



Bajo el título '**Materiales y Residuos para Energía y Energías Limpias para Procesos**' se aúnan las diferentes líneas de investigación relacionadas con ENERGÍA que se vienen desarrollando en el CENIM, y en las que participan alrededor del 40% de sus Grupos de Investigación en colaboración con otros centros del CSIC, Universidades y OPIs.

**Nuevos materiales**

**1.- aleaciones de magnesio**

Almacenamiento de hidrógeno para reducir la temperatura del ciclo hidrogenación/deshidrogenación

**2.- aleaciones base hierro**

Aplicación de alta temperatura para generación de energía en condiciones extremas

**3.- materiales compuestos**

Materiales de bajad densidad y de altas prestaciones para vehículos eléctricos

**Aprovechamiento energético**

**1.- de residuos**

Tecnologías basadas en E-pirólisis para producir biogás y biocombustibles

**2.- energía solar térmica**

Tratamientos superficiales (recubrimientos NTi, NiAl); obtención de espumas de Al; obtención de Fe, magnetita y alúmina a partir de residuos; tratamientos térmicos de aceros y aleaciones de aluminio, etc.

Madrid, 17/10/2013

Se desarrollan nuevos materiales como **aleaciones de magnesio** para el almacenamiento de hidrógeno que permitan disminuir la temperatura del ciclo hidrogenación/ deshidrogenación; **aleaciones base hierro** para su aplicación a alta temperatura en sistema de generación de energía en condiciones extremas; **nuevos materiales compuestos** ligeros y de altas prestaciones para vehículos eléctricos. Se trabaja en el

**aprovechamiento energético de residuos** mediante tecnologías innovadoras basadas en E-pirólisis para la producción de biogás y biocombustibles; y en la utilización de la **energía solar térmica** en procesos que van desde la obtención de recubrimientos sobre diferentes aleaciones (de titanio, aceros NiAl,..), de espumas de Al, de magnetita por reducción de hematitas, de alúmina y otros materiales a partir de residuos, a la optimización de la eficiencia energética de secaderos solares, la mejora de velocidad de evaporación de agua salada y al tratamiento térmico de aceros y aleaciones de aluminio.

## 1. **aleaciones de magnesio**

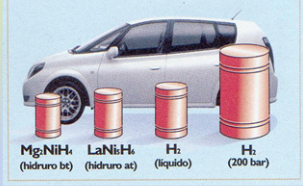
El espectacular auge en eficiencia experimentada por las nuevas celdas de combustible en la última década ha impulsado de forma notable la investigación en la acumulación de H<sub>2</sub>. Dado su carácter móvil, estos sistemas precisan de una fuente de H<sub>2</sub> altamente eficaz, existiendo cierta unanimidad en que la acumulación de H<sub>2</sub> en hidruros metálicos es el método más eficiente.

**Desarrollo de aleaciones de magnesio para la acumulación de Hidrogeno**

Grupo de Investigación: **Materiales producidos por técnicas de no-equilibrio (MANOEQ)**  
 Investigadores CENIM: Paloma Adeva Ramos, Pablo Pérez Zubiaur, Gerardo Garcés.  
 Colaboraciones: Dpto. de Física de Materiales de la Universidad Autónoma de Madrid.

**CSIC**  
 Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
**UAM**  
 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

**Almacenamiento de Hidrógeno**



**Objetivo**  
 Diseño y procesado de aleaciones de Mg con adiciones de elementos que favorecen la cinética de disociación del hidruro para disminuir la temperatura del ciclo hidrogenación/deshidrogenación.

