

Las pilas de combustible en su mayoría de edad (parte 1^a)

Mayte Gil Agustí¹, Leire Zubizarreta Saenz De Zaitegui¹, Yolanda Briceño Bueno² y Anabel Soria Esteve¹

¹ Instituto Tecnológico de la Energía - Valencia

² Fundación Cidaut - Valladolid

INTRODUCCIÓN

Desde hace ya varias décadas las pilas de combustible conviven con otros tipos de tecnologías en un segundo plano. Despegaron en los años 60 cuando fueron utilizadas en vuelos espaciales y donde, actualmente, siguen siendo utilizadas. Ha sido en los años 90 cuando se les ha dado un mayor impulso debido a factores medioambientales.

Pero yendo a los inicios de la primera pila de combustible se tiene que mencionar a su descubridor, Sir **William Robert Grove**. Inicialmente, Grove llamó a su primer dispositivo ‘batería de gas’, formada por electrodos de zinc y platino, que contenían, ácido sulfúrico y nítrico, separados en un recipiente poroso de

cerámica. Sin embargo, los principios básicos de funcionamiento de la pila de combustible los descubrió algo antes (en 1839) el profesor suizo **Christian Friedrich Schoenbein** [1].

Inicialmente, la tecnología en su base se centra en una electrolisis inversa. Pero el descubrimiento no dejó de ser una mera curiosidad hasta que **Francis T. Bacon** empezó a trabajar en pilas de combustible en 1937. Éste ya desarrolló una pila de 6kW a finales de 1950. Aunque la primera aplicación de la pila de combustible se produjo en el marco del Programa *US Space*.

A principios los años 60 *General Electric* desarrolló la primera membrana polimérica para pila de combustible, llevada a cabo en el Programa *Gemini*. Luego vino el Programa espacial *Apolo*, en donde se usaron las pilas de combustible para generación eléctrica

en aplicaciones de apoyo, orientación y comunicaciones. Las pilas que se usaron, se construyeron mediante la patente obtenida por Bacon [2].

A mediados de los 60 *General Motors* investigó con las pilas de combustible desarrolladas por *Union Carbide* acopladas a una furgoneta con pilas. A pesar de que las pilas se continuaron utilizando en programas espaciales en Estados Unidos, todavía se tuvo que esperar a los años 90 para su uso en aplicaciones terrestres.

En 1989, *Perry Energy Systems* una división de *Perry Technologies*, trabajando conjuntamente con *Ballard* fabricó el primer submarino propulsado con pila de combustible [3]. En 1993, *Ballard Power Systems* demostró el funcionamiento de un autobús con pila. Siguieron otras empresas con aplicaciones para el vehículo, apareciendo una nueva industria abanderada por el *Departamento de Energía de Estados Unidos* (DOE).

Actualmente, se estima que existen más de 20 tipos de tecnologías de pilas de combustible, todas ellas en distintos

| Tipo | Electrolito | Combustible | T ^a operación (°C) | Potencia, kW | Aplicaciones |
|---|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|---------------|--|
| Membrana de intercambio protónico (PEMFC) | Polímero sólido | H ₂ o CH ₃ OH | 50-120 | 0,01-1.000 | Transporte, Energía distribuida, Dispositivos de energía portables |
| Alcalina (AFC) | Hidróxido potásico | H ₂ | 50-200 | 10-100 | Dispositivos espaciales, Generación eléctrica |
| Ácido fosfórico (PAFC) | Ácido fosfórico | H ₂ | 180-200 | 100-5.000 | Generación estacionaria y portátil |
| Carbonatos fundidos (MCFC) | Carbonatos de Li, Na y K | H ₂ | 600-1000 | 1.000-100.000 | Grandes plantas de generación estacionaria |
| Óxido sólido (SOFC) | Óxidos de Zr, cerámicos | H ₂ o CH ₄ | 700-1000 | 100-100.000 | Generación estacionaria |

Tabla 1: Tipos de pilas de combustible y características generales.

estados de desarrollo, y algunas de ellas ya comercializadas. La Tabla 1 resume las características generales de las distintas tecnologías clasificadas en función del tipo de electrolito que utilizan. Según este criterio, se dispone de pilas de combustible que operan a diferentes temperaturas, que necesitan mayor o menor pureza de combustible suministrado y que, en definitiva, son más o menos adecuadas para ciertas aplicaciones.

