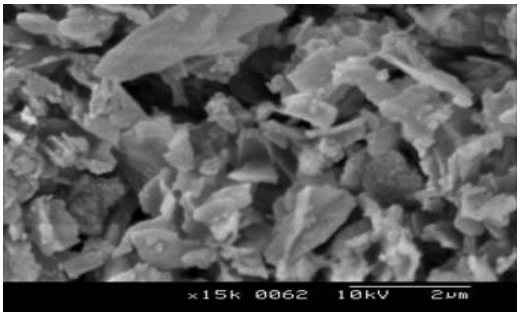
Tamaño de partícula: 100-200 nm

MATERIALES: Conductores protónicos

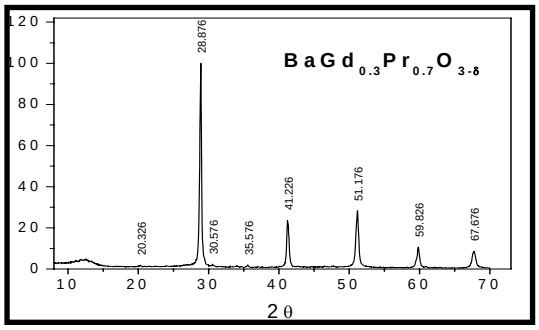
Gracias a la elevada conductividad del protón, los materiales capaces de conducirlo selectivamente son una alternativa interesante a los electrolitos oxídicos. Se ha trabajado en la síntesis y caracterización de estos materiales, aún poco estudiados.

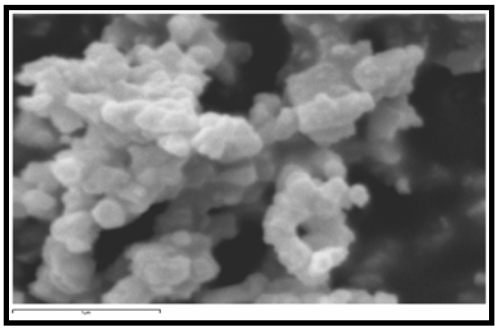
YBZ: $BaZrO_3$ (20% Y) ($BaZr_{0.8}Y_{0.2}O_{3-\delta}$)





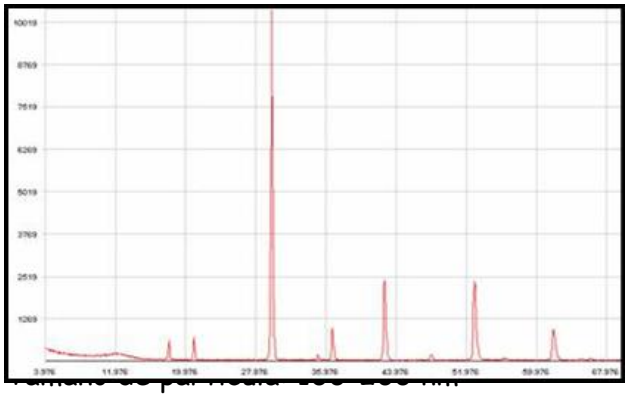
GBP: BaPrO3 (30% Gd) ($BaPr_{0.7}Gd_{0.3}O_{3-\delta}$)

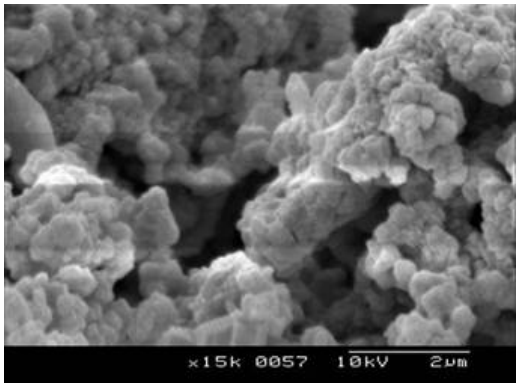




Tamaño de partícula: 150 nm

BCN18: $Ba_3Ca_{1.18}Nb_{1.82}O_{9-\delta}$





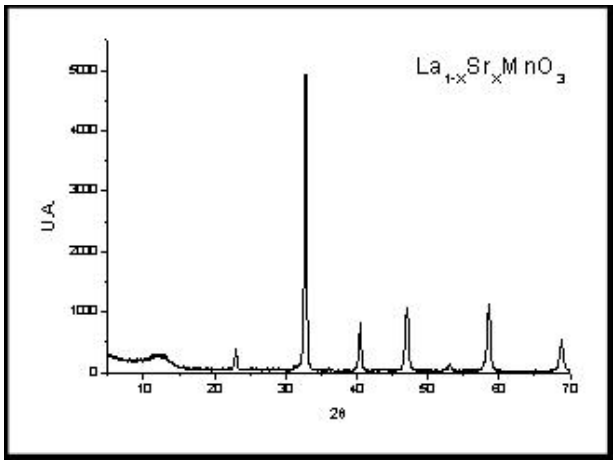
Síntesis por estado sólido

MATERIALES: Conductores mixtos

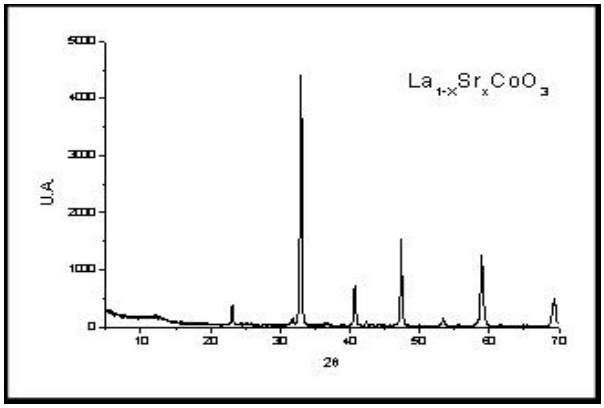
Utilizados como cátodos en pilas de combustible, ya que presentan conductividad electrónica e iónica simultáneamente. También se han explorado otras propiedades interesantes de estos materiales, como, por ejemplo, la magnetoresistencia que exhibe la manganita.

Se está trabajando en encontrar un compromiso entre las excelentes prestaciones eléctricas de las cobaltitas y la estabilidad y compatibilidad mecánica con los electrolitos de las manganitas.

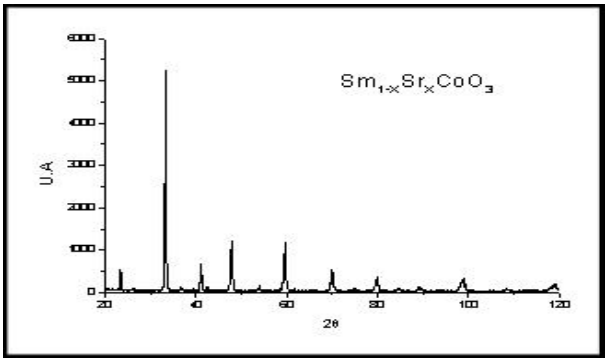
$La_{1-x}Sr_xMnO_3$



$La_{1-x}Sr_xCoO_3$



$Sm_{1-x}Sr_xCoO_3$

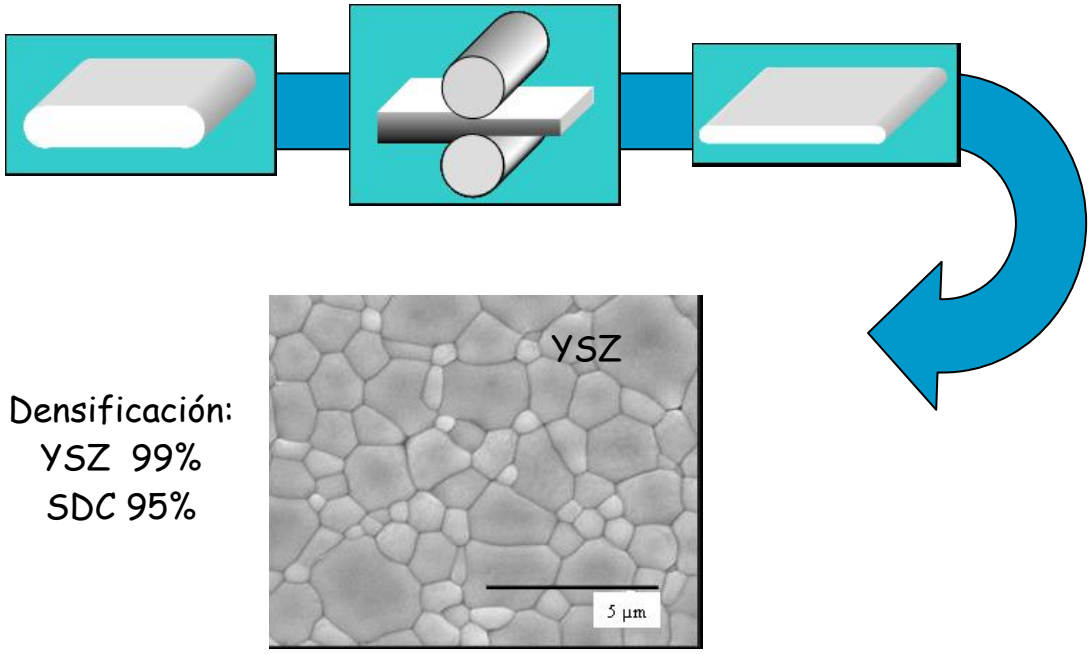


Densificación por "*tape casting*"

De forma paralela a la síntesis de electrolitos y en colaboración con el grupo de Ingeniería y Materiales Electrónicos, Dep. Electrónica (UB), se trabaja en la obtención de capas densas que puedan utilizarse como sensores de gases o electrolitos en SOFC.

Para ello se ha modificado la técnica del "tape casting", adaptándola hasta conseguir densidades por encima del 98 % en el caso de YSZ . Actualmente se intenta alcanzar el mismo objetivo para el SDC nanométrico obtenido mediante la combustión de geles.

1ª Fase: Mezcla, dispersión y moldeado del *green*.
2ª Fase: Laminado del *green*.
3ª Fase: Tratamiento térmico.

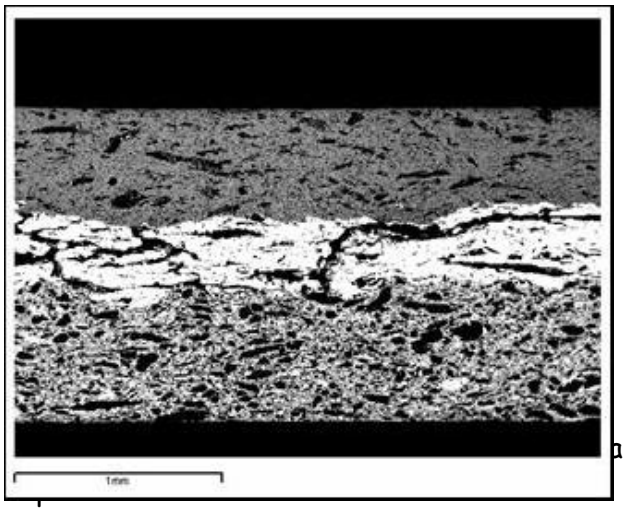


Densificación:
YSZ 99%
SDC 95%

Además de conseguir elevadas densidades sobre la pieza final, esta técnica permite mantener el control sobre el tamaño medio del grano que se obtiene. Este hecho facilita la regulación de las propiedades eléctricas del material, fuertemente dependientes de las fronteras de grano.

SOFC: Electrodos mixtos

Prensado uniaxial



Cátodo (LSM)

Electrolito (SDC)

Ánodo mixto (SDC+Ni)

dicho, nos centramos inicialmente en
a entre los diferentes componentes de

Se trabaja en cátodos y ánodos mixtos, es decir, mezclados con el electrolito, que presentan un TEC compatible con éste último. Se estudia la composición, porosidad, percolación eléctrica, etc.

"GRUPO DE VIDRIOS METALICOS, NANOMATERIALES Y NANOTECNOLOGIAS" DE LA UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO.

Dpto. INGENIERIA QUÍMICA Y DEL MEDIO AMBIENTE.
LABORATORIO DE QUÍMICA INDUSTRIAL E INGENIERÍA ELECTROQUÍMICA-SAN SEBASTIÁN (L.Q.I.e I.E.)
Prof. Dr. Angel Rodriguez Pierna

Introducción

Como se muestra en el informe "Comité sobre fronteras en Ingeniería Química" presidido por el Prof. Admundson indica, que las nuevas investigaciones en Ingeniería Química irán especialmente dirigidas a los siguientes temas.

- Energía y aprovechamiento de recursos naturales. Tema crítico durante tiempo y en el que a pesar de lo investigado habrá que continuar haciéndolo.

- Ingeniería Bioquímica y Biomédica. Tecnología nueva, con un futuro investigador brillante y que exige conocimientos ínterdisciplinares.

- Ingeniería avanzada de materiales. Tecnología nueva, interdisciplinar y todavía incipiente y especializada

- Aparatos y materiales electrónicos, fotosensibles, etc. Tecnología nueva, en rápido crecimiento, muy competitiva y con oportunidades investigadoras muy atractivas.

- Protección del medio ambiente, seguridad y manejo de materiales peligrosos. El gran público está muy concienciado. Necesidad de investigación concertada con entes públicos.

- Ingeniería de superficies (Ej. estudio de microestructura). Esta es una rama que necesita interdisciplinariedad, y presenta también una oportunidad de investigación en nuevos productos y procesos.

- Control de Procesos mediante ordenador e Ingeniería de Procesos. Esta es una tecnología que está avanzando rapidísimamente y presenta campos de investigación de una expectación inusitada.

Estas mismas o parecidas tendencias de desarrollo de futuro para la Ingeniería Química fueron recogidas por el Prof. J.Coca (1986) que incluye, además, una

tendencia denominada "Nuevos procesos de separación" que incluiría la extracción en condiciones supercríticas, procesos de desorción y separación por membranas (ultrafiltración y ósmosis inversa), etc.

Desde este punto de vista se plantearon las líneas de investigación a desarrollar por el Laboratorio de Química Industrial e Ingeniería Electroquímica (L.Q.I.e I.E.) de la E.U.P. de San Sebastián, perteneciente al Departamento de Ingeniería Química y del Medio Ambiente de la UPV y que fue creada en el 1988.

En el Figura 1.1 se muestran estas líneas de trabajo que van a recoger las actuaciones de nuestro grupo (" Grupo de Vidrio Metálicos, Nanomateriales y Nanotecnologías de la UPV") y que constituyen el eje de nuestras investigaciones.

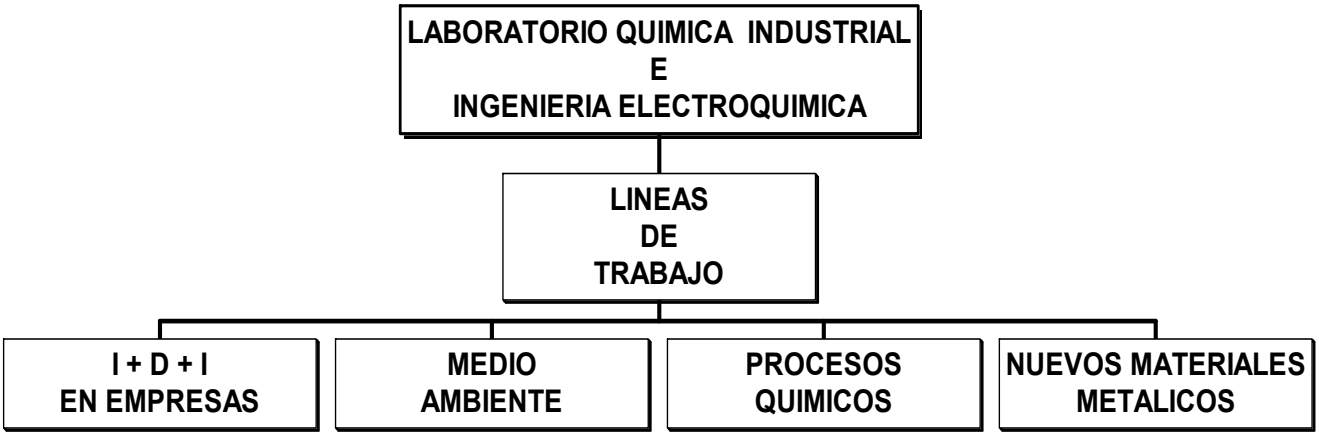


Fig. 1.1 Esquema de las actividades del Grupo del L.Q.I e I.E.

Procesos Químicos

En el diagrama Fig.1.2 se presentan las actuaciones realizadas durante la ultimas dos décadas dentro del área de la ingeniería de procesos químicos.

Las reacciones de oxidación gas-liquido en reactores de columna de burbuja, han adquirido una gran importancia dentro de los procesos químicos, debido a las grandes ventajas que manifiestan frente a las reacciones en fase vapor. Dentro de este
area, la oxidación de hidrocarburos en fase liquida con aire u oxígeno, es un método industrial para la obtención de distintos productos petroleoquímicos.

La naturaleza compleja de los fenómenos de transferencia de masa y calor en sistemas gas-líquido, debido a no tener definido la superficie de la interfase así como la influencia de los parámetros fluidodinámicos, distribución de gas en el seno del líquido, estequiometria, solubilidad del gas en el líquido, calor de disolución y modelo cinético, hacen que el estudio de estos sistemas sea complejo.

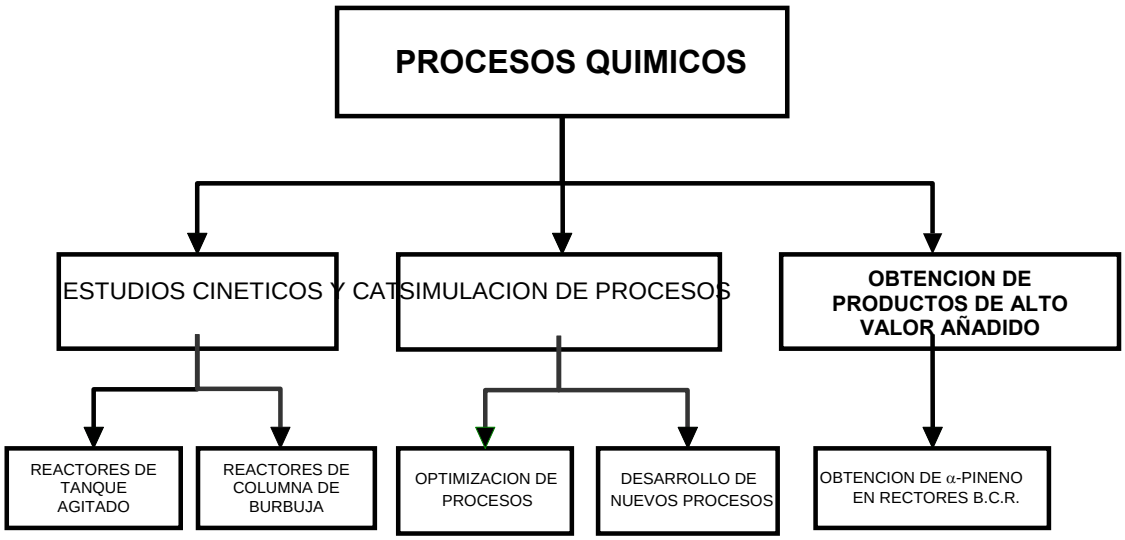


Figura 1.2 Esquema de la línea de investigación de Ingeniería de Procesos Químicos.