**Mg-Ni-Ce-Y-Ti-Zr**

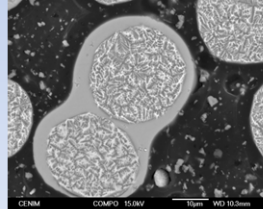
**Ni, Cu, Zn**      **Nd, Ce, La**

- ▣ Cintas SR
- ▣ Polvos atomizados
- ▣ Molienda mecánica

A new pseudo-binary Mg<sub>6</sub>Ni<sub>0.5</sub>Pd<sub>0.5</sub> intermetallic compound stabilised by Pd for hydrogen storage. *J. Alloys Comp.* 495 (2010) 663-666  
 J.P. Fernández, F. Cuevas, F. Leardini, J. Bodega, J.R. Ares, G. Garcés, P. Pérez, C. Sánchez

Devitrification of rapidly solidified amorphous Mg-Ni-Y-LaMM ribbons. *Intermetallics* 18 (2010) 710-718  
 S. González, P. Pérez, G. Garcés, P. Adeva

Influence of mischmetal composition on crystallization and mechanical properties of Mg<sub>80</sub>-Ni<sub>10</sub>-MM<sub>10</sub> alloys. *Intermetallics* 17 (2009) 504-511  
 P. Pérez, S. González, G. Garcés, P. Adeva



Madrid, 17/10/2013

Estos compuestos ofrecen, ante todo, seguridad en relación con los peligros inherentes a la combustión del hidrógeno, una mayor densidad volumétrica y una completa reversibilidad. El hidruro de magnesio (MgH<sub>2</sub>), un compuesto abundante, de bajo coste económico y ligero, capaz de albergar 7.6% de hidrogeno en peso, se presenta como un buen candidato para la acumulación de H<sub>2</sub>. Sin embargo, es muy estable termodinámicamente y la temperatura de desorción de H<sub>2</sub>, superior a 300 °C, es muy alta para su aplicación práctica. El grupo de **Materiales Producidos por Técnicas de No-Equilibrio**, dirigido por la Dra. Paloma Adeva en colaboración con el Dpto. de Física de Materiales de la UAM trabaja en el diseño y procesado de aleaciones de Mg con adiciones de elementos que favorecen la cinética de disociación del hidruro para disminuir la temperatura del ciclo hidrogenación/deshidrogenación.



Los medios con los que se ha contado para llevar a cabo estas investigaciones son la oferta tecnológica del CENIM para la caracterización mecánica y microestructural, junto con acuerdos de colaboración con instituciones líderes en el mundo como la Universidad de Cambridge (Reino Unido) y el Laboratorio Nacional de Oak Ridge (USA), dónde se dispone de tecnología de vanguardia para la nano-caracterización. Asimismo, se han utilizado técnicas de simulación atómica, en particular la dinámica molecular (MD), para diseñar experimentos teóricos que mejoren la comprensión de la estructura del límite de grano y permiten profundizar en la ingeniería de fronteras de grano, con el objetivo de diseñar materiales con determinadas propiedades físicas de interés.

### 3. *nuevos materiales compuestos*

En cuanto a la línea de nuevos materiales compuestos ligeros y de altas prestaciones para vehículos eléctricos, el grupo de **Procesos, Materiales y Energía en la Metalúrgica Ecológica y Sostenible**, dirigidos por el Dr. Jose Ignacio Robla, participa en el “Desarrollo de nuevos materiales compuestos ecológicos, ligeros y de altas prestaciones fabricados a partir de biomateriales y bioresinas para su aplicación en vehículos eléctricos”, proyecto Europeo en el que intervienen 10 Socios de 5 países y la empresa ALTRAN como coordinadora. El Proyecto se centra en el diseño de una estructura óptima para un vehículo eléctrico ecológico no contaminante, tanto en su uso como en cuanto a su producción y ensamblado de los materiales. Los materiales han de seleccionarse de forma que sus propiedades mecánicas sean óptimas y mínimo su impacto medioambiental.

**Desarrollo de nuevos materiales compuestos ecológicos, ligeros y de altas prestaciones fabricados a partir de biomateriales y bioresinas para su aplicación en vehículos eléctricos**

Grupo de Investigación: **Procesos, materiales y energía en la metalurgia ecológica y sostenible [PROMESS]**  
 Investigadores CENIM: **José Ignacio Robla, Iñigo Ruiz Bustinza, Javier Machón, Fernanda García Carceda**  
 Colaboraciones: CADLM, Fraunhofer ICT, Cranfield University, VTT, MaHyTec, GRM Consulting, HLP Development, Nancy Université, ALTRAN.