En general, las pilas de combustible que operan a temperaturas bajas se ajustan mejor a aplicaciones móviles y portables, mientras que aquellas que operan a temperaturas elevadas son más adecuadas para aplicaciones estacionarias.

En aplicaciones de dimensiones pequeñas así como de potencias reducidas se encuentran las *pilas de membrana de intercambio protónico* (PEMFC) con diseños compactos y fáciles de manipular. Este tipo de pilas de combustible captan el interés por la sencillez en su puesta a punto, baja temperatura de operación, disponibilidad de combustible y encendidos rápidos que resultan de gran utilidad, entre otras, en aplicaciones móviles como es el caso del vehículo eléctrico. En este tipo de pilas se incluye la *pila de combustible de metanol directo* (DMFC) que utiliza metanol como combustible en “aplicaciones nicho” como dispositivos electrónicos de uso doméstico.

Para entender de manera general el funcionamiento de una pila de combustible tipo PEM, en la Figura 1 se muestran las partes que la componen.

El combustible entra por la cara del ánodo, mientras, por la parte opuesta de la celda, por el cátodo, entra el oxígeno. El catalizador, normalmente platino (Pt), situado en el ánodo, oxida la molécula de combustible para dar protones y electrones que generan el potencial en la pila circulando por un circuito externo hacia el cátodo. La membrana polimérica permite el paso de protones desde el ánodo hacia el cátodo para obtener agua cuando éstos se unen al oxígeno iónico.

El hidrógeno es el combustible que alimenta a las pilas de combustible

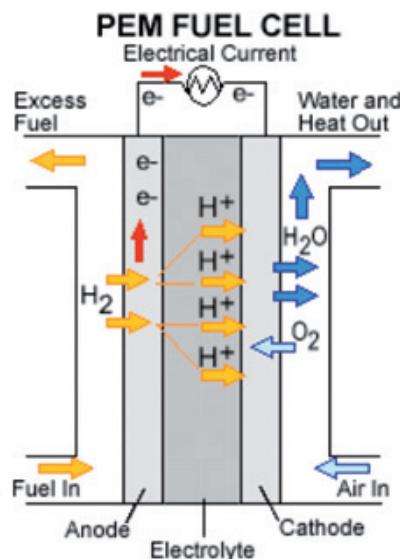


Figura 1: Esquema del funcionamiento básico de una pila PEMFC

PEMFC [4]. En la Figura 2 se presenta un esquema dónde se muestra como el combustible Hidrógeno se sitúa en el centro de una gran variedad de procesos, tanto de suministro como de demanda, de tal manera que actúa como un vector energético.

Entre las razones por la cuales se continúa impulsando el desarrollo de la tecnología de la pila de combustible PEMFC se encuentran, la búsqueda

de alternativas hacia otras fuentes energéticas que eviten la dependencia de los combustibles fósiles. En cuanto al medioambiente, la combustión de hidrógeno sólo libera vapor de agua, libre de CO₂, esto supone que si en el proceso de producción de hidrógeno no se ha emitido CO₂, la producción de electricidad a partir de hidrógeno está completamente libre de emisiones de CO₂, al igual que la electricidad producida por vía renovable.

Otra razón de peso es la elevada eficiencia energética de las pilas de combustible que son capaces de convertir por medios electroquímicos la energía química del hidrógeno en energía eléctrica directamente, alcanzándose elevados rendimientos energéticos.

En conclusión, las pilas de combustible junto con el hidrógeno como vector energético constituyen una tecnología que cubre un amplio rango de aplicaciones tanto estacionarias como móviles.