Como realizaciones en esta área cabe señalar cuatro acciones:

El estudio cinético-químico de la oxidación en fase liquida de etilbenceno con aire a distintas temperaturas, presiones y flujo de oxidante (aire), para la obtención del hidroperóxido de etilbenceno. El hidroperóxido de etilbenceno obtenido, se utiliza como oxidante del propileno para obtener oxido de propileno, que posteriormente se hidrata dando propilen-glicol y transformándose el hidroperóxido en metil-fenil-carbinol, que por posterior deshidratación produce estireno. Ambos productos, estireno y oxido de propileno, son la base de obtención del poliestireno (PS) y del polióxido de polipropileno (PPO). El estudio ha dado como resultado la optimización del proceso de oxidación, con la determinación de las constantes cinéticas de la etapa de propagación, el efecto de hold-up y de coalescencia de las burbujas sobre los fenómenos de la transferencia de materia así como el diseño óptimo del reactor borboteador (L/S) que permite una mejor distribución del gas y facilita la transferencia de materia.

La oxidación del alfa-pineno fue el siguiente compuesto a estudiar, el objetivo era la obtención de productos de alto valor añadido a partir de esencia de trementina, producto de condensación del proceso KRAFT durante la obtención de pasta de papel. Este compuesto cuando se le somete a procesos de oxidación en fase líquida con aire, en reactores borboteadores de columna de burbuja (BCR), produce verbenona, verbenol y alfa-terpineleol que son productos de alto valor añadido que se utilizan en la industria de perfumería. El proceso de obtención de estos derivados terpénicos por procedimientos de síntesis orgánica, es complicado y de muy bajo rendimiento y selectividad, lo que hace de este proceso de oxidación en fase liquida una alternativa al proceso clásico, aumentando la selectividad del

proceso y su rendimiento. Los estudios realizados han dado como resultado, que el proceso de oxidación se puede controlar a través de la presencia de un iniciador de radicales el azodiisobutironitrilo (ADBN) y de catalizadores en fase liquida como acetil-acetonato de vanadio y estearatos de cobalto.

Las condiciones de trabajo, temperatura, presión, composición de la esencia trementina, flujo del oxidante y concentración de catalizador, nos han permitido optimizar el proceso cinético, por determinación de un producto intermedio que es el epóxido de alfa-pineno, que es el producto determinante del proceso de oxidación y que se produce como consecuencia del fuerte carácter oxidante del hidroperoxido de alfa-pineno y que produce verbenona durante el proceso de su descomposición, consiguiendo de esta forma aumentar el rendimiento en verbenona.

Así mismo la oxidación del ácido isocianúrico por cloro, es una reacción gas-liquida (G-L) , y se realiza en un reactor de columna de burbuja (BCR), lo que nos permite la obtención del ácido tricloroisocianúrico (TCCA), compuesto que está sustituyendo progresivamente al cloro, como compuesto esterilizante en aguas publicas e industriales y como blanqueante en diferentes procesos industriales. El proceso se realiza en dos etapas. En la primera de ellas el ácido cianúrico se neutraliza con sosa para obtener la sal sódica del ácido cianúrico. Posteriormente en una segunda etapa, esta sal se hace reaccionar con gas cloro y, a través de una reacción gas-líquido con precipitación, se obtienen las partículas del ácido tricloroisocianúrico (TCCA). La reacción se lleva a cabo en un reactor con recirculación externa, también denominado *"air-lift reactor",* en cuyo diseño se han establecido la geometría y dimensiones adecuadas de la columna de burbuja, *"riser",* y el brazo externo de recirculación *"downcomer".* Este proyecto se ha llevado a cabo, como Proyecto Universidad–Empresa, financiado por el Gobierno Vasco y la empresa Electroquímica de Hernani S.A. (EHER S.A.). La planta piloto ha sido construida y está ubicada en el L.Q.I e I.E. de la U.P.V.

Por último el estudio del refino de metales a través del proceso " Electroslag" (ERS) por medio de cenizas electroconductoras, ha sido realizado como un Proyecto Universidad-Empresa, financiado por del Gobierno Vasco y la Empresa FUNSIN S.A. (Vizcaya). El objeto del estudio era la caracterización y producción de cenizas electroconductoras para el refino de aceros comunes. El proceso de refino "Electroslag" se basa en el uso de una escoria fundida por calentamiento eléctrico a través de la cual se hace pasar el fundido metálico, lo que da lugar a una mejora de la estructura y de la composición del acero tratado. La electroescoria constituye en si misma la parte esencial del proceso por dos razones:

1.- A través de ella se realiza el refino del metal por absorción o adsorción de las impurezas presentes en el material de partida.

2.- Es el medio a través del cual se alcanza la temperatura crítica para fundir el electrodo consumible, a partir del que se obtendrá el metal refinado. Los resultados del mismo han sido la determinación de la temperatura de fusión de la electroescoria a partir de la composición y el carácter de refino de las electroescorias. Se estudiaron siete composiciones de escorias y se seleccionaron tres para su utilización, determinando la forma de fabricarlas y las características físicas, químicas y eléctricas de cada una.

Nuevos materiales metálicos

El desarrollo e investigación en materiales es una de las líneas priorizadas tanto en el VI Programa Marco de la CEE como en el Plan Tecnológico de la UPV y del Gobierno vasco. En este campo nuestro grupo, lleva más de una década investigando en las nuevas aleaciones metálicas amorfas y nanocristalinas. El objeto de los estudios, es la interrelación entre estructura-composición-propiedades de estas nuevas aleaciones y su modificación por medio de los parámetros de fabricación.

Un vidrio metálico es una aleación amorfa obtenida por solidificación rápida, también llamada técnica del *"melt-spining"*, que consiste en enfriar una masa metálica fundida a una velocidad de un millón de grados centígrados por segundo, consiguiendo congelar la masa fundida, dando lugar a una estructura amorfa que presenta la composición y homogeneización del estado líquido, con ausencia de estructura cristalina de largo alcance, lo que evita problemas de dislocaciones, pares galvánicos, in homogeneidades, fenómenos de difusiones y estados multifasicos.

En el diagrama siguiente fig.1.3, se muestran los estudios realizados y las líneas actuales que desarrolla el grupo.

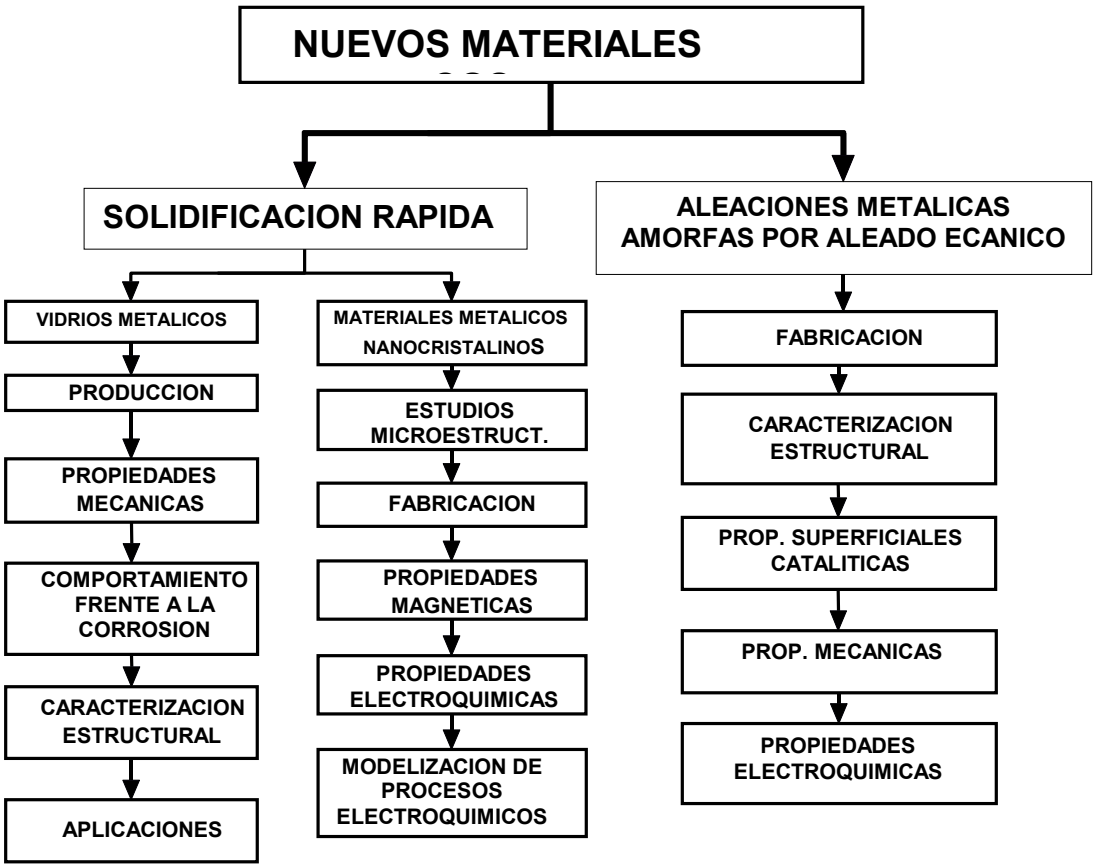


Fig. 1.3. Líneas de investigación en nuevos materiales metálicos

Los vidrios metálicos de base Fe-Ni, fueron los primeros materiales estudiados desde el punto de vista de comportamiento electroquímico y de resistencia a la corrosión. En este sentido hay que indicar que hasta que nuestro grupo puso el sistema de producción en marcha, solo disponíamos de las comerciales, posteriormente y en orden a mejorar el comportamiento frente a la corrosión, se pudo trabajar con otras composiciones diseñadas por nosotros y fabricadas con nuestro sistema de producción. Estos estudios fueron financiados por la C.I.C. y T. Proyecto MAT-92-0395 en colaboración con el Dpto. de Corrosión del C.E.N.I.M. con la Prof. M.L.Escudero, por la Universidad del País Vasco, Gobierno Vasco y Diputación Foral de Guipúzcoa.

Las aleaciones nanocristalinas de base hierro, obtenidas por tratamientos térmicos de vidrios metálicos como elementos precursores, han dado lugar a la aparición de aleaciones nanocristalinas tipo FINEMET que tienen excelentes propiedades magnéticas blandas, de gran aplicación en sensores magnéticos, en fabricación de componentes electrónicos y en transformadores toroidales. Desde el punto de vista científico se desconocía la cinética del proceso de

desvitrificación y la influencia de la adición de nuevos elementos químicos, relacionándolo con el comportamiento electroquímico y la modificación de las propiedades magnéticas. Estos estudios fue posible realizarlos a traves de la financiación de la C.I.C.y.T Proyecto MAT-95-0961-CO2-02 y del MEC Proyecto PB97-1119-CO2-02 en colaboración con el Dpto. de Física de la Materia Condensada de la Universidad de Sevilla con el Prof. A. Conde y su grupo. Por otra parte la UPV nos ha financiado a traves de los Proyectos de Investigación e Infraestructura en materiales, lo que ha sido posible tener un sistema de producción y de caracterización de estas aleaciones.

Otro campo de los materiales, es el que estamos iniciando con la puesta a punto del sistema de fabricación de aleaciones amorfas por aleado mecánico, y que nos va a permitir la producción de materiales estructurales de características muy superiores a los tradicionales. Este sistema de altas energías, permite la obtención de polvos metálicos amorfos, que por compresión en caliente permite la fabricación de diversas piezas de alta resistencia mecánica y frente a la corrosión. La ventaja de este sistema es que permite una mayor solubilidad de compuesto metálicos, y por tanto una mayor adición de elementos pasivantes, para protegerlos contra la corrosión.

En este campo de los materiales, tenemos proyectos conjuntos con el grupo de Física Aplicada de la Universidad de Oviedo, con el Prof. José Ángel García, con los que estudiamos la variación de la densidad magnética superficial por efecto de la corrosión. Esta magnetización superficial, se mide por Efecto Kerr magnetoóptico transversal, que permite determinar la modificación de la magnetización superficial a saturación, en función de las capas de óxidos electrogeneradas por voltametria cíclica repetitiva. Se han obtenido resultados satisfactorios para la aleación FINEMET, y en la actualidad se trabaja con aleaciones amorfas de base Cobalto. El siguiente paso es el estudio de las propiedades magnéticas de aleaciones nanocristalinas de base hierro. En la actualidad se está preparando un Proyecto Europeo (CE), con las Universidades de Brigthon, Tecnológica de Varsovia, Lille y la Universidad de Oviedo con la aportación de los Astilleros IZAR y Bazán sobre el estudio de nuevos sensores magnéticos de materiales amorfos, para el control magneto-mecánico del eje de cola de los barcos.

Así mismo y con el Prof. J. B. Besonne y el Prof. D.Salinas de la Universidad Nacional del Sur de Bahía Blanca- Argentina, estamos trabajando desde hace varios años en los estudios de devitrificación de las aleaciones FINEMET, por medio de Microscopía de Efecto Túnel y de Fuerzas Atómicas, relacionando estructuras con el comportamiento electroquímico de estas aleaciones con diferentes composiciones. Estos estudios han sido posibles por la financiación obtenida a través del Gobierno Argentino y por la Agencia de Cooperación

Iberoamericana (AEIC). El resultado de esta colaboración ha sido la presentación de varias ponencias a Congresos Internacionales, varias publicaciones y la impartición de varios cursos postgrado en aquella Universidad por este candidato.

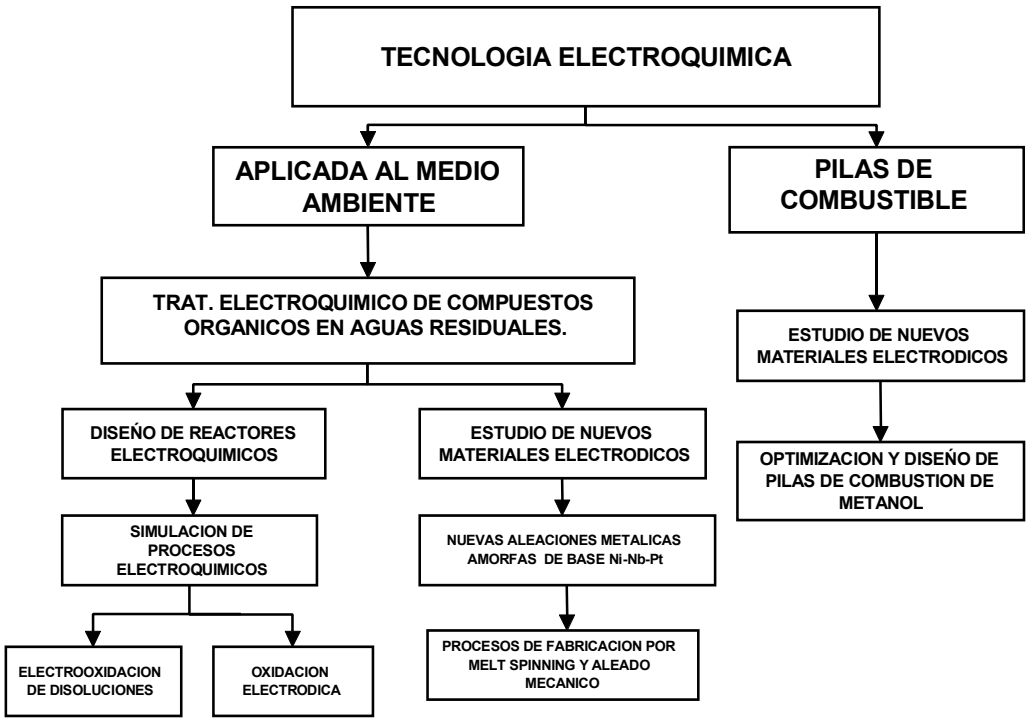
Otra de nuestras colaboraciones es con el Laboratorio de Física de Líquidos y Electroquímica de la Universidad Pierre y M. Curie de Paris (Paris VI) con el Prof. Keddam y su grupo, con los que estudiamos los fenómenos de difusión de hidrógeno a través de metales y aleaciones metálicas, cuando son sometidas a procesos de galvanizado. Estos estudios son importantes para poder determinar la fragilización de estas estructuras, por efecto de adsorción de hidrógeno y posterior difusión a través de vacancias. Nuestra aportación va encaminada a fabricar estas aleaciones parcialmente nanoestruturadas, que nos van a permitir medir la velocidad de difusión del hidrógeno.

Por último con el Dpto. de Química Industrial y Polímeros de la Universidad Politécnica de Madrid y con el Prof. Francisco Fernández Martínez, colaboramos en el estudio por DRX de las aleaciones metálicas amorfas, obtenidas por aleado mecánico. El estudio es muy importante para la optimización de los parámetros de producción de estas aleaciones a fin de evitar la formación de intermetálicos no deseados en su estructura.

Medio Ambiente

En esta área de investigación estamos trabajando en dos líneas, como puede observarse en el diagrama siguiente Fig. 1.4.

Fig1.4. Líneas de investigación en Medio Ambiente



En la primera linea se centra en el desarrollo de nuevos materiales electródicos de naturaleza metálica y de estructura amorfa. Esta línea es una aplicación de los estudios realizados en materiales y constituye la aplicación de estos nuevos materiales a la Ingeniería electroquímica y más concretamente al tratamiento de aguas residuales

industriales.

Los estudios se han realizado sobre la base de aleaciones Ni-Nb-Pt-Sn, que se obtienen por solidificación rápida y tienen unas propiedades excepcionales, comparadas con los materiales clásicos utilizados en electroquímica. Las ventajas de estos materiales es que son tres o cuatro ordenes de magnitud mas resistentes a la corrosión que los actuales, permiten una distribución homogénea de los elementos catalíticos, en este caso del Pt y del Sn, consiguiendo mayor efectividad con menor cantidad de componentes catalíticos, se eliminan las perdidas por efecto Joule al tener una alta conductividad y ser esta independiente de la temperatura, además forman aleaciones monofásicas (soluciones sólidas metálicas) que permiten la adición de distintos elementos ya que es independiente de la solubilidad entre metales. Los estudios que hemos realizado han sido sobre aguas residuales con

compuestos fenólicos, quinónicos y clorofenoles, con catalizadores amorfos de composición $Ni_{59}Nb_{40}Pt_{1-x}Sn_x$.

En este campo también colaboramos con la Prof. Elena Pastor del Dpto. de Química-Física de la Universidad de La Laguna. En un Proyecto de Investigación del M.C.yT (MAT2002-01685), estudiando nuevos materiales amorfos y nanocristalinos mas tolerantes al monóxido de carbono, para Celdas de Combustibles y que se desarrolla en la actualidad en nuestro laboratorio L.Q.I.e I.E. de la UPV y en el Dpto. de Química-Física de la Universidad de La Laguna.

En este campo del medio ambiente, hemos abierto una línea de trabajo con el Dpto.de Ingeniería Química y Textil de la Universidad de Salamanca, con el Prof. Ángel Estévez en la aplicación de materiales magnéticos resistentes a la corrosión, para su aplicación en filtros magnéticos para la depuración de partículas metálicas en humos industriales.

En este trabajo se ha comenzado estudiando, los vidrios metálicos clásicos de base Fe-Ni-B-P y posteriormente se han aplicado mallas de Fe-Si-B-Cu-Nb-Cr nanocristalizados. La ventaja de estos últimos es que son resistentes a la corrosión y se desmagnetizan muy fácilmente, pudiéndose reutilizar constantemente, en contraposición con las magnetitas utilizadas actualmente.

Datos de Interés

Mas información en la pagina Web del Grupo del L.Q.I. e I.E.