**ECO-SHELL**

- 100% Bio-Sourced Material
- Maximum Weight : 80Kg
- Eigen Mode (1st mode frequency) : 30Hz
- Torsionnal Stiffness : 18KNm/Deg
- Bending Stiffness : 12KNm/Deg



**ECO-BODY**

- 100% Green Material
- Maximum Weight : 13Kg
- Material Density : 1.12

**Materials Objectives**

- Density objective : 1.2
- Average Young modulus : 20GPa
- Rupture strength : 200MPa
- Temperature range : [-40°; +80°]
- Durability of material (mechanical performance) : 10 Years

Resin foam and Glue:

- Polyamide
- Mimosa tannin based resin
- Bio-epoxy
- furanic resins






**ECO-SEATS**

- 100% Bio-Sourced Material
- Maximum Weight 3.5Kg



**ECO-TRAIN**

- Plug and Play dynamic Power Train
- Power : 9.48kw
- Range : 120km
- Maximum Speed : 90 - 110km/h (Boost Mode)
- Weight : 176Kg (batteries) + 80kg (power train)

**COMBINED TORSION & BENDING**



Color Bar  
 Element Direction (Z-axis)  
 Max = 1.000E+02  
 Min = 1.000E-02



Madrid, 17/10/2013

### 4. *aprovechamiento energético de residuos*

En el área de aprovechamiento energético de residuos, el grupo de **Tecnología Ecoinnovadoras Aplicadas al Tratamiento de Residuos**, dirigido por el Dr. Felix López, desarrolla una línea de



tecnologías basadas en un nuevo concepto de pirólisis: hornos modulares multi-etapas verticales de calentamiento externo mediante nuevos quemadores de propano desarrollados por KELLER (mínimo consumo). Este diseño, minimiza los costes energéticos.

### Tecnologías Ecoinnovadoras para el aprovechamiento energético de residuos

Grupo de Investigación: Tecnologías Ecoinnovadoras aplicadas al tratamiento de residuos (TecnoEco)  
 Investigadores: CENIM: Félix A. López; Francisco J. Alguacil; Manuel Alonso  
 Colaboraciones: INCAR (CSIC); Misión Biológica de Galicia (CSIC); Instituto de Catálisis y Petroquímica (CSIC); IMDEA-Materiales; ENRECO 2000; AIRBUS; GRUPO MONDRAGON; RECICLALIA, FERROVIAL; TERRAS GAUDAS, S.A. y RAY TECHNIQUES Ltd (Israel).

- Nuevo concepto de plantas de pirólisis:
  - Multi-reactores verticales
  - Reactores Multi-etapa
  - Alta eficiencia y mínimo consumo energético
- Utilización de nanomateriales para la conversión de aceites en Diésel.

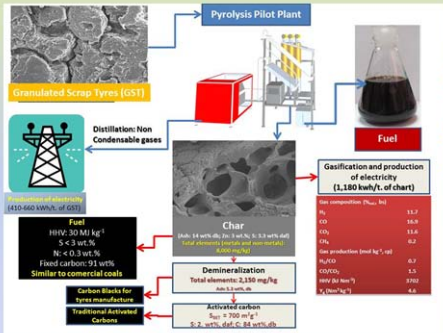




La nueva tecnología (GRAUTHERMIC-CSIC)<sup>®</sup> se basa en el aprovechamiento de todos los productos generados en el proceso. Los gases, se convierten en electricidad mediante turbinas generadoras; los líquidos, en combustibles o bien, en energía eléctrica mediante el uso de una nueva turbina generadora basada en tecnología Phanthone y los sólidos residuales, se utilizan para diversas aplicaciones.