2. ÚLTIMOS AVANCES EN PILAS DE COMBUSTIBLE

En la actualidad, las pilas de combustible PEMFC presentan múltiples ventajas como: un alto rendimiento,

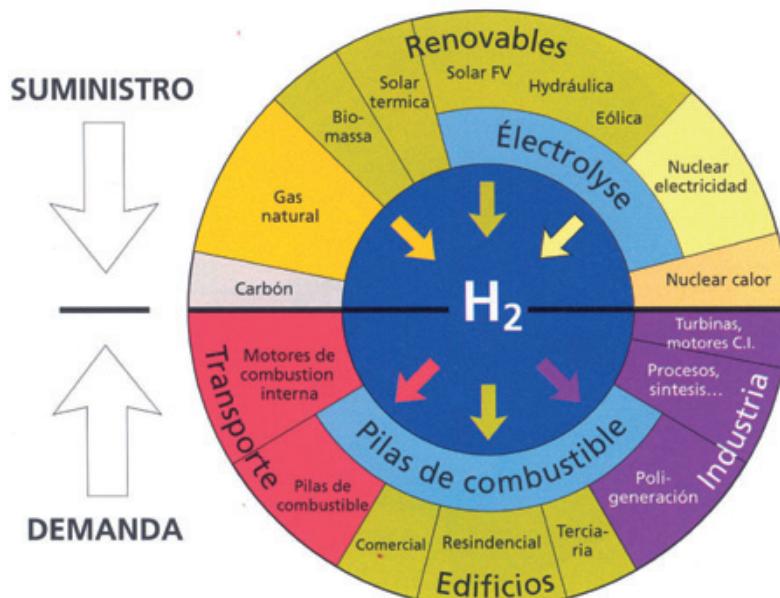


Figura 2: Hidrógeno como vector energético

Colaboración

son ligeras y de pequeño tamaño en comparación al resto de tipos de pila de combustible [5], es una tecnología limpia siempre que el hidrógeno proceda de energías renovables, requiere un bajo mantenimiento, es silenciosa, se pueden fabricar pilas desde unos cuantos vatios hasta cientos de kilovatios [6], y es fiable, ya que ha sido la tecnología utilizada por la NASA en lanzamientos espaciales.

Sin embargo para una completa incorporación de la pila de combustible en nuestra sociedad existen ciertas barreras tecnológicas que todavía hay que solventar. En la actualidad se están realizando diversos avances en este sentido.

2.1 BARRERAS TECNOLÓGICAS

Las principales barreras tecnológicas de las pilas de combustible tipo PEMFC para su producción a gran escala, comercialización y su integración en la sociedad son la disponibilidad de combustible, el coste, la durabilidad, la aceptación pública y la necesidad de normativa [7].

En cuanto a la disponibilidad de combustible, el problema se basa en que en la actualidad no existe la infraestructura necesaria para el abastecimiento de hidrógeno, ni sistemas de distribución. La situación actual es que el hidrógeno se produce en los mismos lugares donde se consume y las redes

de distribución que existen son de unos cinco kilómetros. Por lo tanto, el reto se encuentra en conseguir una producción masiva de hidrógeno de una manera eficiente y limpia y que llegue a todos los lugares de consumo, dando lugar a una red equivalente a la de la distribución de productos petrolíferos existente actualmente, asegurando el desarrollo logístico necesario para el aprovisionamiento de hidrógeno y reciclado de los sistemas no-recargables.

Por otro lado, rebajar el coste de las pilas de combustible de membrana polimérica (tipo PEMFC) es uno de los retos económicos a los que se debe hacer frente para facilitar el uso generalizado de estos dispositivos. La eficiencia eléctrica de un *stack* depende mucho de la tensión de operación. Para una misma tensión, una PEM es capaz de suministrar mucha más corriente y por lo tanto más potencia que otros tipos de pila de combustible como la PAFC, MCFC y SOFC [8], y esto supone una reducción del coste. Sin embargo, la membrana polimérica, que consiste normalmente en un material perfluorado (Nafion®) con un coste de 700€/m² [9], y los electro-catalizadores, conteniendo altas cargas de platino en el ánodo y en el cátodo, son los que más encarecen la pila de combustible PEMFC.