- Pag. Web del Grupo: http://scsx01.sc.ehu.es/iaweb

  y en la plataforma:
- http://www.formateonline.com//course/category.php?id=5

Resumen de las actividades y campos de interés del grupo: Laboratorio de Ciencia y Tecnología de los Combustibles

Responsable: D. Pedro Luis Arias Ergueta
Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente
Escuela Superior de Ingeniería de Bilbao. Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea.

Este grupo viene desarrollando una parte importante de sus actividades de I+D en el campo de los procesos de fabricación de hidrógeno como vector energético limpio y su utilización, entre otras, como alimentación para pilas de combustible. Estas actividades pueden se realizan dentro de dos áreas de trabajo: a) el desarrollo de nuevos catalizadores para la fabricación de hidrógeno a partir de diversas materias primas, tanto fósiles como renovables, y b) el desarrollo de procesos catalíticos innocadores para la fabricación de hidrógeno y su purificación.

a) **Desarrollo de nuevos catalizadores para la fabricación de hidrógeno**:

Las actividades dentro de esta área se vienen concentrando en la conversión de hidrocarburos fósiles (gas natural) mediante procesos de oxidación paracial catalítica o reformado autotérmico o de recursos renovables (etanol, glicerina, etc.) mediante procesos de reformado, tanto en fase líquida como en fase gas.

Los trabajos más importantes, realizados en colaboración con el grupo "Estructura y actividad" del Instituto de Catálisis y Petroleoquímica del CSIC, se han concentrado en catalizadores con especies activas metálicas no-nobles (Ni) con soportes que optimicen su actividad y su estabilidad (óxidos básicos, como lantana o magnesia, o alúminas dopadas).

b) **Desarrollo de procesos catalíticos innovadores para la fabricación de hidrógeno y su purificación**:

Las actividades dentro de esta segunda área se han concentrado en el diseño de reformadores para la fabricación descentralizada de hidrógeno. Así se ha diseñado, construido y probado, en colaboración con FAGOR y Enerlan, división de energía del Centro Tecnológico Ikerlan, un reformador para alimentar pilas de combustible tipo PEM para uso doméstico de 1 kW de potencia. También se ha diseñado un proceso completo, que integra un reformador autotérmico de gas natural, con una potencia de 125 kW y para la fabricación distribuida de hidrógeno en colaboración con las empresas PRAXAIR y SENER.

Más recientemente se ha iniciado el trabajo en el campo de reformadores que integren membranas selectivas para el oxígeno, lo que permite, alimentando aire,

obtener un gas producto con alto contenido en hidrógeno. En este campo se han iniciado colaboraciones con el ya citado grupo de "Estructura y actividad" del Instituto de Catálisis y Petroleoquímica del CSIC y con el grupo de desarrollo de membranas inorgánicas del Centro de Investigaciones Energéticas de los Países Bajos (ECN, Petten).

c) **Recursos disponibles**:

Se dispone de los siguientes equipamientos:

- Un laboratorio para el análisis y la caracterización de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, así como de residuos susceptibles de ser reciclados energéticamente (análisis termogravimétricos, elemental, cromatografía de gases con detectores convencionales, de masas y de espectroscopía atómica, etc.)
- Un laboratorio equipado con plantas tipo "bench" para la realización de ensayos de actividad de catalizadores (reactores autoclave, tubulares con lecho fijo, etc.)
- Herramientas software para el desarrollo y optimización de procesos.

El equipo humano dedicado a estas actividades está formado por 5 profesores doctores, un estudiante postdoctoral, cuatro estudiantes predoctorales y una técnico de laboratorio.

Resumen de las actividades y campos de interés del grupo de Ingeniería Química y Ambiental de la Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología. Universidad Rey Juan Carlos.

Juan Ángel Botas Echevarría.

La Universidad Rey Juan Carlos, sexta universidad pública de la Comunidad de Madrid, se crea en 1996 e inicia sus actividades académicas en el curso 1997-98. Su localización en el área sudoeste de Madrid, con campus en los municipios de Alcorcón, Mostotes y Fuenlabrada pretende lograr un equilibrio entre la oferta y la demanda de plazas universitarias de la región, completando así el mapa universitario del sur de Madrid.

En la actualidad, desde el punto de vista organizativo, la Universidad Rey Juan Carlos se estructura en cuatro centros:

- Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología (campus de Móstoles).
- Facultad de Ciencias de la Salud (campus de Alcorcón).
- Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales (campus de Vicálvaro).
- Facultad de Ciencias de la Información (campus de Fuenlabrada).

El campus de Móstoles, sede de la Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología (ESCET), se caracteriza por su marcado carácter tecnológico, científico y experimental.

Entre los diferentes grupos de investigación de la ESCET, el Grupo de Ingeniería Química y Ambiental (GIQA), que pertenece al departamento de Tecnología Química, Ambiental y de los Materiales, se crea en 1998 y es el más numeroso de la Escuela. En este grupo se integran profesores de las siguientes áreas de conocimiento:

- Ingeniería Química.
- Tecnologías del Medio Ambiente.
- Química Orgánica.
- Química Física.

En la actualidad el GIQA está constituido por 58 profesores (4 catedráticos, 12 titulares, 27 asociados, 14 ayudantes y un investigador Ramón y Cajal), completándose el grupo con 8 becarios predoctorales y 5 técnicos de laboratorio, de apoyo en tareas docentes e investigadoras. Es preciso indicar que entre los miembros del GIQA se están realizando 32 tesis doctorales que se encuentran en distintas fases. Este grupo desarrolla su actividad docente principalmente en las titulaciones de Ingeniero Químico, Ingeniero Técnico Industrial, especialidad Química Industrial, y Ciencias Ambientales, además de la docencia correspondiente al Doctorado en Ingeniería Química, Ambiental y de los Materiales galardonado con la Mención de Calidad del MECD. Además, nuestro grupo de investigación

desarrolla su actividad investigadora fundamentalmente en la síntesis y caracterización de diferentes tipos de adsorbentes y catalizadores heterogéneos (zeolitas, xerogeles y materiales mesoestructurados) con objeto de utilizarlos en procesos de interés industrial y de eliminación de contaminantes.

En lo que se refiere a la Red de pilas de combustible y baterías avanzadas (CSIC – Universidad), a continuación se muestra la ficha del Grupo de Trabajo de la URJC interesado en la producción y almacenamiento de hidrógeno.

Responsable: Guillermo Calleja Pardo
Áreas de Interés: Vector energético: Hidrógeno

Relación del personal integrante

Catedráticos:
Guillermo Calleja Pardo
David Serrano Granados
Rafael Van Grieten Salvador

Profesores Titulares:
Juan Ángel Botas Echevarría
José Antonio Calles Martín
Carmen Martos Sánchez

Predoctorales:
Juan Carlos de la Torre Abiétar
Ana María Morales Cas
Arturo Vizcaíno Madridejos

Como se muestra en la información anterior, el área de interés del Grupo de Trabajo de la URJC es el correspondiente al hidrógeno como vector energético. Dentro de este área, las actividades del grupo se centran en la obtención de hidrógeno a partir de biomasa y su posterior almacenamiento. A continuación se muestran las actividades del grupo relacionadas con cada uno de los dos tipos de actividades.

1. **Actividades relacionadas con la producción de H_2:**
   - Reformado de bioetanol.
   - Conversión de CO con vapor de H_2O.
   - Desarrollo de membranas altamente selectivas para la separación de H_2.
   - Reactores de membrana para la separación de H_2.
   - Integración de los reactores de membrana con los sistemas de producción de H_2.

2. **Actividades relacionadas con el almacenamiento de H_2:**
   - Síntesis y caracterización de materiales organometálicos porosos (MOFs).
   - Síntesis y caracterización de materiales organosilíceos periódicos mesoestructurados (PMOs).

- Predicción de las propiedades de almacenamiento de H_2 de MOFs y PMOs por simulación molecular.
- Modificación de las propiedades de MOFs y PMOs para incrementar su capacidad de adsorción de H_2.
- Ensayos de adsorción/desorción de H_2.

Materiales para componentes de pilas de combustible y baterías de litio

Susana García Martín y Miguel Ángel Alario Franco

En este grupo de investigación se están realizando estudios en materiales conductores iónicos de Li derivados de $La_{2/3-x}Li_{3x}TiO_3$ y óxidos del sistema ZrO_2-$YO_{1.5}$-$NbO_{2.5}$. Los materiales del primer grupo, dada su elevada conductividad iónica de litio son potenciales electrolitos sólidos para baterías de litio y los óxidos del sistema ZrO_2-$YO_{1.5}$-$NbO_{2.5}$ presentan propiedades eléctricas (son conductores mixtos) que les hacen aceptables para su utilización como ánodos en pilas de combustible.

La metodología de trabajo consiste en la preparación de materiales mediante el método cerámico, caracterización estructural y microestructural de los mismos mediante difracción de rayos X, difracción de electrones y microscopía electrónica de transmisión y estudio de sus propiedades eléctricas mediante espectroscopía de impedancia compleja.

De esta forma, se han estudiado los siguientes sistemas: $La_{2/3}Li_x(Ti_{1-x}Al_x)O_3$, $(La_{2/3-x}Sr_xLi_x)TiO_3$, $(La_{1/3-x}Li_x)NbO_3$, $La_{0.56}Li_{0.33+x}\ _{0.11-x}(Ti_{1-x}Al_x)O_3$ y $(La_{0.56-x}Sr_xLi_{0.33+x}\ _{0.11-x})TiO_3$. Se observan ciertas características comunes a todos ellos desde el punto de vista estructural y microestructural, así como en su comportamiento eléctrico. Ésto nos ha permitido optimizar la conductividad teniendo en cuenta la concentración portadores de carga/vacantes catiónicas y la microestructura del material. A partir de ahí, hemos preparado el óxido con mayor conductividad iónica de litio a temperatura ambiente que se conoce hasta el momento. Este óxido tiene la composición $La_{0.56}Li_{0.36}\ _{0.08}(Ti_{0.97}Al_{0.03})O_3$ y presenta una conductividad de σ (293 K)= 2.95×10^{-3} S cm^{-1}.

Por otro lado, el estudio mediante difracción de electrones y microscopía electrónica de transmisión de los óxidos del sistema ZrO_2-$YO_{1.5}$-$NbO_{2.5}$, nos lleva a concluir que, en estos materiales, las vacantes aniónicas no se encuentran distribuídas al azar, sino que existe un orden parcial o a corto alcance. Esto, a su vez, ha permitido relacionar la estructura y microestructura de estos materiales con sus peculiares propiedades como conductores de oxígeno.

Nuestros estudios de estos materiales para componentes de pilas de combustible y baterías de litio quedan recogidos en las siguientes referencias:

"Lithium-ion conductivity in the novel $La_{1/3-x}Li_{3x}NbO_3$ solid solution with perovskite-related structure", S. García-Martín, J.M. Rojo, H. Tsukamoto, E. Morán and M.A. Alario-Franco, Solid State Ionics, 116, 11, (1999)

"Modulated structure of $La_{1/3-x}Li_{3x}NbO_3$ $0 \leq x \leq 0.06$ perovskite-related materials", S. García-Martín and M.A. Alario-Franco, J. Solid State Chem., 148, 93, (1999)

"Modulated fluorite-type structure of materials from the (1-x) $Y_{0.5}Zr_{0.5}O_{1.75}$- x $Y_{0.75}Nb_{0.25}O_{1.75}$ ($0 \leq x \leq 1$) system", S. García-Martín, M.A. Alario-Franco, D. P. Fagg, A. J. Feighery and J. T. S. Irvine, Chem. Mat. 12(6), (2000), 1729

"Structural studies on the optimisation of fast oxide ion transport", J. T. S. Irvine, A. J. Feighery, D. P. Fagg and S. García-Martín, Solid State Ionics, 136-137, (2000), 879

"A New $La_{2/3}Li_xTi_{1-x}Al_xO_3$ solid solution: structure, microstructure and Li^+ conductivity", A. Morata-Orrantia, S. García-Martín, E. Morán and M. A. Alario-Franco, Chem. Mat. 14, (2002), 2871

"A New $La_{2/3-x}Sr_xLi_xTiO_3$ solid solution: structure, microstructure and Li^+ conductivity", A. Morata-Orrantia, S. García-Martín, and M. A. Alario-Franco, Chem. Mat. 15, (2003), 363

"Optimisation of Lithium Conductivityin La/Li Titanates", A. Morata-Orrantia, S. García-Martín, and M. A. Alario-Franco, Chem. Mat. 15, (2003), 3974

"Crystal structure and microstructure of some $La_{2/3-x}Li_{3x}TiO_3$ oxides: an example of the complementary use of electron diffraction and microscopy and synchrotron X-ray diffraction to study complex materials", S. García-Martín, M. A. Alario-Franco, H.Ehrenberg, J.Rodríguez-Carvajal and U.Amador, J. of the Amer. Chem. Soc., en prensa

GRUPO MATERIALES CATALÍTICOS

DEPARTAMENT QUÍMICA INORGÀNICA
FACULTAD DE QUÍMICA
UNIVERSITAT DE BARCELONA
C/ Martí i Franqués 1-11, 08028 Barcelona, fax: 934907725
narcis.homs@qi.ub.es; pilar.piscina@qi.ub.es

El grupo de Materiales Catalíticos del Departamento de Quimica Inorgánica de la Universitat de Barcelona (www.qi.ub.es/matcat) fundamenta sus actividades de investigación en el diseño y la preparación de materiales con propiedades catalíticas. Se realiza la caracterización físico-química de los mismos y su ensayo en diversas reacciones de interés. Para abordar la primera etapa aunamos los conocimientos propios de la química molecular y del estado sólido. Disponemos en este sentido de los medios materiales necesarios, equipos de alto vacío y atmósfera inerte, para abordar preparaciones utilizando compuestos precursores sensibles al aire. Así como los correspondientes a la preparación por métodos clásicos como el de coprecipitación y posibilidad de realizar tratamientos a alta temperatura. Para la caracterización de los catalizadores obtenidos aplicamos un amplio abanico de técnicas disponibles tanto en nuestros propios laboratorios como en los servicios científico-técnicos generales de la Universidad de Barcelona. En este sentido disponemos de un equipo espectrómetro infrarrojo acoplado a masas para el seguimiento del comportamiento de los materiales in situ bajo condiciones de presión y temperatura variables. Tenemos acceso a equipos como los de difracción de rayos-X, microscopia electronica de barrido y transmisión, espectroscopia Raman, etc., además de las técnicas de caracterización rutinarias (B.E.T., análisis químico, etc.). Disponemos asimismo de diferentes equipos de reacción capaces de operar en continuo, en rangos amplios de presión y temperatura y con uso de reactivos gaseosos y/o líquidos.
Realizamos colaboraciones con grupos expertos en diferentes áreas, tanto nacionales por ejemplo con el grupo del Prof. José Luis G. Fierro, ICP- CSIC, como internacionales, por ejemplo con el grupo del Prof. Jean-Alain Dalmon, IRC-CNRS.
El grupo de Materiales Catalíticos es un grupo consolidado de investigación reconocido por la Generalitat de Catalunya que ha venido recibiendo financiación económica para sus actividades de investigación de forma regular dentro del Plan Nacional de I+D+I y que está especialmente interesado en la colaboración con el sector empresarial, para el que ha realizado diversos proyectos de investigación.
En los últimos años venimos reforzando nuestra investigación en relación con el desarrollo de materiales para abrir nuevas vías en la producción alternativa de hidrógeno y en su potencial aplicación para pilas de combustible. En particular, investigaciones relacionadas con el desarrollo de nuevos catalizadores capaces de llevar a cabo el reformado autotérmico catalítico de etanol. Por otra parte, nuestros recursos humanos actuales avalan nuestras futuras actividades, tres profesores estables, un investigador del programa nacional Ramón y Cajal, cuatro estudiantes de doctorado y un técnico de laboratorio. Nuestras actividades más

recientes en esta línea se han centrado en el estudio del proceso de reformado catalítico de etanol apartir de disoluciones acuosas conteniendo alrededor del 20% en volumen de etanol. Estas mezclas se pueden obtener fácilmente a partir de resíduos agrícolas o agroindustriales sin costes energéticos adicionales al eliminar procesos ulteriores de destilación. Este recurso puede ser considerado un bioetanol de bajo coste, que hace que un proceso como el propuesto resulte globalmente neutro respecto a las emisiones de CO_2 a la atmósfera. El desarrollo de sistemas basados en estos conceptos podría constituir fuentes de producción de energía a pequeña escala y de tipo estacionario. Hay que tener en cuenta sin embargo, que la pureza del hidrógeno a sumistrar en una pila de combustible de tipo membrana polimérica, tiene que ser, con la tecnología actual, muy elevada. En particular el contenido de CO debe limitarse a nivel de ppm. El poder realizar este proceso de forma efectiva, a la temperatura más baja posible y con la mayor selectividad hacia los productos esperados (CO_2 e H_2), requiere el desarrollo de nuevos materiales catalíticos no descritos hasta el momento de iniciar nuestras investigaciones.

Los antecedentes bibliográficos indicaban que los pocos estudios existentes referían el uso de catalizadores de cobre y cobalto soportados, sin embargo estos pocos trabajos llegaban a resultados poco relevantes con producción importante de subproductos. Se indicaba también un papel importante del soporte (óxidos) pero que no se analizaba posteriormente.

Nuestras primeras investigaciones se encaminaron al estudio sistemático del comportamiento catalítico de una serie de óxidos en la propia reacción de reformado. A partir de ese punto se inició el desarrollo de nuevos catalizadores de cobalto soportado que resultaron especialmente activos a tempereturas relativamente bajas, como de 300 °C, y particularmente selectivos, con formación de subproductos basados prácticamente en metano, con valores inferiores al 3%. La caracterización exhaustiva de estos materiales y una buena comprensión de los caminos de reacción por los que aparentemente transcurre este proceso nos ha llevado a establecer buenas correlaciones estructura-propiedades de los catalizadores. Este punto es idóneo para un desarrollo optimizado de nuevos materiales con potencial aplicabilidad en este área.

Referencias recientes del Grupo en la obtención de hidrógeno: *Chem. Commun., 2001, 641; J. Catal, 209 (2002) 306; Appl. Catal. A: General, 243 (2003) 261; Appl. Catal. B: Environmental, 43 (2003) 355; J. Catal. (2004) en prensa.*

Presentación general del grupo Control Avanzado de Sistemas Energéticos (ACES) de la Universidad Politécnica de Cataluña

Maria Serra

ACES es un grupo multidisciplinar.
Sus miembros, ingenieros, matemáticos y físicos, pertenecen a los siguientes centros de investigación:

- Instituto de Robótica e Informática Industrial, IRI, (CSIC – UPC)
  http://www-iri.upc.es/english/
  http://www.upc.es/
- Instituto de Organización y Control (UPC)
  http://www.ioc.upc.es/
  Departamento de Matemática Aplicada IV (UPC)
  http://www-ma4.upc.es/
- Departamento de Ingeniería Electrónica (UPC)

ACES orienta su investigación para dar respuesta a necesidades de la industria o para resolver problemáticas planteadas a nivel industrial. En este marco, los objetivos principales del grupo ACES son:

1. Diseño de controladores en sistemas energéticos y propuesta de controladores avanzados
   a. Validación experimental
2. Modelado de procesos de energía eléctrica
   a. Estimación experimental de parámetros
   b. Obtención de modelos de simulación por ordenador

Las aplicaciones industriales de mayor interés para el grupo son:

1. Generación de energía eléctrica
2. Acondicionamiento de energía eléctrica
3. Gestión de la generación distribuida

Los proyectos más relevantes desarrollados para empresas últimamente en el grupo son:

- Modelado y control de grandes redes eléctricas. ENHER (Endesa)
- Identificación de centrales hidroeléctricas
- Propuesta e implementación de un sistema de regulación frecuencia – potencia
- Sistemas de conversión de energía eléctrica. SALICRÚ ELECTRONICS
- Desarrollo de controladores para sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI)
- Desarrollo de controladores para filtros de armónicos
- Sistema Integrado de Gestión de Fallos para Vehículos (IVHM). BOEING

- Desarrollo de un controlador de alto nivel para la gestión de fallos en sistemas de generación de energía eléctrica basados en pilas de combustible.