### Tecnologías Ecoinnovadoras para el aprovechamiento energético de residuos

Aplicación a la recuperación energética de Neumáticos y Biomasa residual



**Fuel**  
 HHV: 39 MJ kg<sup>-1</sup>  
 S < 3 wt.-%  
 N < 0.3 wt.-%  
 Fixed carbon: 24 wt.-%  
 Similar to commercial coals

**Gasification and production of electricity (L100 kWh/t of char)**

H <sub>2</sub>	14.7
CH <sub>4</sub>	45.4
CO	11.6
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0.2
Non-oxidation heat (kJ mol <sup>-1</sup> oil)	6.7
CO <sub>2</sub>	1.5
Water (kg mol <sup>-1</sup> oil)	29.0
H <sub>2</sub> O	4.4

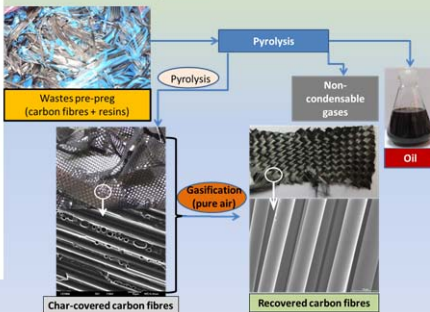
**Char**  
 (with 14 wt.-% char, 2 wt.-% N, 0.3 wt.-% S, total carbon (char and non-char) = 84 wt.-%)

**Deminerallized**  
 Total elements: 2,150 mg/kg  
 Ash: 1.2 wt.-%

**Activated carbon**  
 Ash: 0.70 wt.-%  
 S: 2.2 wt.-%, def. C: 84 wt.-%

**Carbon Blanks for tyre manufacturing**  
 Traditional Activated Carbons

Aplicación a la recuperación energética de fibras de vidrio y de carbono a partir de residuos de la industria aeroespacial



**Wastes pre-preg (carbon fibres + resins)**

**Pyrolysis**


**Non-condensable gases**

**Oil**


**Char-covered carbon fibres**

**Gasification (pure air)**

**Recovered carbon fibres**



Ministerio Tecnológico y de Innovación (MITECO), 2013



Ministerio Tecnológico y de Innovación (MITECO), 2013

Este proceso se ha utilizado con éxito para el aprovechamiento energético de diversos residuos: Biomasa residual; Neumáticos Fuera de Uso y Materiales Compuestos reforzados con fibras de vidrio y de carbono.

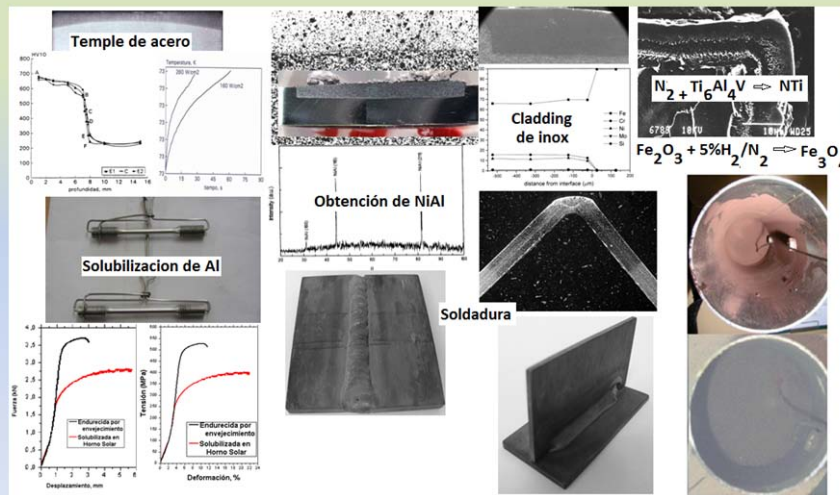
Los resultados obtenidos, dentro de proyectos y contratos de I+D+i con diversas empresas, han sido objeto de patentes y de publicaciones en diversas revistas científicas. La aplicación de esta tecnología al tratamiento de neumáticos fuera de uso ha sido galardonada en el VI Foro Económico de Astaná (Kazakhstan,2013) como la mejor tecnología disponible de la UE. La aplicación al tratamiento de materiales compuestos, tiene como objetivo fundamental la recuperación de fibras, tanto de vidrio como de carbono para su utilización posterior. Se ha aplicado con éxito al tratamiento de residuos de la industria aeronáutica. Este proyecto, ha recibido el Premio R al mejor proyecto innovador en Reciclaje y Sostenibilidad del año 2013.