Uno de los temas estratégicos clave para disminuir costes es la reducción

de la carga de platino y también la sustitución de la misma por catalizadores más económicos. Por otro lado se encuentra la búsqueda de nuevas membranas poliméricas eficaces y de menor coste que el Nafion®. La temperatura de trabajo habitual de las pilas PEMFC está limitada a alrededor de los 80°C debido a la limitación del polímero Nafion®, ya que éste se empieza a degradar cuando se alcanzan temperaturas superiores debido a que disminuye la presencia de agua [10]. Trabajando en estas condiciones las pilas PEMFC presentan algunos inconvenientes importantes: el platino reacciona fácilmente con trazas de otros compuestos (principalmente CO) que contenga el combustible y deja de estar libre para catalizar la reacción de disociación del hidrógeno, lo que obliga a garantizar la pureza del hidrógeno entrante y, por tanto, limita el uso de sistemas reformadores que generan hidrógeno a partir de combustibles hidrocarbonados que puedan estar presentes, sobre todo en el caso de aplicaciones de transporte; además la gestión del agua y del calor se hacen muy complejas a estas temperaturas, aumentando el volumen y el peso de las pilas y encareciéndolas.

Un aumento de temperatura más allá de los 120°C minimizaría estos problemas anteriores además de permitir disminuir la cantidad de electro-

| | Tecnología 2010 | Tecnología 2015 |
|--|---|---|
| Densidad de potencia | 833 | 1000 |
| Presión de trabajo (atm) | 1.69 | 1.15 |
| Pico de temperatura del stack (°C) | 90 | 99 |
| Material utilizado como membrana | Nafion en PTFE | Materiales avanzados a alta T |
| Radiador/Sistema de refrigeración | Radiador de aluminio, agua/glycol, filtro Di | Radiador de aluminio mas pequeño, agua/glycol, filtro Di |
| Compresión de aire | Compresor centrifugo/ Tubo de entrada expansor radial | Compresor centrifugo/ Tubo de Sin expansor |
| Humidificación de aire | Membrana de poliamida | Ninguno |
| Sensores de H₂ | 2 por sistema de FC 1 por cabina de pasajero (no estimado en el coste) 1 por sistema de combustible (no estimado en el coste) | Ninguno |
| Tiempo de acondicionamiento del stack | 5 horas | 3 horas |

Tabla 2: Avances en la tecnología de pila de combustible PEMFC esperado para el año 2015 [12][13].

catalizador utilizado. Se aprecia que la limitación de las pilas PEMFC se debe en parte al *Nafion®*, por tanto la mejora del funcionamiento ha de venir necesariamente de la mano de una intensa investigación en materiales para encontrar alguno que presente prestaciones adecuadas y no tenga esta limitación de temperatura. Además el *Nafion®* es un material caro y sería interesante encontrarle un sustituto que fuera de menor coste. En esta área la investigación está centrada en desarrollar membranas híbridas en las que sobre una matriz polimérica se introduzcan refuerzos de manera que el conjunto tenga un comportamiento apto para su uso en pilas PEMFC de alta temperatura [11].

Desde hace algunos años hasta la actualidad, la reducción del coste de las pilas de combustible se debe a la simplificación de su arquitectura así como a la reducción de los componentes que forman el *stack*. En la Tabla 2 se muestran algunos de los avances esperados por el DOE (*Departamento de Energía de Estados Unidos*) para el 2015 en la tecnología de pila de combustible PEMFC. Entre ellos se encuentra el aumento de la densidad de potencia y temperatura de trabajo del *stack*, disminución de la presión de trabajo, la utilización de materiales avanzados que trabajen a alta temperatura.

Otro de los retos estaría relacionado con aspectos socioeconómicos, como pueden ser la necesidad de que exista una legislación vigente, la aceptación en la sociedad de la nueva tecnología y cuestiones de seguridad en la manipulación del hidrógeno en toda la cadena.