El grupo ACES en relación con las pilas de combustible

Actividades de ACES en relación con las pilas de combustible

1. Desarrollo del proyecto IVHM, comentado anteriormente, para la empresa BOEING
2. Puesta en marcha de un laboratorio de pilas de combustible consistente en un sistema básico de medida y control. Subvención a través de la convocatoria de la Generalitat de Catalunya PIR 2003
3. Participación en la red temática de Pilas de Combustible a nivel de centros de investigación catalanes. La red está reconocida y subvencionada por la Generalitat de Catalunya a través de la convocatoria XT2003
4. Solicitud de una Acción Especial para la compra de un sistema de ensayo completo de pilas de combustible. Convocatoria de la Generalitat de Catalunya Acción Especial 2003
5. Solicitud del proyecto CICYT titulado *Controladores para sistemas autónomos de suministro de energía eléctrica basados en pilas de combustible tipo PEM*. Convocatoria CICYT 2004
6. Miembro de la asociación APPICE
7. Integración a la Red de Pilas de Combustible y Baterías Avanzadas

El nivel al que se consideran las pilas de combustible en el grupo ACES implica la consideración de:

1. La pila de combustible generadora de energía eléctrica
2. El sistema de acondicionamiento de la energía generada
3. La aplicación final, consumidora de la energía generada y acondicionada

Un ejemplo de un sistema que estamos estudiando es el que se esquematiza seguidamente. Se trata de un sistema de propulsión de un automóvil basado en una pila de combustible polimérica, (Pukrushpan et al., 2002).

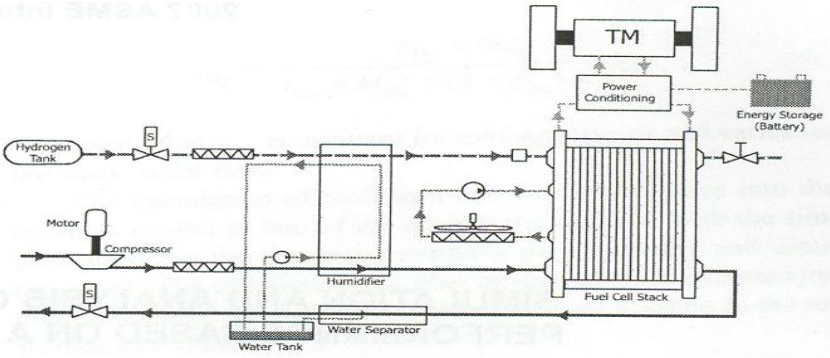


Figure 1. Automotive Fuel Cell Propulsion System

Por el momento, los objetivos de ACES en relación con las pilas de combustible están limitados a pilas de combustible de tipo polimérico. Son los siguientes:

- Control de la operación en pilas de combustible poliméricas
- Diseño y control del sistema acondicionador de energía
- Diseño y control del sistema integrado

La metodología para el estudio de diseño y control planteado puede resumirse en:

1. Modelado del sistema de generación basado en pilas de combustible poliméricas
    a. Proceso electroquímico
    b. Procesos asociados al proceso electroquímico (dinámica de flujo de gases, gestión de calor, gestión de agua)
    c. Sistema de acondicionamiento de la energía eléctrica generada (sistemas conmutados a alta frecuencia, almacenamiento reducido de energía)
2. Diseño del sistema
    a. Sistema electroquímico: se considera la sustitución de membranas convencionales por membranas sintetizadas en centros de investigación próximos al nuestro
    b. Preparación de los gases: se estudian las mejores configuraciones para los sistemas de preparación de gases y de gestión de calor y agua (selección de compresores, colocación de humidificadores e intercambiadores de calor...)
    c. Sistema de acondicionamiento: Selección de los elementos de electrónica de potencia adecuados y determinación de las mejores topologías
3. Diseño de controladores
    a. Estudio de las restricciones y posible optimización de la operación (caudales, presiones, humedad, temperatura, composición...)

   b. Requerimientos de la energía subministrada en función de la aplicación (forma temporal de la tensión, amplitud, frecuencia...)
   c. Determinación de los objetivos de control
   d. Análisis de control: estabilidad, sensibilidad y robustez del sistema
   e. Diseño de controladores lineales y no lineales
4. Validación experimental
5. Iteraciones necesarias

De los objetivos y la metodología expuestos se derivan una serie de tareas de entre las que destacamos las siguientes, por ser menos tratadas en la bibliografía:

- Determinación de restricciones y objetivos según aplicación
- Definición de una función objetivo para operación óptima que tenga en cuenta aspectos de eficiencia, controlabilidad, robustez, seguridad, durabilidad...
- Análisis de sensibilidad y selección de estructuras de control
- Diseño de controladores lineales y no lineales

En el momento actual nos encontramos desarrollando las siguientes actividades en curso :

- Mejora de los modelos dinámicos basados en bibliografía disponibles
- Análisis de comportamiento de pilas poliméricas
- Propuesta de los primeros controladores
- Creación de un laboratorio de pilas de combustible poliméricas de hasta 50 w

La principal bibliografía consultada es:

- Polymer Electrolyte Fuel Cell Model (Springer et al, 1991)
- Simulation and Analysis of Transient Fuel Cell System Performance Based on a Dynamic Reactant Flow Model (Pukrushpan et al, 2002)
- An Analysis of the Dynamic Performance of Proton Exchange Membrane Fuel Cells Using an Electrochemical Model (Correa et al., 2001)
- An Explicit Dynamic Model for Direct Reforming Carbonate Fuel Cell Stack (Lukas et al., 2001)
- A Simplified Dynamic Model of Grid-Connected Fuel-Cell Generators (Hatziadoniu et al., 2002)
- New Opportunities for Fuel Cells in the Restructured Power Systems of the United States (Kwa-Sur Tam, 1998)
- Modelling, Control and Simulation of a Fuel Cell Based Power Supply System with Energy Management (Candusso et al., 2002)

Resumen de las actividades y campos de interés del CIDETEC.

Miguel Bengoechea

En 1997 se crea CIDETEC (Centro de Tecnologías Electroquímicas) como una Fundación de Investigación sin ánimo de lucro. En la actualidad el Patronato de la Fundación lo constituyen: CEGASA (Presidencia), IBERDROLA, BIC-BERRILAN, TIRADORES EGOKI S.A., LAMIK S.A., DIPUTACION DE GIPUZKOA, UNIVERSIDAD DEL PAIS VASCO y MAIER S.Coop.

El objeto y finalidad de la Fundación quedan perfectamente establecidos en sus Estatutos:

> "*El objeto y finalidad de la Fundación es la promoción y el desarrollo de cuantas actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico sean de interés para la industria en general, así como la promoción e incorporación de investigadores y tecnólogos en el tejido industrial*".

Merecen destacarse, por su importancia estratégica, dos de los aspectos relacionados con la actividad de CIDETEC que quedan claramente manifestados en sus estatutos, a saber; la **especialización** y la importancia de los **recursos humanos** y más en concreto de los técnicos de elevada cualificación, como vía para conseguir estos fines. Así, actualmente en CIDETEC trabajan 52 personas, de las cuales **21 son Doctores en Química**, 8 Licenciados en Química (5 Doctorandos) y 3 Ingenieros Superiores. Cinco investigadores han sido nº 1 de sus respectivas promociones, y el número total de publicaciones en revistas internacionales de los investigadores de CIDETEC asciende a más de 300.
CIDETEC está inscrito como **CIT** y como **OTRI**, y es uno de los agentes de la **Red Vasca de Tecnología**. Por último es miembro numerario de **SARETEK** y **FEDIT** y miembro de la **Asociación Española del Hidrógeno (AeH2)** y de la **Asociación Española de Pilas de Combustible (ÁPPICE)**

CIDETEC aborda la totalidad de las **tecnologías electroquímicas**, aplicando su experiencia y conocimientos tanto al desarrollo de nuevos productos y procesos como a la mejora de las líneas productivas de las empresas implicadas en una amplia variedad de sectores industriales. Para ello dispone de 3 departamentos técnicos, que se corresponden con las líneas de actuación del Centro:

1. Energía
2. Tratamientos Superficiales
3. Nuevos Materiales

En sus 6 años de funcionamiento CIDETEC ha participado en **más de 200 proyectos de investigación**, ha depositado **10 patentes propias**, y ha participado o participa en **8 proyectos europeos** de cierta envergadura. En este punto, debemos señalar la especial apuesta realizada por CIDETEC con respecto a Europa, destacando la participación en la presentación de un total de 50 propuestas de proyectos en el marco de la primera convocatoria del VI Programa Marco (2002-

2006). CIDETEC ha sido uno de los Centros Tecnológicos españoles que mejores resultados ha obtenido en dicha convocatoria: 1 Red de Excelencia (NoE); 1 Proyecto Integrado (IP) y otro situado en primer lugar en lista de espera, 2 proyectos STRP y 1 Research Training Network, RTN.

En la actualidad, CIDETEC participa en cuatro de los grandes **Proyectos Estratégicos financiados por la Administración de la Comunidad Autónoma** del País Vasco: *GENEDIS*: Generación Distribuida; *ACTIMAT*: Materiales Inteligentes; *INTEBIO*: Biomateriales; *BIOGUNE*: Biotecnologías. Así mismo, CIDETEC está participando en la constitución de **3 proyectos empresariales**, concretamente en los ámbitos de la electrónica del automóvil, la fabricación de materiales basados en plásticos conductores de la electricidad y las pilas de combustible.

La evolución expuesta en los párrafos anteriores nos ha obligado a abordar una fase de **ampliación de nuestras infraestructuras,** ya que las actuales han resultado insuficientes para responder, no sólo a las demandas actuales del mercado, sino también a las de los sectores tecnológicos emergentes. Por ello, CIDETEC cuenta desde el mes de junio de 2003 con una nueva sede ubicada en el Parque Tecnológico de San Sebastián y dispone de aproximadamente 2.000 m^2 y 8 laboratorios. Este aspecto de especial importancia, va a incidir sobremanera en la mejora de nuestra capacidad para transferir resultados de investigación y abordar nuestro gran reto estratégico para los próximos años: convertir a CIDETEC en un Centro de Referencia a nivel internacional en las tecnologías electroquímicas.
Asimismo se ha llevado a cabo el **cambio de imagen corporativa de la entidad** y, sobre todo, se ha efectuado un ejercicio de análisis estratégico interno a todos los niveles que ha conducido a la elaboración del **Plan Estratégico 2004-07 de CIDETEC**, que marcará los caminos por donde discurrirá la actividad tecnológica, administrativa, comercial y de gestión durante los próximos años.

LÍNEAS DE ESPECIALIZACIÓN TECNOLÓGICA: DEPARTAMENTO DE ENERGÍA

Área de Baterías

CIDETEC se encuentra inmerso actualmente en el desarrollo de nuevas tecnologías de almacenamiento llamadas a ocupar un papel predominante en el mercado de las pilas y baterías de consumo a corto y medio plazo, desplazando a otras tecnologías convencionales, así como en el desarrollo de sistemas de almacenamiento de energía cada vez más pequeños y versátiles.

Además, CIDETEC tiene firmado un convenio de colaboración con CEGASA, empresa líder nacional en la fabricación y distribución de pilas y baterías de cinc salinas y alcalinas, que abarca todo el trabajo que se desarrolla en el Área de Baterías y se extiende a una parte del trabajo realizado en el Área de Pilas de Combustible.

Las líneas de actuación dentro del Área son:

- Baterías primarias (no recargables) de litio:
  - Desarrollo de tecnologías para la fabricación de pilas planas y ultraplanas
- Baterías secundarias (recargables) de litio-ión:
  - Desarrollo de nuevos materiales anódicos y catódicos: óxidos inorgánicos, híbridos orgánico-inorgánicos, polímeros conductores de la electricidad, materiales carbonosos (grafitos y nanotubos), fosfatos de hierro y litio.
  - Ensamblaje de celdas de ensayo y prototipado.
- Electrolitos poliméricos:
  - Desarrollo de nuevos electrolitos poliméricos para baterías de litio primarias y secundarias.
  - Composites orgánico-inorgánicos como electrolitos para baterías de litio ion todo sólido.
- Asistencia técnica a la industria
  - Realización de ensayos de materiales electródicos.
  - Mejora de procesos.

Área de Pilas de Combustible

Las pilas de combustible constituyen el futuro inmediato de la generación eléctrica para un amplio rango de potencias y aplicaciones, lo que es debido fundamentalmente a sus cualidades generales de alta eficiencia, bajo o nulo nivel de ruido y emisiones, modularidad y flexibilidad.

De entre las cinco tecnologías básicas existentes, las Pilas de Combustible de Membrana Polimérica (o PEMFC, Proton Exchange Membrane Fuel Cell), en particular, encuentran aplicaciones en prácticamente todo el rango de potencias entre 1 W y 250 kW:

- Aplicaciones portátiles: desde minipilas de combustible para alimentar o recargar aparatos electrónicos como teléfonos móviles u ordenadores portátiles (2-20 W), hasta aplicaciones "transportables" como generadores autónomos o sistemas de emergencia (500 W - 1 kW)
- Automoción: alimentación de todo tipo de vehículos eléctricos: bicicletas (500 W), motocicletas (3 kW), automóviles (70 kW) y autobuses (200 kW).
- Generación distrbuida (GD): generación eléctrica estacionaria a todos los niveles, incluyendo el doméstico (1-5 kW), residencial y comercial (10-50 kW) e industrial (250 kW 1 MW).

A pesar de haber sido demostrada su idoneidad para muchas de estas aplicaciones, existen sin embargo numerosos aspectos de las pilas de combustible que necesitan ser mejorados antes de que estas tecnologías puedan ser realmente competitivas en el mercado, especialmente en lo referente a la búsqueda de materiales y componentes activos y estructurales que den lugar a mejores prestaciones con un coste económico más reducido.

Las líneas de actuación dentro del Área son:

- Pilas de Combustible de Membrana Polimérica (PMFC)
  - Desarrollo de minipilas de combustible de hidrógeno y metanol
  - Desarrollo de nuevas membranas electrolíticas de alta (>100°C) y baja (<100°C) temperatura
  - Desarrollo de nuevos catalizadores: modificación de catalizadores de platino con polímeros conductores
- Desarrollo de sistemas de generación basados en pilas de combustible
- Integración de supercondensadores con baterías y pilas de combustible
- Desarrollo de aplicaciones para pilas de combustible, baterías y supercondensadores, y sus combinaciones
- Desarrollo de sistemas de monitorización y control de sistemas de generación y almacenamiento de energía
- Asistencia técnica en ingeniería eléctrica

Área de Supercondensadores

Los supercondensadores constituyen una tecnología de reciente implantación que ha venido a ocupar el vacío de prestaciones existente hasta el momento entre los sistemas de alta capacidad de almacenamiento energético (baterías y pilas de combustible) y los de alta potencia (condensadores tradicionales). A pesar de ser una tecnología conocida desde hace varios años (ya en 1957 aparecieron las primeras patentes), fue a principios de los 70 cuando se realizaron los primeros intentos de comercialización, y su verdadero impulso no llegó hasta los años 90 en el contexto del desarrollo del vehículo eléctrico.

Su novedad radica en la capacidad que tienen los supercondensadores de almacenar cantidades apreciables de energía -a diferencia de los condensadores tradicionales-, la cual puede ser entregada en forma de pulsos de potencia de hasta minutos de duración -donde baterías y pilas de combustible presentan tradicionalmente limitaciones.

Las líneas de actuación dentro del Área son:

- Supercondensadores de carbón
  - Desarrollo de nuevos materiales de electrodo carbonosos: carbones activos, nanotubos de carbono, aerogeles de carbono, carbón vítreo.
  - Electrolitos acuosos y orgánicos
- Técnicas de caracterización de materiales de electrodo y pilas:
  - Medida de la capacidad de almacenamiento (ensayos de carga y descarga a intensidad constante)
  - Estudios de retención de la capacidad frente al ciclado
  - Medidas de la resistencia interna

Presentación del Instituto de Tecnología eléctrica.

Lisardo Fort

Qué es ITE?

➔ **Asociación privada sin ánimo de lucro** de ámbito nacional integrada por empresas pertenecientes a los sectores eléctrico, electrónico, de la energía y de las comunicaciones.

➔ Se constituyó en 1994, pasando a formar parte poco después en la Red de Institutos Tecnológicos del Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana (IMPIVA). En la actualidad ITE es miembro de la **Red de Institutos Tecnológicos de la Comunidad Valenciana (REDIT).**

➔ La capacidad que el Instituto de Tecnología Eléctrica tiene para emitir ensayos de certificación está avalada por el cumplimiento de los estándares de calidad más exigentes. **La Entidad Nacional de Acreditación (ENAC)** ha otorgado a ITE las acreditaciones para sus laboratorios en las áreas de Compatibilidad Electromagnética, Campos Electromagnéticos y Calibración.

➔ ITE ha sido reconocido como **Centro de Innovación y Tecnología** con nº de Registro 74 por la Secretaría de Estado de Política Científica y Tecnológica.

ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA
ELÉCTRICA

Objetivos

Los objetivos de ITE se basan fundamentalmente en:

- **Atención al cliente y trato personalizado. Identificación de las necesidades y búsqueda de la solución más eficiente.**
- **Profesionalidad y experiencia del equipo humano que forma ITE.**
- **Alto nivel de equipamiento**
- **Tiempos de respuesta y flexibilidad**
- **La innovación como pilar fundamental de las empresas de los sectores eléctrico, electrónico, de la energía y las comunicaciones.**

ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Estructura

LABORATORIOS:

- Seguridad Eléctrica
- Calibración
- Calidad de Suministro
- Compatibilidad Electromagnética
- Alta Tensión
- Mediciones "in-situ" de instalaciones eléctricas de baja tensión.
- Laboratorio de Metrología Legal

DEPARTAMENTOS:

- Materiales y Descargas Eléctricas
- Tecnologías de las Comunicaciones
- Electrónica de Control y de Potencia
- Energía
- Formación
- Medio Ambiente/Calidad/Prevención de Riesgos Laborales
- Marketing y Comunicación
- Comercial
- OTRI
- Relaciones Internacionales

ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Energía

OBJETIVOS

Impulsar el desarrollo tecnológico, basado en la I+D+i del sector energético empresarial. Esto supone trabajar en todos los campos de la energía: en la generación, desarrollo de nuevos sistemas respetuosos con el medio ambiente; en la distribución, favorecer la integración de las energías renovables y optimizar las infraestructuras existentes; en el consumo, asesorar en la mejora energética de procesos e instalaciones y desarrollar equipos más eficientes.