## 5. *energía solar térmica*



Desde principio de los noventa, con la instalación en el CENIM de los concentradores de energía solar, el Dr. Alfonso Vázquez del grupo de **Corrosión y Protección de Materiales Metálicos**, lleva una larga trayectoria trabajando en diferentes proyectos relacionados con la aplicación de la energía solar térmica a diferentes procesos tanto químicos como metalúrgicos, utilizando para ello no sólo las instalaciones del CENIM (lente de Fresnel y lente de doble reflexión) si no también en colaboración con el Solar Physics Institute (Taskent,Uzbekistan), el CNRS (Odeillo, France) la PSA, que el CIEMAT tiene instalada en Almería.

## Modificación superficial, soldadura y reacciones químicas



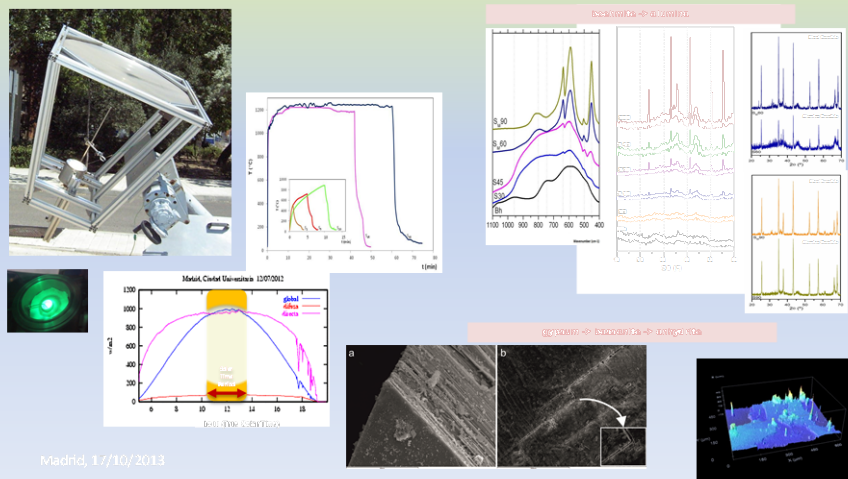
Madrid, 17/10/2013

Entre los diferentes proyectos desarrollados se destacan: el tratamientos térmicos de aceros (temple) y de aleaciones de aluminio (alivio de tensiones); la obtención de recubrimientos sobre aleaciones de Ti; obtención de TiN sobre Ti6Al4V por reacción  $Ti+N_2$ ; cladding de acero inoxidable sobre acero al carbono; soldadura de acero al carbono, inoxidable y aleaciones de titanio; reducción de  $Fe_2O_3$  a  $Fe_3O_4$ ; obtención de espumas de aluminio, y un largo etcétera en el que se incluye el tratamiento de residuos.

La obtención de materiales a partir de materias primas naturales o secundarias, mediante procesos endotérmicos como las reacciones de deshidratación/deshidroxilación, las transformaciones de fase mediante tratamientos térmicos a alta temperatura, etc, lleva asociada un elevado consumo energético.

## Aplicación de la energía solar concentrada a la obtención de materiales a partir de residuos

Grupo de Investigación: Materiales de Valor Añadido a partir de Fuentes No-Convencionales (W4M)  
 Investigadores CENIM: Aurora López-Delgado, Isabel Padilla  
 Colaboraciones: Grupo-COPROMAT-CENIM, IETCC-CSIC, UCM, UPM