Por último, cabe mencionar que en la utilización de pilas de combustible tipo PEMFC en vehículos es el almacenamiento de hidrógeno otra de las barreras tecnológicas a superar, ya que a pesar de que existe también una intensa investigación en sistemas de almacenamiento de hidrógeno que sean eficaces y seguros, en la actualidad no se dispone de ningún sistema de almacenamiento de hidrógeno que cumpla los requisitos necesarios en cuanto a eficacia, coste y seguridad.

2.2 PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

Con objeto de superar las diferentes barreras tecnológicas existentes para la incorporación del hidrógeno y de las pilas de combustible en la actualidad, universidades, centros de investigación y empresas continúan investigando en esta temática. Además, varios países como Canadá, Japón, Estados Unidos, Australia y algunos de Europa han elaborado hojas de ruta para guiar la investigación hacia la transición a la economía del hidrógeno. En Estados Unidos el *Departamento de Energía* posee un programa destinado a hidrógeno, contemplándose en el mismo varios proyectos de investigación y actividades dedicadas a las pilas de combustible centrándose en mayor medida en las pilas tipo PEMFC [13]. Actualmente, en el área de pilas de combustible de este programa se está trabajando en disminuir el coste y mejorar la durabilidad de las pilas PEMFC mediante la mejora de los electro-catalizadores, membranas y materiales utilizados para fabricar las placas bipolares.

A nivel europeo, el *VII Programa Marco (7PM)* es el principal instrumento de financiación de proyectos de investigación, Desarrollo Tecnológico y Demostración de la Unión Europea durante el periodo 2007-2013 [15]. En la actualidad, se encuentran en marcha varios proyectos de investigación dentro del 7 PM enfocados a superar las diferentes barreras tecnológicas de las pilas PEMFC en la misma línea que el DOE mejorar las características de electrodos y membranas así como la integración de la pila de combustible en el mercado. Algunos ejemplos, de proyectos que se encuentran actualmente en marcha son el proyecto ZEOCELL [15], donde se propone el desarrollo de membranas electrolíticas nanoestructuradas basadas en nuevos composites multifuncionales compuestos por zeolitas, líquidos iónicos y polímeros. Se espera que este tipo de membranas aumenten la durabilidad y reduzcan los costes de producción de las pilas PEMFC. El proyecto EFFIPRO [16] propone el desarrollo de electrolitos y electrodos para pilas

PEMFC basados en óxidos conductores de tipo LaNbO_4 y similares que a diferencia de los candidatos existentes son estables químicamente y mecánicamente robustos. Por otra parte, el proyecto KEEPEMALIVE [17] tiene el objetivo de estudiar los fundamentos de degradación y vida media de pilas de combustible PEMFC de baja temperatura para aplicaciones de generación de energía estacionarias y generación combinada de calor. El proyecto SHEL [18] pretende demostrar la disposición del mercado de materiales de las pilas de combustible PEMFC para ser utilizadas en vehículos (carretillas) y la infraestructura de recarga de hidrógeno asociado, demostrar la aceptación del concepto por parte del usuario final y acelerar el mercado.

A nivel nacional también se han financiando en los últimos años varios proyectos relacionadas con el hidrógeno y la pila de combustible. Entre ellos, se encuentran el proyecto HERCULES [19] con un presupuesto de 7,2 M€ que se desarrolló entre el 2006 y el 2009 con un consorcio de 8 empresas españolas y cuyo objetivo es el avance hacia la producción de hidrógeno renovable y profundización en la integración del binomio hidrógeno-pila de combustible. Otros más recientes son el proyecto CENIT SPHERA [20] que se desarrolló entre el 2007 y el 2010, formado por 18 empresas españolas y colaboración de 22 centros de investigación y un presupuesto que supera los 31 M€, cuyo objetivo es posicionar a la industria española para el desarrollo de productos y servicios en escenarios basados en hidrógeno y plantear soluciones técnicas (nuevos sistemas de energía) y medioambientales (reducción de emisiones de CO₂) por utilización de combustibles limpios, en cumplimiento del protocolo de Kyoto. Por último, otro proyecto destacado es el H2RENOV [21] con un consorcio formado por 10 empresas, 8 centros tecnológicos y 7 OPIs, cuyo objetivo principal es el desarrollo de tecnologías de producción de hidrógeno de forma eficiente y competitiva, que permita la implantación de la economía del hidrógeno en España a partir