ACTIVIDAD:

La actividad del departamento de Energía abarca los siguientes campos:

- **Gestión Energética**
- **Laboratorio de Metrología Legal**
- **Participación en proyectos de I+D+i**
- **Asesoramiento e innovación a la industria de distintos sectores**

ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Energía

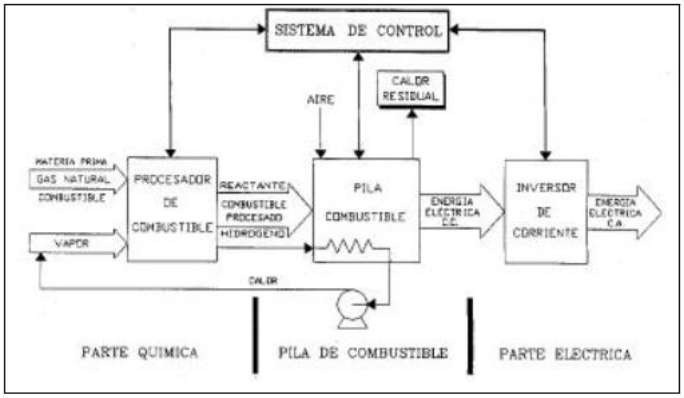
Líneas de I+D+i

- **Área control y protección distribuida de red**
  - Coordinación autoestimativa de protecciones eléctricas en entornos distribuidos.
  - Evaluación de fiabilidad conjunta en sistemas de potencia.
- **Área Generación Eléctrica y EERR**
  - Evaluación de las especificaciones eléctricas de generadores renovables.
  - Generación de nuevos sistemas renovables integrados en aplicaciones industriales.
  - Mejora de especificaciones energéticas y de la eficiencia constructiva de los sistemas renovables con conexión a red.
- **Área de gestión activa de demanda eléctrica**
  - Control de perfiles de carga agregada en red.
  - Evaluación de la calidad de suministro en sistemas de generación o de demanda requerida en entornos industriales.

ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Pilas de Combustible

Necesidades de una generación eléctrica basada en pila de combustible



ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Pilas de Combustible

Desarrollos y aplicaciones en pilas de combustible

- Caracterización energética de sistemas SOFC.
- Diseño de las etapas de control y potencia del sistema generador SOFC.
- Prototipado SMD de todas las etapas de acondicionamiento eléctrico.
- Integración de sistemas de almacenamiento y gestión de las dinámicas compuestas resultantes de la integración de varios sistemas energéticos.
- Monitorización y control del sistemas de generación basados en FC.
- Ingeniería de sistemas en el diseño de banco de pruebas para minipilas SOFC, para análisis comparativo de su escalado industrial.

ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Pilas de Combustible

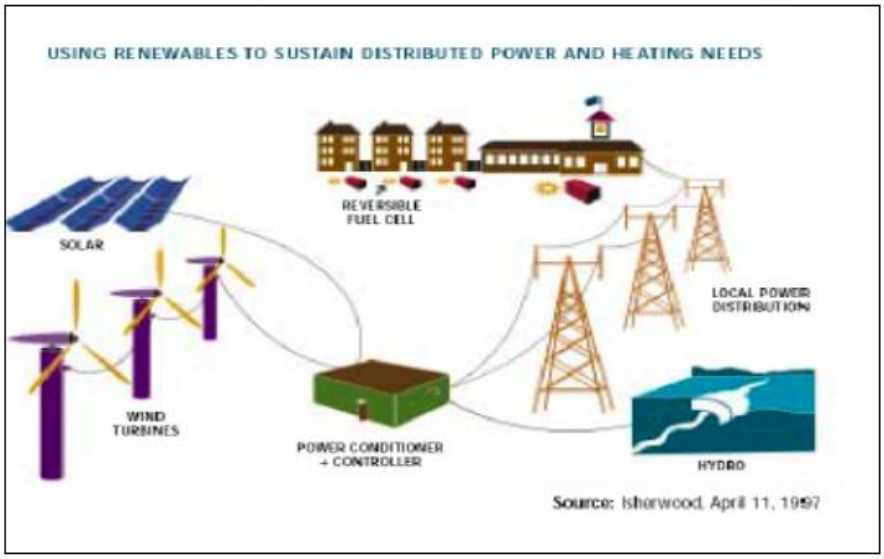
Capacidades adicionales en el área de sistemas de generación renovable y pilas de combustible

- Gestión activa, comunicaciones y agregación de perfiles de carga tanto para demandas industriales como domésticas.
- Estimación de la fiabilidad de este tipo de generación, integrados en SEP.
- Análisis y corrección de la compatibilidad electromagnética del generador.
- Integración y gestión conjunta con otros sistemas renovables .
- Análisis de calidad del suministro eléctrico de la pila.
- Diseño e implementación de protecciones en la pila y su coordinación en tiempo real con requerimientos de red.
- Conexión a red de sistemas de generación.

ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Pilas de Combustible

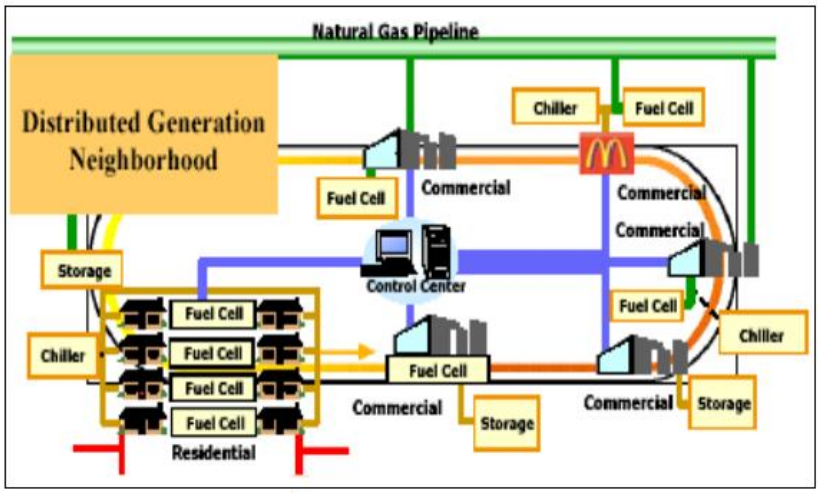
Nuevo concepto de Red. Generación Dispersa



ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Pilas de Combustible

Nuevo concepto de Red. Demanda Mixta



ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Pilas de Combustible

Investigación ITE en pilas de combustible.

Aplicaciones de las pilas de combustible.

- Líneas finales de investigación:
- Sistemas SOFC como sistemas básicos en ciclos de cogeneración.
- Integración con sistemas basados en EERR. Gestión de impredicibilidades.
- Aplicaciones como generadores aislados de red.
- Conexión a red de sistemas basados en pila de combustible.

ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Pilas de Combustible

LA RED AMPLIADA DEL CSIC. ÁREAS DE INTERÉS

- Integración de nuevos sistemas de almacenamiento energético.
  - Almacenamiento masivo H2
  - Almacenamiento dinámico. Supercondensadores.
- Análisis de otros sistemas de alimentación:
  - Combustibles diferentes del H2
  - Reformadores necesarios para combustibles "malos"
- Estudios de otras tecnologías SOFC a baja temperatura

ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Gracias por su atención

E-mail: lisardo.fort@itenergia.com

www.itenergia.com

RED IT

ITE
INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Fichas actualizadas del CSIC

Supervisores de área:

Área 1: Automatización, fluido dinámica y sensorización de pilas de combustible. Domingo Guinea (IAI).
Área 2: Pilas de combustible de óxido sólidos: Carlos Moure (ICV).
Área 3: Pilas de combustible poliméricas. Felix sanchez (IQO)
Área 4: Almacenamiento y generación del vector energético. Jose Luis G. Fierro. (ICP).
Área 5: Baterías avanzadas y súpercondensadores. Jose María Rojo (ICMM).

Denominación del Grupo:

Sistemas

Instituto al que pertenece.

Instituto de Automática Industrial (IAI)
Km 22,800 Nacional III, 28500 Arganda del Rey (MADRID)
Telef: (91)-8711900 Fax: (91)-8715070

Responsable:

Dr. Domingo Guinea Díaz

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:
1ª: Automatización.
2ª: Pilas Poliméricas
3ª: Pilas de Óxidos Sólidos

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red

1º: Nuevas técnicas de automatización
2ª:.Automatización pilas poliméricas
3º: Automatización pilas de óxido sólido

Relación del personal

Personal Funcionario

Científicos Titulares:

1. Dr Domingo Guinea Díaz.....E-Mail .domingo@iai.csic.es
2. Dra: Maria C. García-Alegre..... E-Mail: maria@iai.csic.es
3. Dra. Angela Ribeiro Seijas..... E-Mail: angela@iai.csic.es

Personal de apoyo:

4. Ing: Eugenio Villanueva..... E-Mail: eugenio@iai.csic.es

Becarios y contratados

Contratados I3P posdoctorales:

5. Dr:....Leandro González..... E-Mail: leandrog@iai.csic.es

Otros becarios y contratados:

6. Gonzalo García Lamperez E-mail: lamperez@iai.csic.es
7. Ldo..Miguel Angel Rubio.... E-Mail: marubio@iai.csic.es
8. Ing..Wilton Agila Galvez..... E-Mail: w_agila@iai.csic.es
9. Emilio Cotillas

Denominación del Grupo:

Sensores y Microsistemas

Instituto al que pertenece:

Instituto de Microelectrónica de Barcelona (IMB-CNM)
Universidad Autónoma, 08193 Bellaterra (BARCELONA)
Telef: (93)-5802625 Fax: (93)-5801496

Responsable:

Carles Cané

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª:Automatización, sensorización.

Títulos de las acciones que lleva a cabo dentro de la Red:

1º: Microsensores de gases para la monitorización de pilas
2ª Evaluación de sensores de flujo para la detección de hidrógeno

Relación del personal

Personal Funcionario

Investigadores Científicos:

10. Dr:Carles Cané. Ballart..... E-Mail: Carles.Cane@cnm.es

Científicos Titulares:

11. Dr: Isabel Gràcia Tortadès..... E-Mail: Isabel.Gracia@cnm.es
12. Dr..Luis Fonseca.Chacharo..... E-Mail: Luis.Fonseca@cnm.es
13. Dr. Eduard. Figueras.. Costa.....E.Mail: Eduard.Figueras@cnm.es

Personal de apoyo:

14. Dr:..Joaquín Santander. Vallejo.... E-Mail: Joaquin.Santander@cnm.es

Becarios y contratados

Otros becarios y contratados:

15. Sra: Neus Sabaté Vizcarra..... E-Mail: Neus.Sabate@cnm.es
16. Sra: Marta Morata Cariñena..... E-Mail: Marta.Morata@cnm.es
17. Sra. Mª.Jesús López.....E.mail: MJLopez@cnm.es

Denominación del Grupo:

Energías alternativas.

Instituto al que pertenece:

Instituto de Tecnología Química (ITQ)
CSIC-Universidad de Valencia
Avda. de los Naranjos s/n, 46022 (VALENCIA)
Telef: (96)-3877800 Fax: (96)-3877809

Responsable:

Dr. Francisco Vicente Melo Faus.

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Automatización, fluidodinámica y sensorización de pilas de combustible
2ª:Almacenamiento y generación del vector energético.

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red

1º: Adaptación del modelo de simulación desarrollado para PCCF a otros tipos de pilas..

2ª: Estudio de la reacción de reformado con vapor de nafta: desarrollo de nuevos catalizadores, estudio cinético, optimización de condiciones de operación, etc.

18. Relación del personal

Personal Funcionario

Investigadores Científicos:

19. Dr: Francisco Vicente Melo Faus..... E-Mail: fmelo@itq.upv.es

Becarios y contratados

Becarios I3P predoctorales:

20. Sr:...Natalia Morlanés.Sánchez..... E-Mail: namorlan@itq.upv.es

---

Denominación del Grupo:

Fluidodinámica de Pilas de Combustible Poliméricas.....

Instituto al que pertenece:

Laboratorio de Investigación en Tecnologías de la Combustión (LITEC)
CSIC-Diputación General de Aragón
c/María de Luna 3, 50015 (ZARAGOZA)
Telef: (976)-716304 Fax: (976)-761882

Responsable:

Dr. Félix Barreras Toledo..... E-Mail: felix@litec.csic.es

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Pilas de Combustibles Poliméricas.
2ª: Automatización, Sensorización, etc.

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º. Estudio numérico del comportamiento fluidodinámico de las pilas de combustibles poliméricas considerando flujo bifásico (gas/líquido) en los electrodos.

2ª: Visualización experimental del flujo de gas en las pilas de combustibles poliméricas.

Relación del personal

Personal Funcionario

Científicos Titulares:

21. Dr. Luis Valiño García..... E-Mail: valino@litec.csic.es
22. Dr. Antonio Lozano Fantoba..... E-Mail: alozano@litec.csic.es
23. Dr. Félix Barreras Toledo..... E-Mail: felix@litec.csic.es

Personal de apoyo:

24. Sr. Luis Ojeda..... E-Mail: lojeda@litec.csic.es

Becarios y contratados

Becarios I3P predoctorales:

25. Sr. Carlos Martín Hernández..... E-Mail: carlos@litec.csic.es

---

Denominación del Grupo

Laboratorio de Sensores

Instituto al que pertenece:

Instituto de Física Aplicada (IFA)
C/Serrano, 144, 28006 MADRID
Telef: (91)-5618806 Fax: (91)-4117651

Responsable:

Dr : Francisco Javier Gutierrez Monreal

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª:Automatización, Sensorización, etc.

Títulos de las acciones que lleva a cabo dentro de la Red:

1º:Desarrollo de sensores de hidrógeno basados en fibras ópticas

Relación del personal

Personal Funcionario

Investigadores Científicos:

26. Dr:.J.Gutierrez Monreal. E-Mail: javiergutierez@ifa.cetef.csic.es

Científicos Titulares:

27. Dr Mª Carmen Horrillo: E-Mail: carmenhorrillo@ifa.cetef.csic.es
28. Dr.Isabel Sayago. E-Mail: sayago@ifa.cetef.csic.es

Becarios y contratados

Otros becarios y contratados:

29. D Manuel Aleixandre:..... E-Mail: manuel@ifa.cetef.csic.es

---

Denominación del Grupo:

Electroquímica de Sólidos y Superficies

Instituto al que pertenece:

Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV)
Camino de Valdelatas s/n. Campus de CANTOBLANCO, 28049 Madrid
Tlf: 91 735 58 40 , Fax: 91 735 58 43

Responsable:

Dr.Carlos Moure Jiménez.

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Área 2, Pilas de Combustible de Óxido Sólido...

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º: Dispositivos multicapa heteroestructurales para pilas de combustible de óxido sólido de temperaturas intermedias (600º-800ºC)..

Relación del personal

Personal Funcionario

Profesores de Investigación:

30. Dr. Pedro Durán Botía E-Mail: pduran@icv.csic.es
31. Dr. Carlos Moure Jiménez E-Mail: cmoure@icv.csic.es

Científicos Titulares:

32. Dr.Jesús Tartaj Salvador. E-Mail: jtartaj@icv.csic.es
33. Dr.Francisco Capel del Águila. E-Mail: fcapel@icv.csic.es

Personal de apoyo:

34. Sr:Francisco Almendros Martínez. E-Mail:

Denominación del grupo:

Estructura y Actividad de Catalizadores

Instituto al que pertenece:

Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (ICP)
Universidad Autónoma, 28049 Cantoblanco (MADRID)
Telef.: (91)-5854800 Fax: (91)-5854760

Responsables:

1. Dr José Luis García Fierro
2. Dr. Miguel A. Peña

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Pilas de combustible poliméricas
2ª: Almacenamiento y generación del vector energético
3ª: Pilas de óxido sólido

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º: Desarrollo de electro catalizadores para pilas de combustible de metanol directo
2ª: Electrolito sólido de elevada temperatura
3ª: Producción de hidrógeno por oxidación parcial de alcoholes
4ª: Producción de hidrógeno por reformado de hidrocarburos de cadena larga
5ª: Producción de hidrógeno por reformado de gas natural (colaboración con C. Moure)
6ª: Producción de hidrógeno por fotodisociación de agua (colaboración don Albert Figueras)

Relación del personal

Personal Funcionario

Profesores de Investigación:

35. Dr. José Luis García Fierro (jlgfierro@icp.csic.es)

Científicos Titulares:

36. Dr. Miguel A. Peña (mapena@icp.csic.es)
37. Dr. Pilar Terreros Ceballos (pterreros@icp.csic.es)

Becarios y contratados

Becarios I3P predoctorales:

38. Sr José Luis Gómez de la Fuente (gofuen@icp.csic.es)

Contratados I3P posdoctorales:

39. Dr. Rufino Navarro Yerga (r.navarro@icp.csic.es)
40. Dr María Victoria Martínez Huerta (mmartinez@icp.csic.es)
41. Dr. Sergio Rojas Muñoz (srojas@icp.csic.es)

Otros becarios y contratados:

42. Dr Rut Guil López (rut.guil@icp.csic.es)

Denominación del Grupo:

Vidrios y Recubrimientos vítreos

Instituto al que pertenece:

Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV)
Camino de Valdelatas s/n. Campus de CANTOBLANCO, 28049 Madrid
Tlf: 91 735 58 40 , Fax: 91 735 58 43

Responsable:

Dra. Alicia Durán

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª Pilas de combustible de óxido sólido (SOFC)
2ª Pilas de combustible de intercambio protónico (PEMFC)

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º: Sellos vítreos y vitrocerámicos para SOFC
2ª: Preparación de membranas híbridas para PEMFC operativas hasta 200ºC por el método sol-gel

Relación del personal

Personal Funcionario

Investigadores Científicos:

43. Dra. Alicia Durán Carrera E-Mail: aduran@icv.csic.es

Personal de apoyo:

44. Sr:....Juan Vargas ..... E-Mail: vargas@icv.csic.es
45. Sr....Fernando Agua..... E-Mail: agua@icv.csic.es

Becarios y contratados

Contratados I3P posdoctorales:

46. Dra: María Jesús Pascual Francisco.. E-Mail: mpascual@icv.csic.es
47. Dr. Mario Aparicio Ambrós..... E-Mail: maparicio@icv.csic.es

Otros becarios y contratados:

48. Carlos Lara López (beca MCYT) E-Mail: lopez@icv.csic.es

Denominación del Grupo:

Materiales cerámicos y vítreos para aplicaciones energéticas y medioambientales

Instituto al que pertenece:

Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV)
Camino de Valdelatas s/n. Campus de CANTOBLANCO, 28049 Madrid
Tlf: 91 735 58 40 , Fax: 91 735 58 43

Responsable:

José Ramón Jurado Egea

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Pilas de combustible poliméricas
2ª:Pilas de Óxidos Sólidos.

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º: Electrocatalizadores para ánodos y cátodos para PEMFCs y DMFCs.
2ª: Preparación de tintas y fabricación de ensamblajes electrodos-membranas (PEMFC y DMFC).
3º: Preparación de membranas híbridas orgánica-inorgánica (PEMFC y DMFC).....
4º: Preparación y desarrollo de materiales cerámicos y cermets para electrodos y electrolitos para pilas de combustible protónicas de alta temperatura (SOFC-HTSPFC).

Relación del personal

Personal Funcionario

Profesores de Investigación:

49. Dr: José Ramón Jurado Egea..... E-Mail: jrjurado@icv.csic.es

Becarios y contratados

Otros becarios y contratados:

50. Dr: Glenn Mather. E-Mail: mather@icv.csic.es
51. Dra. Eva Chinarro Martín. E-Mail: martin@icv.csic.es
52. Sra. Berta Moreno Burriel. E-Mail: berta@icv.csic.es
53. Sra. Rosa Navidad Bravo. E-Mail: rosa@icv.csic.es
54. Sr. Sergio Gallini E-Mail: gallini@icv.csic.es, (parcialmente con Dra. Mª Teresa Colomer)
55. Sra. Miriam Carrasco E-Mail: carrasco@icv.csic.es, (parcialmente con Dra. Mª Teresa Colomer)
56. Sra. Mª del Carmen Fernández, (parcialmente con Dra. Mª Teresa Colomer)

Denominación del Grupo:

Materiales Cerámicos y Vítreos para Aplicaciones Energéticas y Medioambientales.