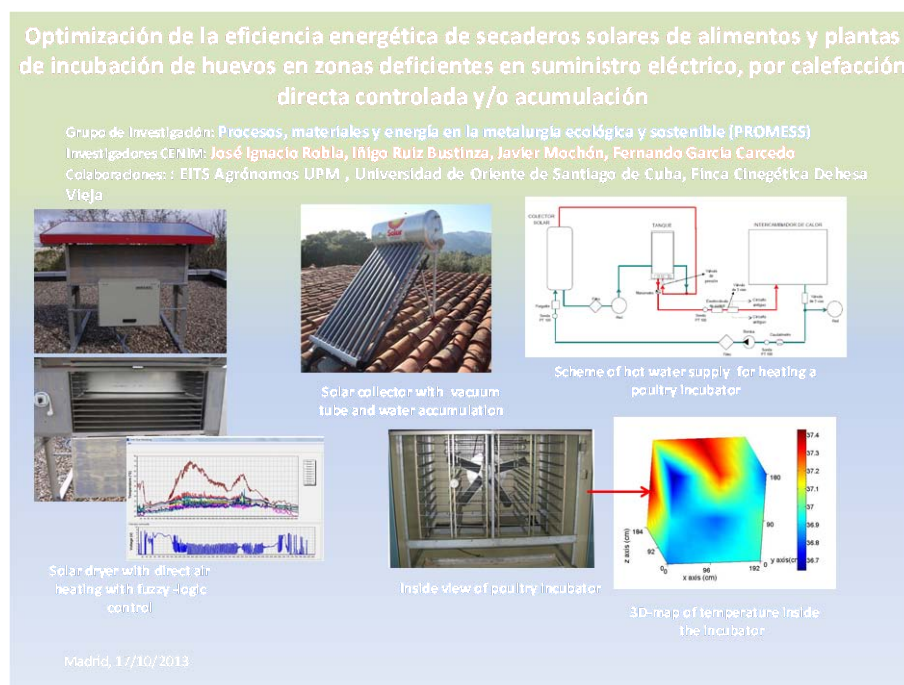


Madrid, 17/10/2013

Si la energía se obtiene a partir de combustibles fósiles se obtiene además un elevado coste medioambiental, no solo por la explotación de los recursos naturales, sino también por las elevadas

emisiones de CO<sub>2</sub>. La utilización de la energía solar concentrada en esos procesos, se plantea como una alternativa medioambiental y económicamente viable. Así el grupo de **Materiales de Valor Añadido a partir de Fuentes no Convencionales**, dirigido por Dra. Aurora López-Delgado, en colaboración con el Grupo de Investigación Corrosión y Protección de Materiales Metálicos, está llevando a cabo diferentes estudios sobre obtención de aluminas y materiales base yeso a partir de diferentes residuos industriales y/o materiales secundarios utilizando los concentradores de radiación solar del CENIM. Siendo el objetivo de esta línea de investigación la utilización de la tecnología basada en energía solar concentrada como alternativa económica para la obtención de diferentes materiales a partir de residuos y materiales secundarios.

Finalmente, y dentro también de la línea de energía solar, el grupo de **Procesos, Materiales y Energía en la Metalúrgica Ecológica y Sostenible**, anteriormente citado, estudia la “Optimización de la eficiencia energética de secaderos solares de alimentos y plantas de incubación de huevos en zonas deficientes en suministro eléctrico, por calefacción directa controlada y/o acumulación” dentro de diferentes proyectos de la AECID, con participación de la ETSI Agrónomos de la UPM y el GERA (Grupo de Energías Renovables) de la Universidad de Oriente en Santiago de Cuba.



Los resultados obtenidos han conducido al desarrollo de secaderos solares de alimentos basados en paneles de calefacción directa de aire, así como un sistema para incubación de huevos mediante captadores solares de tubos de vacío y acumulación de la energía en depósito de agua para continuar la incubación en caso de apagones.



Se ha pretendido en esta somera exposición presentar las líneas de investigación relacionadas con la temática de energía que los diferentes Grupos de Investigación del CENIM-CSIC están desarrollando, esperando sea la base para establecer futuras colaboraciones científicas.



Síguenos en:



Facebook  
CENIM – CSIC



Twitter  
@CENIM-CSIC



Youtube  
CENIM CSIC



Madrid, 17/10/2013