de energías renovables autóctonas, situando así a España en la vanguardia del conocimiento y promoviendo un sector altamente competitivo. Destacar que además uno de los objetivos es desarrollar stacks de tecnología nacional para pilas PEMFC.

Por otro lado, cabe señalar, que en España se encuentra la Plataforma Tecnológica de Hidrógeno y Pilas de Combustible [22] en la que participan numerosas entidades del panorama nacional cuyas actividades guardan algún tipo de relación con las tecnologías del hidrógeno y las pilas de combustible. Entre sus objetivos se encuentran planear la estrategia de I+D+i del sector, a corto, medio y largo plazo y fomentar la actividad empresarial en este campo.

2.3 COMERCIALIZACIÓN Y MERCADO

Las pilas de combustible se encuentran en un estado de desarrollo tecnológico que permite su comercialización plena, si bien su elevado coste se ha convertido en uno de los principales obstáculos en su desarrollo. El mercado de las pilas de combustible está definido en tres segmentos: Aplicaciones portátiles, estacionarias y el sector transporte [23]. Cada segmento tiene sus requerimientos específicos, es decir, el perfil del usuario, la potencia, el coste, la fiabilidad y el tamaño varían en función de cuál sea el mercado nicho. Muchos consideran el sector micro como un segmento adicional. Este subsector posee un gran potencial, ya que es aplicable en teléfonos móviles, ordenadores portátiles, PDAs, etc. Las aplicaciones de mercado próximas junto con los segmentos actualmente definidos como mercado nicho están apareciendo en aplicaciones portátiles, estacionarias y en transporte. Actualmente, el mercado a corto plazo de la pila de combustible se encuentra en aplicaciones para el manejo de materiales (carretillas elevadoras), reserva de energía y aplicaciones de potencia [24].

Con la disminución del coste en la producción de pilas de combustible y con el aumento de proyectos de de-

mostración y aumento del número de prototipos, las tecnologías de pila de combustible se están acercando cada vez más al mercado.

Debido a que las pilas de combustible PEMFC presentan ciertas ventajas para su utilización en vehículos, muchas compañías automovilísticas fabrican sus propias pilas de combustible, como por ejemplo Honda y General Motors. Empresas en Estados Unidos, Europa y Canadá como Ballard, General Electric, Hydrogenics, Intelligent Energy, Plug Power, UTC Fuel Cells y Voller entre otros son algunas de las empresas que comercializan pilas de combustible.

3. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias a la cofinanciación recibida por el Ministerio de Ciencia e Innovación dentro subprograma de apoyo a Proyectos Singulares y Estratégicos cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Comisión Europea con código de proyecto PS-120000-2009-3 y el Instituto de la Mediana y Pequeña Industria Valenciana (IMPIVA) con la cofinanciación del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), a través del proyecto IMIDIC/2010/15.

4. PARA SABER MÁS

- [1] Fuel Cell Special. Cleantech 2010 volumen 5.
- [2] J.M. Andújara, F. Segura. Fuel cells: History and updating. A walk along two centuries Renewable and Sustainable Energy Reviews 13(9) p. 2309-2322, 2009.
- [3] Frano Barbir. PEM Fuel Cells: Teory and Practice Richard C. Dorf, Elsevier, USA, 2005.
- [4] J.I. Linares Hurtado, B.Y. Moratala Soria. El hidrógeno como vector energético. Anales de Mecanica y Electricidad. 2007.
- [5] Fuel Cells, http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/fuelcells/fc_types.html?m=1&