Instituto al que pertenece:

Instituto de Cerámica y Vidrio (ICV)
Camino de Valdelatas s/n. Campus de CANTOBLANCO, 28049 Madrid
Tlf: 91 735 58 40 , Fax: 91 735 58 43

Responsable: Dr. Maite Colomer Bas.

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Pilas de Combustible de Intercambio Protónico.
2ª:..Pilas de Combustible de óxidos Sólidos.

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:
1. Síntesis y Caracterización de Membranas Cerámicas Micro y Mesoporosas para Pilas de Combustible de Intercambio Protónico (PEMFCs) y DMFCs
2. Estudio de Conductores Protónicos Cerámicos como Electrolitos Sólidos en Pilas de Combustible de Oxidos Sólidos

Relación del personal

Personal Funcionario

Científicos Titulares:

57. Dr:.María Teresa Colomer Bas..... E-Mail: tcolomer@icv.csic.es

Becarios y contratados

Otros becarios y contratados:

58. Eva Chinarro Martín.....E-mail: martin@icv.csic.es
59. Sergio Gallini.....E-mail: gallini@icv.csic.es
60. Miriam Carrasco Mohíno.....E-mail: carrasco@icv.csic.es

Denominación del Grupo:

Materiales para SOFC mediante procesado láser

Instituto al que pertenece:

Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA)
Pl. de San Francisco s/n, Facultad de Ciencias (Universidad de Zaragoza), 50009 (ZARAGOZA)
Telef: (976)-552528 Fax: (976)-761229

Responsable:

Dr..Victor M. Orera.

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Óxido solidos (SOFC).

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º:.Procesado y caracterización de electrodos y electrolitos mediante láser
2ª:Fabricación de ánodos Co y Ni-YSZ microestructurados mediante procesado láser

Relación del personal

Personal Funcionario

Profesores de Investigación:

61. Dr:..Victor M. Orera..... E-Mail: orera@unizar.es

Científicos Titulares:

62. Dr:R.I. Merino..... E-Mail: rmerino@unizar.es
63. Dr.A. Larrea..... E-Mail: alarrea@unizar.es

Becarios y contratados

Becarios I3P predoctorales:

64. Sr:.M. A. Laguna-Bercero..... E-Mail: malaguna@unizar.es

Denominación del Grupo:

Caracterización de componentes: Raman.

Instituto al que pertenece:

Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA)
Pl. de San Francisco s/n, Facultad de Ciencias (Universidad de Zaragoza), 50009 (ZARAGOZA)
Telef: (976)-552528 Fax: (976)-761229

Responsable:

Dr. María Luisa Sanjuán

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Pilas de óxido sólido (SOFC)
2ª: Súpercondensadores.

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º: Caracterización de materiales para supercondensadores
2º: Caracterización de materiales para de combustible de óxido sólido.

Relación del personal

Personal Funcionario

Científicos Titulares:

65. Dr.:..María Luisa Sanjuán..... E-Mail: sanjuan@unizar.es

Otros becarios y contratados:

66. Dr.:.María Ángeles Laguna..... E-Mail: mari@unizar.es

Denominación del Grupo:

Superficies, intercaras y láminas delgadas

Instituto al que pertenece:

Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS)
Américo Vespucio s/n, Isla de la Cartuja, 41012 (SEVILLA)
Telef: (95)-4489527 Fax: (95)-4460665

Responsable:

Dr. Francisco Yubero Valencia

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Pilas de combustible de óxido sólido

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º: Preparación y caracterización de óxidos en forma de capa fina con aplicaciones en pilas de combustible

Relación del personal

Personal Funcionario

Profesores de Investigación:

67. Dr: Agustín R. González-Elipe E-Mail: agustin@cica.es

Investigadores Científicos:

68. Dr: Juan Pedro Espinós Manzorro E-Mail: jpedro@cica.es

Científicos Titulares:

69. Dr: Francisco Yubero Valencia E-Mail: yubero@icmse.csic.es

Contratados I3P posdoctorales:

70. Dr. Juan Pedro Holgado Vázquez E-Mail: holgado@cica.es

Otros becarios y contratados:

71. Sta. Catalina Mansilla E-Mail: catina@icmse.csic.es
72. Sr. José Luis Hueso..... E-Mail: hueso@icmse.csic.es

Denominación del Grupo:

Laboratorio de Crecimiento cristalino

Instituto al que pertenece:

Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB)
Campus Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Cerdanyola del Valles (BARCELONA)
Telef: (93)-5801853 Fax: (93)-5805729

Responsable:

Dr. Albert Figueras

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Pilas de combustible de óxidos sólidos
2ª: Almacenamiento y generación del vector energético (condicional)

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º: Dispositivos multicapa heteroestructurales para pilas de combustible de óxido sólido de temperaturas intermedias (600º-800ºC)
2ª: Generación de hidrógeno a partir de agua (condicional)..

Relación del personal

Personal Funcionario

Investigadores Científicos:

73. Dr:...Albert Figueras..... E-Mail: albert.figueras@icmab.es

Científicos Titulares:

74. Dr:.....José Santiso ..... E-Mail: santiso@icmab.es

Becarios y contratados

Contratados I3P posdoctorales:

75. Dr:...José Angel Pardo..... E-Mail: japardo@icmab.es

Otros becarios y contratados:

76. Dr:....Gemma Garcia ..... E-Mail: gemma@icmab.es
77. Sr.....Isaac Justicia Antó..... E-Mail: isaac@icmab.es
78. Sra. Cecilia Solís E-Mail: csolis@icmab.es
79. Sra. Mónica Burriel E-Mail: mburriel@icmab.es

Denominación del Grupo:

Electroquímica de Estado Sólido

Instituto al que pertenece:

Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB)
Campus Universidad Autónoma de Barcelona, 08193 Cerdanyola del Valles (BARCELONA)
Telef: (93)-5801853 Fax: (93)-5805729

Responsable:

Dr. Pedro Gómez Romero

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:
1ª: SOFC
2ª: PEM FC

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º: Materiales para SOFC.de temperatura reducida basados en Ceria y Circona.

2ª: Membranas poliméricas e híbridas basadas en polibencimidazoles para pilas PEM..

Relación del personal

Personal Funcionario

Investigadores Científicos:

80. Dr: Pedro Gómez Romero . E-Mail: pedro@icmab.es
81. Dr. Nieves Casañ Pastor..... E-Mail: nieves@icmab.es

Becarios y contratados

Becarios I3P predoctorales:

82. Sr: Belén Ballesteros Pérez ... . E-Mail: ballesteros@icmab.es

Contratados I3P posdoctorales:

83. Dr: Mónica Lira Cantú .. E-Mail: monica.lira@icmab.es

Otros becarios y contratados:

84. Dr: David Muñoz Rojas .. E-Mail: dmrojas@icmab.es
85. Dr. Karina Cuentas Gallegos ..... E-Mail: karina@icmab.es

---

Denominación del Grupo:

Materiales compuestos y electro activos

Instituto al que pertenece

Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (ICTP)
Juan -de la Cierva 3, 28006 (MADRID)
Telef: (91)-5622900 Fax: (91)-5644853

Responsable:

Dr. José Luis Acosta Luque

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: .Pilas de combustible poliméricas.

2ª:Súpercondensadores.

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º:..Membranas de elevada conducción protónica
2ª:..Placas bipolares
3º: .Sellos poliméricos
4º:..Súpercondensadores poliméricos

Relación del personal

Personal Funcionario

Profesores de Investigación:

86. Dr. José Luis Acosta Luque. E-Mail: acosta@ictp.csic.es

Investigadores Científicos:

87. Dr. Luis González Hernández E-Mail: lgonzalez@ictp.csic.es

Científicos Titulares:

88. Dra: Amelia Linares Dos Santos. E-Mail: ictl316@ictp.csic.es
89. Dr. Enrique Morales. E-Mail: emorales@ictp.csic.es
90. Andrés Rodríguez E-mail andresro@ictp.csic.es

Personal de apoyo:

91. Sra:.Carmen Ojeda E-Mail: icto315@ictp.csic.es

Becarios y contratados

Becarios I3P predoctorales:

92. Srta: Ana Nacher E-Mail: anacher@ictp.csic.es
93. Srta. Pilar García Escribano E-Mail: pigaes@hotmail.com

Contratados I3P posdoctorales:

94. Dra: Carmen del Rio Bueno E-Mail: ictr312@ictp.csic.es

Denominación del Grupo:

Catalizadores catódicos

Instituto al que pertenece:

Instituto de Química Orgánica General (IQOG)
c/Juan de la Cierva 3, 28006 (MADRID)
Telef: (91)-5622900 Fax: (91)-5644853

Responsable:

Dr. Félix Sánchez Alonso

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª Pilas de combustible poliméricas

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º. Nuevos materiales catódicos para células de combustible a baja temperatura basados en mono y bis-metaloporfirinas y metaloptalocianinas heterogeneizadas sobre polímeros y óxidos inorgánicos.
2ª. Desarrollo de sistemas poliméricos organo-inorgánico de elevada conducción protónica como membranas para pilas de combustible poliméricas.

Relación del personal

Personal Funcionario

Investigadores Científicos:

95. Dr: Félix Sánchez Alonso E-Mail: felix-iqo@iqog.csic.es
96. Dra. Marta Iglesias Hernández E-Mail: marta.iglesias@icmm.csic.es

Científicos Titulares:

97. Dr: M. Carmen Paredes García E-Mail: iqop316@iqog.csic.es

Personal de apoyo:

98. Sr: José Antonio Esteban Perales

Becarios y contratados

Contratados I3P posdoctorales:

99. Dr: Araceli Fuerte Ruiz E-Mail: afr@pc152.icp.uam.es

Denominación del Grupo:

Sólidos Iónicos (Grupo de RMN)

Instituto al que pertenece:

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)
Cantoblanco, 28049 (MADRID)
Telef: (91)-3349000 Fax: (91)-3720623

Responsable:

Dr. Jesus Sanz.

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Pilas de combustible poliméricas
2ª:.Súpercondensadores.

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º: Caracterización de Materiales Componentes con RMN (Pilas de Combustible Poliméricas)
2ª:. Caracterización de Materiales de Electrodo con RMN (Supercondensadores)

Relación del personal

Personal Funcionario

Profesores de Investigación:

100. Dr:...J. Sanz.... E-Mail: jsanz@icmm.csic.es

Personal de apoyo:

101. Dr:.I. Sobrados de la Plaza . E-Mail: isobrado@icmm.csic.es

---

Denominación del Grupo:

BIOELECTROCATALISIS

Instituto al que pertenece:

Instituto de Catálisis y Petroleoquímica (ICP)
Universidad Autónoma, 28049 Cantoblanco (MADRID)
Telef: (91)-5854800 Fax: (91)-5854760

Responsable:

Dr Victor M. Fernandez

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Pilas de Combustible Poliméricas

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º:.Desarrollo de electrodos enzimáticos para biopilas

Relación del personal

Personal Funcionario

Profesores de Investigación:

102. Dr: Victor M Fernández E-Mail: vmfernandez@icp.csic.es

Científicos Titulares:

103. Dr: Antonio Lopez de Lacey E-Mail: alopez@icp.csic.es

Otros becarios y contratados:

104. Dr: Jose Maria Abad Pastor E-Mail: jmabad@icp.csic.es
105. Alejandro Pardo Honrubia,

Denominación del Grupo:

Grupo de Nanoestructuras de Carbono y Nanotecnología

Instituto al que pertenece

Instituto de Carboquímica (ICB)
c/Marfía de Luna 12, 50015 (ZARAGOZA)
Telef: (976)-733977 Fax: (976)-733318

Responsable: Dr.. Mª Teresa Martínez.

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: Vector energético.
2ª: Súpercondensadores

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º: Almacenamiento de hidrógeno en nanotubos de carbono...
2ª: Modificación de nanotubos de carbono para su utilización en electrodos de súpercondensadores..

Relación del personal

Personal Funcionario

Investigadores Científicos:

106. Dr:..Mª Teresa Martínez E-Mail: mtmartinez@carbon.icb.csic.es

Científicos Titulares:

107. Dr...Ana Mª Benito. E-Mail: abenito@carbon.icb.csic.es
108. Dr. Wolfgang Maser..E-Mail: wmaser@carbon,icb,csic.es

.

Becarios y contratados

Becarios I3P predoctorales:

109. Sr: Alejandro Ansón E-Mail: alanson@carbon.icb.csic.es

Contratados I3P posdoctorales:

110. Dr: Alicia Callejas.. E-Mail: acalleja@carbon.icb.csic.es

Otros becarios y contratados:

111. Dr: Eva Terrado.. E-Mail: evaterrado@hotmail.com
112. Dr. Esperanza Lafuente..... E-Mail: esperanzalah@yahoo.es

Denominación del Grupo:

Sólidos iónicos

Instituto al que pertenece:

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)
Cantoblanco, 28049 (MADRID)
Telef: (91)-3349000 Fax: (91)-3720623

Responsable:

Dr. José María Rojo Martín

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª Súpercondensadores

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º: Desarrollo de supercondensadores basados en óxido de rutenio soportado sobre otros óxidos y carbones.

Relación del personal

Personal Funcionario

Investigadores Científicos:

113. Dr:.José María Rojo.. E-Mail: jmrojo@icmm.csic.es

Científicos Titulares:

114. Dr:. Rosa María Rojas.. E-Mail: rmrojas@icmm.csic.es
115. Dr. José Manuel Amarilla... E-Mail: amarilla@icmm.csic.es

Becarios y contratados

Becarios I3P predoctorales:

116. Sr:.Fernando Picó... E-Mail: fpico@icmm.csic.es

Denominación del Grupo:

Grupo de Materiales Compuestos.

Instituto al que pertenece:

Instituto Nacional del Carbón (INCAR)
c/La Corredoría s/n, 33080 (OVIEDO)
Telef: (98)-5280800 Fax: (98)-5297662

Responsable:

Dr...Rosa Menéndez.

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1ª: .Supercondensadores.

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º:Preparación de fibras de carbono para su uso en electrodos de supercondensadores (AC5.3)

2º.Preparación de materiales de carbono granulares para su uso como electrodos de supercondensadores (AC5.3b)

Relación del personal

Personal Funcionario

Profesores de Investigación:

117. Dr:.Rosa Menéndez.... E-Mail: rosmenen@incar.csic.es

Científicos Titulares:

118. Dr:.Ricardo Santamaría..... E-Mail: riqui@incar.csic.es
119. Dr..Clara Blanco ..... E-Mail: clara@incar.csic.es

Becarios y contratados

Becarios I3P predoctorales:

120. Sr:.Elena Mora.... E-Mail: elena@incar.csic.es

Denominación del Grupo:

Materiales porosos funcionales.

Instituto al que pertenece:

Instituto Nacional del Carbón (INCAR)
c/La Corredoría s/n, 33080 (OVIEDO)
Telef: (98)-5280800 Fax: (98)-5297662

Responsable:

Dr. Antonio Benito Fuertes Arias

Áreas de la Red de pilas de combustible del CSIC al que está adscrito el grupo:

1º Supercondensadores

Títulos de las líneas de actuación que lleva a cabo dentro de la Red:

1º:Materiales de carbono mesoporosos para su uso en electrodos de supercondensadores.

Relación del personal

Personal Funcionario

Investigadores Científicos:

121. Dr. Antonio B Fuertes. E-Mail: abefu@incar.csic.es

Científicos Titulares:

122. Dr. Teresa Alvarez Centeno E-Mail: teresa@incar.csic.es
123. Dr. Gregorio Marban Calzón. E-Mail: greca@incar.csic.es

Becarios y contratados

Otros becarios y contratados:

124. Dr: Sonia Alvarez..... E-Mail: sonia_alvarez@incar.csic.es

Fichas actualizadas de la Universidad

Supervisores de área:

Área 1: Automatización, fluido dinámica y sensorización de pilas de combustible. Lisardo Fort (ITE).
Área 2: Pilas de combustible de óxido sólidos: Susana García (UCM).
Área 3: Pilas de combustible poliméricas. Antonio Aldaz Riera (U. Alicante)
Área 4: Almacenamiento y generación del vector energético. Pedro Luis Arias Ergueta. (U. País Vasco)).
Área 5: Baterías avanzadas y súpercondensadores. Miguel Bengoechea (CIDETEC).

Denominación del Grupo o Departamento:

Laboratorio de Química del Estado Sólido / Departamento de Química Inorgánica.

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Complutense. Ciudad Universitaria, 28040 Madrid.

Responsable:

Dr...Miguel Ángel Alario y Franco..(maaf@quim.ucm.es)
Dr. Susana garcía Martín (sgmartin@quim.ucm.es)

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... ...
2ª: Pilas de óxido sólido..... .x..
3ª: Baterías avanzadas ....x.
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... ...
5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... ...
6ª: Otras..... ...

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

Relación del personal integrante

Personal Funcionario

Catedráticos:

1. Dr:.....Miguel Ángel Alario y Franco. .(maaf@quim.ucm.es)
2. Dr..Emilio Morán Míguelés emoran@quim.ucm.es

Profesores Titulares:

3. Dra. Susana garcía Martín sgmartin@quim.ucm.es

Becarios y contratados

Predoctorales:

4. Sr:..Andrés Tarín. E-Mail:

Posdoctorales:

5. Dr:..Myriam H. Aguirre. E-Mail: aguirrem@quim.ucm.es

Denominación del Grupo o Departamento:

Instituto de Electroquímica. Departamento de Química Física

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante. Apdo Correos 99. 03080 Alicante.

Responsable:

Dr. Antonio Aldaz Riera..... E-mail: aldaz@ua.es

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... ..X.
2ª: Pilas de óxido sólido..... ...
3ª: Baterías avanzadas ....
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... .X..
5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... X...
6ª: Otras Electrocatálisis ....

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

1º:.Electrocatálisis: Desarrollo de electrodos nanoparticulados para la formación y oxidación de hidrógeno..
2ª:.Electrocatalísis de la reacción de oxidación del metanol. Nanpartículas y monocristales.
3º:.Desarrollo de electrodos de difusión y SPE.....
4º:.Modelización del flujo en pilas de combustible....
5° Métodos espectroscópicos en electrocatalisis de pilas de combustible

Relación del personal integrante

Personal Funcionario

Catedráticos:

6. Dr:.Antonio Aldaz Riera..... E-Mail: aldaz@ua.es
7. Dr..Juan..Feliu Martinez..... E-Mail: Juan.Feliu@ua.es
8. Dr. Juan M. Pérez Martínez E-Mail jmpm@ua.es

Profesores Titulares:

9. Dr:.Vicente Montiel Leguey.... E-Mail: Vicente.Montiel@ua.es
10. Dr.Antonio Rodes García..... E-Mail: Antonio.Rodes@ua.es
11. Dr. José Orts Mateo E-Mail Jose.Orts@ua.es
12. Dr. Roberto Gómez Torregrosa E-Mail Roberto.Gómez@ua.es
7 Dr. Enrique Herrero Rodríguez E-Mail Herrero@ua.es
8 José Gongález García E-Mail Jose.González@ua.es

Becarios y contratados

Predoctorales:

13. Sr:.Angel Frias Ferrer..... E-Mail: angel.frias@ua.es
14. Sr..Carlos Sánchez Sanchez..... E-Mail: carlos.sanchez@ua.es
12 Sra Veronica Saez Bernal E-Mail Veronica.saez@ua.es
13. Francisco J. Vidal Iglesias E-mail FJ.Vidal@ua.es

Posdoctorales:

15. Dr:.Jose Solla Gullón..... E-Mail: Jose.Solla@ua.es

Denominación del Grupo o Departamento:

Laboratorio de química industrial e ingeniería electroquímica. Dpto. ingeniería química y del medio ambiente.

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Universidad del País Vasco, ESCUELA Universitaria politécnica, Plaza Europa 1, 200218 San Sebastián. España.

Responsable:

Dr. ANGEL RODRÍGUEZ PIERNA E-mail: IAPROPIA @SP.EHU.ES

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... ...
2ª: Pilas de óxido sólido..... .X
3ª: Baterías avanzadas ....
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... .X.
5ª: Automatización, fluido-dinámica, sensorización..... ...
6ª: Otras.....NUEVOS MATERIALES ANODICOS..... .X.

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

1º:ESTUDIO DE NUEVOS MATERIALE METALICOS AMORFOS(M.M.A.) ANODICOS, PARA PILAS DE COMBUSTIBLE.
2ª:ESTUDIOS DE TOLERANCIA AL CO DE M.M.A

Relación del personal integrante

Personal Funcionario

Catedráticos:

16. Dr: Angel Rodríguez Pierna E-Mail: IAPROPIA@SP.EHU.ES

Profesores Titulares:

17. Dr:Florencio Fernández Marzo E-Mail: IAPFEMAF@SP.EHU.ES
18. Lic. Beatriz Cartón García E-Mail: IAPCAGAB@SP.EHU.ES

Personal de apoyo:

19. Sr: Agustín Lorenzo Martín E-Mail: IAPLOMAA@SP.EHU.ES

20. Sra. Esther Chávez Amado E-Mail:
21. Sra. Tamara Carballo Blanco E-mail:
22. Sr. Fernando Estomba E-mail:
23. José Luis Yarza Sanz E-mail:

Becarios y contratados

Predoctorales:

24. Sra: Gemma Vara Salazar E-Mail: IQBVASAG@SP.EHU.ES
25. Sr. José Barranco Riveros E-Mail: POBBARIJ@SC.EHU.ES

Posdoctorales:

26. Dr: Miryam Sistiaga Guerra E-Mail: IAASIGUM@SP.EHU.ES
27. Dr. Ainhoa Altube Atorrasagasti E-Mail: iabalata@sp.ehu.es

---

Denominación del Grupo o Departamento:

Departamento de Energía

Centro y dirección a que pertenece

Fundación CIDETEC.

Paseo Miramón, 196
20009 San Sebastián

Responsable:

Dr Oscar Miguel Crespo ; E-mail: omiguel@CIDETEC.es

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... ☒
2ª: Pilas de óxido sólido..... ☒
3ª: Baterías avanzadas ..... ☒
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... ☒
5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... ☒
6ª: Otras....Supercondensadores..... ☒

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

Relación del personal integrante (contratado)

Dr. Oscar Miguel Crespo omiguel@CIDETEC.es
Dra. Ione Cendoia Urquijo icendoia@CIDETEC.es
Dr. Francisco Alcaide Monterrubio falcaide@CIDETEC.es
Ing. Ritxar Aizpurua de Miguel raizpurua@CIDETEC.es
Dr. Miguel Bengoechea mbengoechea@cidetec.es

Denominación del Grupo o Departamento:

Grupo de Ciencia de Superficies y Electrocatálisis

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Universidad de La Laguna, Facultad de Química, Departamento de Química Física. C/Astrofísico Francisco Sánchez s/n, 38071 La Laguna Tenerife.

Responsable:

Dra Elena M. Pastor Tejera E-mail: epastor@ull.es

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... X
2ª: Pilas de óxido sólido..... ...
3ª: Baterías avanzadas ....
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... ...
5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... ...
6ª: Otras..... ...

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

Relación del personal integrante

Personal Funcionario

Profesores Titulares:

28. Dr: Elena M. Pastor Tejera E-Mail: epastor@ull.es
29. Dr: José Luis Rodríguez Marrero E-Mail: jlrguez@ull.es
30. Dra: Mª Carmen Arévalo Morales E-Mail: carevalo@ull.es

31. Dr: Ricardo M. Souto Suárez E-Mail: rsouto@ull.es

Personal de apoyo:

32. Sr: Miguel Rojas Morales E-Mail:

Becarios y contratados

Predoctorales:

33. Sr: Gonzalo García Silvestro E-Mail: gonau111@yahoo.com.ar
34. Sr: Jorge A. Silva-Chong E-Mail: jorgsilv@netscape.net

Posdoctorales:

35. Dr: Gabriel Planes E-Mail: gplanes@exa.unrc.edu.ar

Denominación del Grupo o Departamento:

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS QUÍMICAS

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

UNIVERSIDAD SAN PABLO CEU,
FACULTAD DE CIENCIAS EXPERIMENTALES, URBANIZACIÓN MONTEPRINCIPE , 28668 BOADILLA DEL MONTE (MADRID)

Responsable:

Dr...FLAVIANO GARCÍA ALVARADO..... E-mail: flgaal@ceu.es

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... ...
2ª: Pilas de óxido sólido..... X
3ª: Baterías avanzadas X
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... ...
5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... ...
6ª: Otras.....(Electrodos híbridos) X

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

1º:.Desarrollo de nuevos electrodos para baterías recargables de litio....
2ª:.Desarrollo de nuevos conductores protónicos.....
3º: Membranas híbridas polímero -inorgánicas.....

Relación del personal integrante

Personal de plantilla

Profesores agregados. Universidad privada

36. Dr: FLAVIANO GARCIA ALVARADO... E-Mail: flgaal@ceu.es

Profesores adjuntos. Universidad privada:

37. Dr:.ULISES AMADOR ELIZONDO... E-Mail: uamador@ceu.es
38. Dr..ALOIS JUN ..... E-Mail: akuhn@ceu.es
39. Dra. M.TERESA AZCONDO..... E-Mail: mazcondo@ceu.es
40. Dra. M.PILAR ALONSO ..... E-Mail: marpial@ceu.es

Becarios y contratados

Predoctorales:

41. Sra: ALODIA ORERA UTRILLA.... E-Mail: alodia.fcex@ceu.es
42. Sra..PILAR DIAZ CARRASCO.. E-Mail: pcarrasco.fcex@ceu.es
43. Sra. NOELIA GARCIA AGUIRRE E-mail: noegar@ceu.es

Posdoctorales y Ramón y Cajal:

44. Dra. M.ELENA ARROYO ..... E-Mail: arroyo@mit.edu

Denominación del Grupo o Departamento:

Sistemas Avanzados de Control de Sistemas Energéticos

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Instituto de Robótica e informática industrial.
U. Politécnica de Cataluña
Consejo Superior de Investigaciones Científicas

Responsable:

Dr Jordi Riera i Colomer E-mail: riera@iri.upc.es

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... X.
2ª: Pilas de óxido sólido..... .X.
3ª: Baterías avanzadas ....
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... ...
5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... .X.
6ª: Otras..... ...

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

1º: Presentación de las actividades en PC y objetivos del grupo a los demás componentes de la red
2ª: Conocer las actividades que realizan los otros componentes de la red
3º: Proponer, de común acuerdo con otros miembros, posibles proyectos conjuntos (CICYT, europeos,…)
4º: Otras acciones podrán definirse después de la reunión de lanzamiento

Relación del personal integrante

Personal Funcionario

Científicos y Profesores Titulares:

45. Dr: Jordi Riera i Colomer E-Mail: riera@iri.upc.es
46. Dr Robert Griñó Cubero E-Mail: grino@ioc.upc.es

Personal de apoyo:

47. Sr: Miguel Allué. E-Mail: mallue@iri.upc.es

Personal contratado y Becarios

Personal contratado Ramon y Cajal:

48. Dra: Maria Serra i Prat E-Mail: maserra@iri.upc.es

Becarios Predoctorales:

49. Sr: Mauricio Primucci E-Mail: primucci@iri.upc.es

Denominación del Grupo o Departamento:

Tecnologías Químicas para la Sostenibilidad Ambiental / Dpto. Ingeniería Química

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea
Facultad de Ciencia y Tecnología
Apdo. 644, 48080-Bilbao

Responsable:

Dr. Juan Ramón González Velasco e-mail: iqpgovej@lg.ehu.es

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas X
2ª: Pilas de óxido sólido ....
3ª: Baterías avanzadas ....
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... X
5ª: Automatización, fluido-dinámica, sensorización ....
6ª: Otras ....

Títulos de las acciones que se pretende o se pueden llevar a cabo dentro de la Red:

1º: Purificación del hidrógeno: oxidación selectiva del monóxido de carbono.

Relación del personal participante

50. Dr. Miguel A. Gutiérrez Ortiz, e-mail: iqpguorm@lg.ehu.es
51. Dra. M. Pilar González Marcos, e-mail: iqpgomam@lg.ehu.es
52. Dr. José Luis Ayastuy Arizti, e-mail: iqpayarj@lg.ehu.es

Denominación del Grupo o Departamento:

CENTRO DE DISEÑO Y OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS Y MATERIALES (DIOPMA).

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Unidad de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica
Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia.
Facultad de Química.
Universidad de Barcelona.
Martí i Franquès, 1.
08028 - Barcelona.

Responsable:

Dra Mercè Segarra Rubí..... E-mail: segarra@material.qui.ub.es

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... [...]
2ª: Pilas de óxido sólido..... [.X.]
3ª: Baterías avanzadas ..... [...]
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... [...]
5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... [...]
6ª: Otras..... [...]

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

1º: Síntesis y caracterización de electrolitos para IT-SOFC.
2ª: Síntesis y caracterización de cátodos para IT-SOFC.
3º: Fabricación y ensayo de IT-SOFC.
4º: Estudio de la relación estructura-propiedades en los compuestos anteriores.

Relación del personal integrante

Personal Funcionario

Catedráticos:

53. Dr. Fernando Espiell Alvarez. E-Mail: espiell@material.qui.ub.es

Profesores Titulares:

54. Dra. Mercè Segarra Rubí. E-Mail: segarra@material.qui.ub.es

Becarios y contratados

Profesores Asociados:

55. Dr. Josep Ma. Chimenos Ribera

E-Mail: chimenos@material.qui.ub.es

56. Dra. Ana Inés Fernández Renna.
    E-mail: frenna@material.qui.ub.es

Posdoctorales:

57. Dr. Miguel Angel Fernández López.
    E-Mail: mafl@material.qui.ub.es
58. Dr. David Gonzalo Sanz.

Predoctorales:

59. Sr. Xavier García Capdevila.
    E-Mail: capdevila@material.qui.ub.es
60. Sra: Anna Magrasó Solà. E-Mail: amagraso@material.qui.ub.es
61. Sra. Mónica Martínez.
62. Sra. Elena Xuriguera Martín.
    E-mail: xuriguera@material.qui.ub.es.
63. Sr. Jordi Díaz

Personal de apoyo:

64. Sra. Carmen Navas Lara. E-Mail: cnavas@fbg.ub.es
65. Sra. Montse Vizcaíno

Denominación del Grupo o Departamento:

.Materiales Catalíticos - Departamento de Química Inorgánica

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Universidad de Barcelona, Facultad de Química, C/ Martí i Franqués, 1-11, 08028 Barcelona

Responsable:

Dr. Narcís Homs Martí - Pilar Ramírez de la Piscina Millán
E-mail: narcis.homs@qi.ub.es ; pilar.piscina@qi.ub.es

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... ...
2ª: Pilas de óxido sólido..... ...
3ª: Baterías avanzadas ....
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... .X

5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... ...
6ª: Otras..... ...

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

1º: producción alternativa de hidrógeno: el uso de biomasa.
2ª: catalizadores para el reformado de etanol.
3º: catalizadores para el reformado autotérmico de etanol.

Relación del personal integrante

Personal Funcionario

Catedráticos:

66. Dr:...Narcís Homs Martí.. E-Mail: narcis.homs@qi.ub.es

Profesores Titulares:

67. Dra.: Pilar Ramírez de la Piscina Millán
E-Mail: pilar.piscina@qi.ub.es

Denominación del Grupo o Departamento:

INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

INSTITUTO DE TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
Avenida Juan de la Cierva, 24.
Parque Tecnológico de Valencia
46980 Paterna (Valencia)

Responsable:

Lisardo Fort Alarcón..... E-mail: lisardo.font@itenergia.com

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... .X.
2ª: Pilas de óxido sólido..... .X.

3ª: Baterías avanzadas ....
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... .X.
5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... .X.
6ª: Otras..... ...

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

1º:Participación en proyectos de I+D
2ª:Formación en pilas de combustible
3º:Difusión de resultados

Relación del personal integrante

Denominación del Grupo o Departamento:

Grupo de Energías Renovables (subgrupo Hidrógeno)

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Universidad Pública de Navarra

Responsable:

Dr. Pedro Mª Diéguez Elizondo pmde@unavarra.es

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... ...
2ª: Pilas de óxido sólido..... ...
3ª: Baterías avanzadas ....
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... SÍ
5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... ...
6ª: Otras..... ...

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

1º: Obtención de Hidrógeno en aerogeneradores eólicos

Relación del personal integrante

Personal Funcionario

Profesores Titulares:

Dr. Pedro Mª Diéguez Elizondo pmde@unavarra.es
Dr. Luis Marroyo Palomo luisma@unavarra.es
Dr. Luis Gandía Pascual lgandia@unavarra.es
Dr. Pablo Sanchis Gurpide pablo.sanchis@unavarra.es

Personal de apoyo:

68. Sr:Alfredo Ursua Rubio alfredo.ursua@unavarra.es
Dpto. I+D de la empresa Energía Hidroeléctrica de Navarra

Denominación del Grupo o Departamento:

Laboratorio de Ciencia y Tecnología de Combustibles

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Departamento de Ingeniería Química y Tecnologías del Medio Ambiente
Escuela Superior de Ingenieros de Bilbao (Universidad del País Vasco)
Alameda Urquijo s/n
48013 BILBAO

Responsable:

Dr Pedro Luis Arias Ergueta E-mail: iaparerp@bi.ehu.es

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... ...
2ª: Pilas de óxido sólido..... .X
3ª: Baterías avanzadas ....
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... .X
5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... ...
6ª: Otras..... ...

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

Relación del personal integrante

Personal Funcionario

Catedráticos:

69. Dr: Pedro Luis Arias Ergueta E-Mail: iaparerp@bi.ehu.es
70. Dr: José F. Cambra Ibáñez E-Mail: iapcaibj@bi.ehu.es

Profesores Titulares:

71. Dra: Belén Güemez Bilbao E-Mail: inpgubib@biu.ehu.es
72. Dra: Blanca Egia Laka E-Mail: iapeglab@bi.ehu.es
73. Dra: Victoria Laura Barrio Email: iapbacav@bi.ehu.es

Personal de apoyo:

74. Sr: Mª Felisa Laresgoiti E-Mail: iazlapem@bi.ehu.es

Becarios y contratados

Predoctorales:

75. Sr: Miguel Ángel Cabrero E-Mail: iabcagam@bi.ehu.es
76. Sr: Jesús Requies E-Mail: iabremaj@bi.ehu.es
77. Sr: Jaime Núñez E-Mail: iabnuagj@bi.ehu.es

Denominación del Grupo o Departamento:

Grupo de pilas de combustible de canarias

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Departamento de Química Inorgánica,
Universidad de La Laguna.
c/ Av. Astrofisico Fco. Sánchez, s/n
E-38200 La Laguna Tenerife....
Tf. +34922318501; fax: +34922318461
Responsable:

Dr..PEDRO NÚÑEZ COELLO E-mail: pnunez@ull.es
Web page: http://www.ull.es/sofc

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... ...
2ª: Pilas de óxido sólido..... X
3ª: Baterías avanzadas ....
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... ...
5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... ...
6ª: Otras..... ...

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

1º:....."Materiales de electrolitos y electrodos para pilas de combustible de óxidos sólidos".....

Relación del personal integrante

Personal Funcionario

Profesores Titulares:

78. Dr:..Pedro Núñez Coello..... E-Mail: pnunez@ull.es
79. Dr....Agustín Rodríguez Gutiérrez..... E-Mail: agurodri@ull.es

Becarios y contratados

Predoctorales:

80. Sr:..Domingo Pérez Coll..... E-Mail: dpcoll@ull.es
81. Sr....David Marrero López... E-Mail: damarre@ull.es

Denominación del Grupo o Departamento:

Grupo de Materiales Metálicos y Electropolímeros conductores,
Laboratori de Ciencia i Tecnologia Electroquímica de Materials (LCTEM),
Departament de Química Física

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Facultat de Química
Universitat de Barcelona

Martí i Franquès 1-11
08028 Barcelona

Responsable:

Dr. Pere L. Cabot Julià..... E-mail: p.cabot@ub.edu

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas.....X
2ª: Pilas de óxido sólido.....
3ª: Baterías avanzadas X
4ª: Vector energético: Hidrógeno.....
5ª: Automatización, fluido-dinámica, sensorización.....
6ª: Otras: Caracterización de electrodos para pilas y baterías.....X

Títulos de las acciones que se pretende llevar a cabo dentro de la Red CSIC-UNI:

1º: Caracterización y desarrollo de electrodos para pilas de combustible y baterías avanzadas
2ª: Test de pilas

Relación del personal integrante

Personal Funcionario

Catedráticos:

82. Dr. Pere L. Cabot Julià..... E-Mail: p.cabot@ub.edu
83. Dr. Enric Brillas Coso ..... E-Mail: brillas@ub.edu

Profesores Titulares:

84. Dr. José A. Garrido Ponce ..... E-Mail: garrido@ub.edu
85. Dr. Rosa M. Rodríguez González.. E-Mail: rosa@ub.edu
86. Dr. Francisco Centellas Masuet..... E-Mail: facentellas@ub.edu
87. Dr. Concha Arias Tejerina..... E-Mail: c.arias@ub.edu

Personal de apoyo:

88. Sr:. Alejandro Masana Batalla..... E-Mail:

Becarios y contratados

Predoctorales:

89. Sr. Marcel Skoumal Canals..... E-Mail:

Denominación del Grupo o Departamento:

.Grupo de Ingeniería Química y Ambiental (Departamento de Tecnología Química, Ambiental y de los Materiales)

Universidad, Facultad, (o Centro) y dirección a que pertenece

Universidad Rey Juan Carlos, Escuela Superior de Ciencias Experimentales y Tecnología

Responsable:

Dr. GUILLERMO CALLEJA PARDO E-mail: g.calleja@escet.urjc.es

Áreas del campo de las pilas de combustible y/o baterías avanzadas en las que está interesado:

1ª: Pilas poliméricas..... ...
2ª: Pilas de óxido sólido..... ...
3ª: Baterías avanzadas ....
4ª: Vector energético: Hidrógeno..... .X.
5ª: Automatización, fluido-dinamica, sensorización..... ...
6ª: Otras..... ...