- [6] Hidrógeno y pilas de combustible: estado actual y perspectiva inmediata. Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI/Universidad Pontificia Comillas (2010)
- [7] Hydrogen and Fuel Cells. Program Overview. S. Satyapal (2011) <http://www.hfc2011.com/wp-content/uploads/2011/06/satyapal.pdf>
- [8] Las Pilas de Combustible. C. Asteasu <http://www.qarlos.online.fr/Personal/LasPilasDeCombustible.pdf>
- [9] Pina M.P. (2008) http://www.forotecnologicoyempresarial.com/documentos/presentacion_automovil/001-3_NM_Pilas_INA_M_Pilar_Pina.pdf
- [10] Wu J., Yuan X.Z., Martin J.J., Wang H., Zhang J., Shen J., Wu S., Merida W. A review of PEM fuel cell durability: Degradation mechanism and mitigation strategies. Journal of Power Sources, 184, 104-119, 2008.
- [11] Zhengbang W., Tang H., Mu P., Self-assembly of durable Nafion/TiO₂ nanowire electrolyte membranes for elevated-temperature PEM fuel cell. Journal of Membrane Science, 369, 250-257, 2011
- [12] http://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review10/fc018_james_2010_o_web.pdf
- [13] <http://www.hydrogen.energy.gov/>
- [14] <http://www.euresearch.ch/index.php?id=748>
- [15] <http://ina.unizar.es/zeocell/>
- [16] <http://www.mn.uio.no/smn/english/research/projects/effipro/>
- [17] <http://www.keepemalive.eu/home/project-summary/>
- [18] http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=FP7_PROJ_EN&ACTION=D&DOC=128&CAT=PROJ&QUERY=012b5d5a3b86:7de4:572802e0&RCN=97943
- [19] <http://www.proyectohercules.es/>
- [20] <http://www.cenitsphera.com/>
- [21] <http://www.h2renov.es/>
- [22] <http://www.ptehpc.org/>
- [23] http://www.fuelcelltoday.com/media/pdf/archive/Article_1084_PEM%20article.pdf
- [24] <http://www1.eere.energy.gov/hydrogenandfuelcells/applications.html>

Miradas de futuro, sonrisas de presente



Ahorra hasta un 49% en impuestos.⁽¹⁾

Así es, con el Plan de Previsión Asegurado de Amic, no solo estás velando por tu futuro, sino que también gracias a sus excelentes ventajas fiscales, estás pagando menos en tu declaración cada año.

amic PPA 

Porque sabemos que te preocupa tu futuro, AMIC te propone un sistema de ahorro flexible que te garantiza una alta rentabilidad² e importantes desgravaciones fiscales¹.

AMIC PPA es el Plan de Previsión Asegurado solo para ingenieros y con unas ventajas exclusivas como la participación en beneficios³, podrás reducirte la base imponible de las aportaciones hasta los límites legales, mínimos gastos de gestión⁴ y posibilidad de disponer de tu plan antes de la jubilación⁵.

Con el Plan de Previsión Asegurada de Amic tu futuro está seguro, pues cuenta con la solvencia de la Mutualidad de la Ingeniería, un grupo de expertos que desde 1934 velan por los intereses de los ingenieros.

Rentabilidad garantizada
3,90%
+ participación en beneficios

Además una tarjeta de hasta
600€ de regalo⁽⁶⁾

Si contratas Amic PPA antes del 31/07/2012



Más información en www.amic.es/ppa

1- Las aportaciones que hagas se reducen de la Base Imponible General de tu declaración. Según la legislación fiscal vigente. Consulta la legislación fiscal aplicable en tu Comunidad Autónoma para conocer los tipos marginales y las limitaciones especiales aplicables. 2- Rentabilidad fija garantizada actualizada trimestralmente 3- Rentabilidad año 2011: 4,87% (rentabilidad pasadas no garantizan rentabilidades futuras). 4 - 0,15% trimestral 5 - En los supuestos que permite la Ley de Regulación de los Planes y Fondos de Pensiones 6 - Infórmate en www.amic.es/ppa

Grupo amic

Tan seguros como tú