Títulos de las acciones que se están llevando a cabo o se pueden llevar dentro del campo de las Pilas de combustible o baterías avanzadas:

1º:.Desarrollo de nuevos materiales para el almacenamiento de hidrógeno
2ª:.Catalizadores para la producción de hidrógeno a partir de etanol

Relación del personal integrante

Personal Funcionario

Catedráticos:

90. Dr:.Guillermo Calleja Pardo, E-Mail: g.calleja@escet.urjc.es
91. Dr: David Serrano Granados, E-Mail: d.serrano@escet.urjc.es
92. Dr: Rafael Van Grieken Salvador, E-Mail: r.vangrieken@escet.urjc.es

Profesores Titulares:

93. Dr: José Antonio Calles Martin, E-Mail: j.a.calles@escet.urjc.es
94. Dr: Juan Angel Botas Echevarría, E-Mail: j.botas@escet.urjc.es
95. Dr: Carmen Martos Sánchez, E-Mail: c.martos@escet.urjc.es
96. Dr. Baudilio Coto García. E-Mail: b.coto@escet.urjc.es

Becarios y contratados

Predoctorales:

97. Sr:.Juan Carlos de la Torre Abiétar, E-Mail: j.c.torre@escet.urjc.es
98. Sr: Ana María Morales Cas, E-Mail: a.m.morales@escet.urjc.es
99. Sr: Arturo Vizcaíno Madridejos, E-Mail: avizcaino@escet.urjc.es

Dpto. de Ingeniería Química. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco

Juan R. González Velasco, José L. Ayastuy Arizti, M. Pilar González Marcos y Miguel A. Gutiérrez Ortiz

El grupo de investigación "Tecnologías Químicas para la Sostenibilidad Ambiental" investiga en procesos catalíticos usados en la obtención de hidrógeno. Se ha optimizado el proceso de la reacción de conversión de agua a baja temperatura [1-3] y actualmente se está trabajando en el proceso de eliminación de las últimas trazas del CO mediante la oxidación preferencial, para la obtención de hidrógeno para pilas de combustible.

El objetivo de este proyecto de investigación que se presenta es el diseño de un convertidor catalítico para la eliminación del CO presente en las corrientes de hidrógeno obtenido de fuentes carbonosas para su utilización en la pila de combustible PEM.

1. Preparación y caracterización de catalizadores
   a. Preparación de catalizadores (Pt, Au, PtMe, sobre distintos soportes, incluidos óxidos reducibles, para la separación de centros de adsorción para el CO y O_2)
   b. Caracterización superficial
   c. Estudios de actividad, selectividad y estabilidad
   d. Determinación de las ecuaciones cinéticas
2. Desarrollo del proceso catalítico de oxidación preferencial del CO en corrientes de H_2.
   a. Modelización del proceso catalítico
   b. Optimización de las variables de proceso.
   c. Estrategias óptimas: secuencias óptimas de las variables de operación
   d. Diseño del convertidor

El empleo del hidrógeno como un combustible masivo del futuro está recibiendo una amplia atención a todos los niveles, estatal, en la Unión Europea, por parte de muy diferentes empresas. Esto se ha traducido en un amplio esfuerzo investigador, que tiene en cuenta las distintas posibilidades de aplicación de este combustible. En este panorama, las pilas de combustible PEM tienen un enorme interés para aplicaciones en vehículos eléctricos y generación eléctrica a pequeña escala (generación de energía eléctrica distribuida).

El hidrógeno es el verdadero combustible de la pila de combustible, y su demanda se prevé que crezca enormemente en los próximos 10 años. A corto plazo, se obtendrá por reformado catalítico (de naftas o metano), gasificación (de residuos y/o biomasa) y/u oxidación catalítica parcial de hidrocarburos. Salvo la última, estas técnicas son comerciales, y requieren de una posterior purificación de la corriente de H_2 obtenida para reducir su contenido en CO mediante conversión con vapor de agua (WGS), que además aumenta el rendimiento a H_2. La limitación

termodinámica de la WGS hace que no se pueda bajar de unas 1.000 ppm la concentración de CO en la corriente de hidrógeno obtenida, mientras que la pila de combustible exige usar hidrógeno que no supere las 10 ppm de CO. Por ello, es imprescindible una eliminación adicional de CO mediante la oxidación selectiva o preferencial (PROX). Catalizadores muy activos permitirán trabajar con reactores (convertidores) pequeños y operar en condiciones suaves: presión atmosférica y temperaturas bajas (50-130 °C); que coinciden con las de entrada a la pila de combustible. Este aspecto es fundamental en aplicaciones a pequeña escala.

En la figura 1 se esquematiza los sucesivos procesos catalíticos que se han de realizar para la obtención de hidrógeno a partir de hidrocarburos o alcoholes obtenidos de la biomasa. El primer paso es una purificación de los hidrocarburos (hidrodesulfuración, hidrodecloración, etc), seguido de un reformado catalítico con vapor de agua, oxidación parcial o reformado autotérmico. En estos procesos se obtienen corrientes de gas de síntesis con una elevada concentración de CO. Mediante la reacción de conversión de gas de agua (WGS) se disminuye la concentración de CO a valores del orden del 1%, dependiendo de las condiciones de reacción [4].

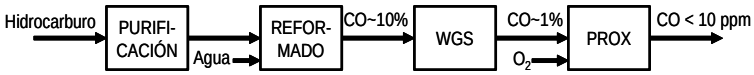


Figura 1. Diagrama de flujo para la producción de hidrógeno libre de CO

En el caso de las pilas de combustible, la eliminación del CO es fundamental para evitar el envenenamiento del electrodo catalizador de Pt utilizado en el ánodo de la pila de combustible PEM [5]. La concentración de CO debe de ser <10 ppm para ánodos de Pt y <50 ppm para ánodos tolerantes al CO. Existen varios métodos para reducir la concentración de CO, como son la oxidación selectiva, la metanación, la adsorción (PSA) y las membranas; en estos dos últimos procesos es necesario el empleo de elevadas presiones. De todos ellos, la oxidación selectiva de CO es el proceso más eficaz para obtener la pureza de hidrógeno que se requiere en la pila de combustible PEM, sobre todo para sistemas móviles, debido a su reducido tamaño y rápida respuesta. El catalizador debe ser extremadamente selectivo debido a la elevada relación H_2/CO en el gas de reformado. Este proceso de oxidación selectiva se conoce en la bibliografía como oxidación preferencial (Preferential Oxidation, PROX).

La finalidad en nuestra investigación es el diseño de un convertidor catalítico para la oxidación selectiva de CO procedente de un proceso de obtención de hidrógeno a partir de hidrocarburos, esto es, en presencia de grandes concentraciones de H_2, CO_2 y H_2O. Con objeto de minimizar la cantidad de aire para la oxidación del CO y evitar la oxidación del H_2, en el diseño del catalizador se abordan los siguientes aspectos: elección de la formulación del catalizador, forma y dimensiones del propio catalizador monolítico, el volumen del convertidor catalítico y la temperatura de funcionamiento.

Las formulaciones de los catalizadores PROX incluyen metales nobles, principalmente Pt [6-11]. La cinética de oxidación de CO sobre estos catalizadores

se ajusta a ecuaciones del tipo de Langmuir-Hinshelwood, con un mecanismo en el que interviene un centro activo, con adsorción competitiva entre CO y O_2. En una primera etapa, el CO se quimisorbe en el centro activo superficial. Simultáneamente, el oxígeno se adsorbe disociativamente sobre centros activos adyacentes, reaccionando los átomos de oxígeno con las moléculas de CO adsorbidas para formar CO_2. Existe una relación O_2/CO que es óptima para una máxima actividad. Sin embargo, los metales preciosos no proporcionan la selectividad requerida por el proceso PROX, especialmente el Pd, debido a su fuerte afinidad por la adsorción del H_2, con posibilidad de reacción con O_2.

El Fe se ha utilizado como promotor del Pt [12-14], de forma que el metal noble proporciona los centros de adsorción para el CO y el óxido de Fe proporciona los centros de adsorción disociativa para la molécula de O_2, resultando un mecanismo con dos centros activos no competitivo.

En la bibliografía existen numerosas citas de catalizadores de Ru [10]. Dado que el Ru es un metal activo en la metanación de CO y CO_2, se introducen promotores de metales alcalinos que disminuyen la temperatura para la reacción PROX y reducen al mismo tiempo la actividad de metanación del Ru. Por ello, la temperatura de operación de estos catalizadores debe ser controlada en un estrecho intervalo de temperatura, para evitar la aparición de la reacción de metanación (reacción exotérmica), que junto con la reacción de oxidación, puede causar fuertes subidas de temperatura, difícilmente controlables.

La bibliografía cita otros catalizadores de oxidación de CO que muestran selectividad en presencia de hidrógeno [6,10,15-18]. Estos incluyen Au, Pt, Pt/Ru, Ru, Rh y Cu como metales activos, soportados en diferentes materiales. De todas formas, muchos de los trabajos publicados con catalizadores PROX incluyen resultados poco realistas, al estar realizados en condiciones muy alejadas de las reales, principalmente porque se han llevado a cabo en ausencia de vapor de agua y/o CO_2, componentes importantes en la mezcla resultante del reformado. En presencia de H_2O y/o CO_2 muchos de los catalizadores estudiados muestran poca estabilidad, desactivándose rápidamente.

Dependiendo de la situación del reactor PROX, este deberá operar a temperatura elevada (~180 °C), cuando se encuentra a la salida del reactor WGS; o bien, a la temperatura de reacción de la pila de combustible (~80 °C). Esto hace necesario la generación de dos tipos de catalizadores, los que trabajan a alta temperatura, representados por el Pt/γ-Al_2O_3, y los que funcionan a baja temperatura, representados por el Au/Fe_2O_3. Actualmente estamos trabajando con catalizadores de Pt sobre diferentes soportes.

En los catalizadores basados en Pt, el CO se adsorbe con más fuerza que el H_2, y ambos, CO e H_2, compiten por los mismos centros activos de Pt que el O_2. La actividad de oxidación de CO se mejora introduciendo centros de adsorción diferentes para CO y para O_2. En este sentido, la elección de diferentes soportes y/o adición de diferentes promotores nos permite modificar el comportamiento del Pt. La utilización de catalizadores bimetálicos PtSn [18] para esta aplicación está

poco estudiada en la bibliografía y puede ser una forma de disminuir la adsorción de H_2 y proporcionar centros activos alternativos para el oxígeno.

La forma más simple de un catalizador PROX es como sólido particulado — cilindros, esferas, extruidos, polvo, etc. — El catalizador puede ser preparado por impregnación y/o precipitación. Debido a que el tamaño de las partículas de los cristalitos metálicos, así como el estado de oxidación del metal, son parámetros críticos en la actividad del catalizador, las condiciones de los tratamientos después de la deposición de los metales son de gran importancia. Partículas de Al_2O_3, SiO_2, TiO_2 y Fe_2O_3 son buenos candidatos para ser utilizados en aplicaciones estacionarias; en cambio el empleo de partículas no es adecuado en sistemas móviles, donde se debe optimizar la estabilidad mecánica frente a la atrición. Además, un lecho de partículas provoca una pérdida de presión en el flujo del gas, que es aceptable en el caso de fuentes estacionarias, pero que ha de evitarse en el uso de fuentes móviles, como por ejemplo un automóvil.

Para disminuir la pérdida de presión que produce un lecho de partículas de catalizador, se utilizan estructuras monolíticas donde se ha depositado el catalizador [19,20]. Es conocida la elevada superficie geométrica que presentan los monolitos junto con la pequeña pérdida de presión que provocan al paso de gases. El catalizador se dispone en una fina capa, como recubrimiento ("washcoat"), que no sufre prácticamente procesos de atrición durante el tiempo de operación. Los monolitos pueden ser cerámicos o metálicos, generalmente son estructuras de cientos de pequeños canales paralelos entre sí. Debido a la baja conductividad térmica de la cerámica, usualmente cordierita, el catalizador monolítico de PROX operará en condiciones adiabáticas. Por tanto existirá un gradiente de temperatura positivo hacia la salida del reactor. Como se ha indicado más arriba, el control de temperatura es crítico para mantener la selectividad de la oxidación y limitar las reacciones paralelas de metanación y la inversa de la WGS. Con objeto de controlar la temperatura en el convertidor PROX, este se puede dividir en dos o más etapas, con enfriamiento entre etapas, si la concentración de CO y/o la temperatura de entrada son elevadas.

Al analizar las condiciones de reacción, hay que tener en cuenta que el requerimiento clave del catalizador PROX es una elevada velocidad de reacción en la oxidación del CO a temperaturas menores de 200 °C, que permita un sistema compacto con simplicidad del sistema de control (amplio intervalo de las condiciones de operación en las que se mantenga el comportamiento catalítico). Junto con la elevada conversión de CO, se deben considerar otros factores que afectan a las condiciones de operación y al diseño del reactor.

El primer factor es la selectividad, que está relacionada con la cantidad de aire necesario para la oxidación del CO. Cuando se incrementa la inyección de aire, se pierde hidrógeno, al diluirse con nitrógeno y al quemarse, y se aumenta el calor generado por las reacciones de oxidación de ambos compuestos (H_2 y CO). El aumento de la temperatura promociona la reacción inversa de la WGS y la metanación de CO y CO_2, disminuyendo por tanto la selectividad. Los metales nobles soportados sobre óxidos [6,18,21] no muestran una adecuada selectividad,

por ejemplo, el Pt/Al_2O_3 requiere un 2% de O_2 para oxidar un 1% de CO, cuando la cantidad estequiométrica requerida sería un 0,5% ($CO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CO_2$). El O_2 sobrante causa la pérdida de H_2 por combustión.

En segundo lugar, el catalizador de oxidación preferencial trabaja en condiciones que vienen impuestas por las limitaciones de operación del reactor. Por ejemplo, el proceso de WGS funciona a temperaturas mayores que 200 °C, mientras que la pila de combustible funciona a unos 80 °C. El sistema de oxidación preferencial podría consistir en dos o más etapas, dependiendo de la concentración de CO y la cantidad de calor que se deba eliminar entre etapas. El tamaño del reactor catalítico es también un parámetro crítico. Obviamente, el reactor de oxidación preferencial se diseña para poder tratar los flujos cuando el reformador está trabajando a plena carga. Pero cuando esto no suceda, generalmente durante una importante fracción del tiempo de operación, el flujo de gases disminuye y por consiguiente aumenta el tiempo de residencia de los gases en el reactor PROX. Un catalizador de oxidación preferencial basado en Pt produce en esas condiciones CO por la reacción inversa de WGS, debido a los elevados tiempos de residencia y a la ausencia de oxígeno en la zona de salida del lecho catalítico [22].

En resumen, el comportamiento de un catalizador PROX en el tratamiento de una corriente de gas procedente del reformado de hidrocarburos (H_2, CO_2, CO, H_2O, N_2) está influido, principalmente, por los siguientes parámetros: (a) relación O_2/CO, (b) velocidad espacial, (c) temperatura de operación y (d) concentración de agua. En el caso de catalizadores con estructuras monolíticas hay que añadir factores geométricos, principalmente: (e) densidad de celdas, (f) área frontal abierta, y (g) relación longitud/diámetro. Un objetivo de las investigaciones en curso es la optimización de las variables de operación.

Bibliografía

[1] J.L.Ayastuy Arizti, *Conversión de monoxide de carbono a baja temperature: cinética del proceso y optimización de la operación industrial,* Tesis Doctoral 2002, UPV/EHU, Bilbao

[2] J.L.Ayastuy, M.A. Gutiérrez Ortiz, J.A. González Marcos, A. Aranzabal y J.R. González Velasco, *Kinetics of low temperatura WGS reaction over a $CuO/ZnO/Al_2O_3$ catalyst*, Ind. Eng. Chem. Res., en prensa, 2004

[3] J.L.Ayastuy, M.A. Gutiérrez Ortiz, J.A. González Marcos, A. Aranzabal y J.R. González Velasco, *Optimization of industrial low temperature WGS reactors subject to chlorine poisoning: Optimal inlet temperature policies and sensibility study*, AIChE Journal, en revisión, 2004

[4] A.F. Ghenciu, *Review of fuel processing catalysts for hydrogen production in PEM fuel cell systems,* Solid State and Materials Science 6 (2002) 389-399

[5] R.A. Lemons, *Fuel cells for transportation,* J. Power Sources 29 (1990) 251-264

[6] M.J. Kahlich, H.A. Gasteiger, R.J. Behm, *Kinetics of the Selective CO Oxidation in H_2-Rich Gas on Pt/Al_2O_3,* J. Catal. 171 (1997) 93-105

[7] J.G.E. Cohn, *Carbon monoxide removal from hydrogen containing gases,* US Patent No. 3,216,783 (1965).

[8] J.C. Bonacci, T.G. Otchy, T. Ackerman, *Selective oxidation of carbon monoxide in catalytic ammonia production*, US Patent No. 4,238,468 (1980)

[9] B.W. Wojciechowski, S.P Asprey, *Kinetic studies using temperature-scaning: oxidation of carbon monoxide*, Applied Catalysis A: General 190 (2000) 1-24

[10] S.H. Oh, R.M. Sinkevitch, *Carbon Monoxide Removal from Hydrogen-Rich Fuel Cell Feedstreams by Selective Catalytic Oxidation,* J. Catal. 142 (1993) 254-262

[11] M.M. Schubert, H.A. Gasteiger, R.J. Behm, *Surface Formates as Side Products in the Selective CO Oxidation on Pt/γ-Al_2O_3,* J. Catal. 172 (1997) 256-258

[12] O. Korotkikh, R.J. Farrauto, *Selective catalytic oxidation of CO in H_2: fuel cell applications,* Catalysis Today 62 (2000) 249-254

[13] X. Liu, O. Korotkikh, R.J. Ferrauto, *Selective catalytic oxidation of CO in H_2: structural study of Fe oxide-promoted Pt/alumina catalyst,* Applied Catalysis A: General 226 (2002) 293-303

[14] M. Watanabe, H. Uchida, K. Ohkubo, H. Igarashi, *Hydrogen purification for fuel cells: selective oxidation of carbon monoxide on Pt–Fe/zeolite catalysts,* Applied Catalysis B: Environmental 46 (2003) 595-600

[15] G. Avgouropoulos, T. Ioannides, Ch. Papadopoulou, J. Batista, S. Hocevar, H.K. Matralis, *A comparative study of Pt/γ-Al_2O_3, Au/γ-Fe_2O_3 and CuO–CeO_2 catalysts for the selective oxidation of carbon monoxide in excess hydrogen*, Catalysis Today 75 (2002) 157-167

[16] Y. Teng, H. Sakurai, A. Ueda, T. Kobayashi, *Oxidative removal of CO contained in hydrogen by using metal oxide catalysts,*Int. J. Hydrogen Energy 24 (1999) 355-358

[17] M.M. Schubert, M.J. Kahlich, G. Feldmeyer, M. Huttner, S. Hackenberg, H.A. Gasteiger, R.J. Behm, Phys. Chem. Chem. Phys. 3 (2001) 1123.

[18] M.J. Kahlich, H.A. Gasteiger, R.J. Behm, *Kinetics of the Selective Low-Temperature Oxidation of CO in H_2-Rich Gas over Au/γ-Fe_2O_3,* J. Catal. 182 (1999) 430-440

[19] R. Ferret, *Síntesis de cordierita por reacción en estado sólido y optimización del proceso de extrusión en estructuras monolíticas* Tesis Doctoral, UPV/EHU 2000

[20] J.R. González Velasco, M.A. Gutiérrez Ortiz, R. Ferret y J.A. Botas, J. Materials Science 34 (1999) 1999-2002

[21] G.K. Bethke, H.H. Kung, *Selective CO oxidation in a hydrogen-rich stream over Au/γ-Al_2O_3 catalysts,* Applied Catalysis A: General 194/195 (2000) 43-53

[22] G.W. Roberts, P. Chin, X. Sun, J.J. Spivey, *Preferential oxidation of carbon monoxide with Pt/Fe monolithic catalysts: interactions between external transport and the reverse water-gas-shift reaction,* Applied Catalysis B: Environmental 46 (2003) 601–611