

GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

E-LIG-E  
ENE2015-70417-P

**Ciemat**

Nuevo concepto de generación portátil de energía basado en hidrógeno y pila de combustible ultraligera y de alta densidad de potencia

**Análisis de la sostenibilidad de una pila de combustible**

**Santacruz Banacloche, Daniel Garrain**  
Departamento de Energía  
Unidad de Análisis de Sistemas Energéticos  
[santacruzp.banacloche@ciemat.es](mailto:santacruzp.banacloche@ciemat.es)  
[daniel.garrain@ciemat.es](mailto:daniel.garrain@ciemat.es)

**Contenidos**

- ✓ Concepto de sostenibilidad
- ✓ Análisis socioeconómico
  - ✓ Modelo Input-Output
  - ✓ Resultados y conclusiones
- ✓ Análisis medioambiental
  - ✓ Análisis de Ciclo de Vida
  - ✓ Resultados y conclusiones

**Sostenibilidad**

**Análisis de Ciclo de Vida**

**Input-Output**

**Análisis socioeconómico**

≡ EL PAÍS

**Facebook genera 230.000 empleos en la Unión Europea**

TECNOLOGÍA

Un estudio mide el impacto laboral y económico de la red social en la Unión Europea  
Según la empresa, aporta 15.300 millones de euros al PIB comunitario

Facebook no solo es un pasatiempo, también genera empleo y riqueza. Esta es la conclusión de un informe de Deloitte que mide la aportación de la red social al empleo y la economía de la Europa de los 27. En concreto, ha ayudado a crear más de 230.000 trabajos y aporta 15.300 millones de euros al PIB comunitario.

## Análisis socioeconómico

**Puertollano: La nueva planta de biomasa de Ence será inaugurada este jueves**

miciudadreal - 7 enero, 2020 - 16:55 Sin comentarios

La nueva planta de generación de energía renovable con biomasa "Bioliano 50 MW" de Ence-Energía y Celulosa que ocupa los terrenos de la antigua central de Eicogas en Puertollano será inaugurada este jueves a partir de las 11 00 horas durante un acto en el que está prevista la asistencia de las principales autoridades provinciales y regionales.

Según ha informado la compañía, este proyecto constituye un "ejemplo de transición energética justa" a través de la transformación del emplazamiento de la antigua central térmica de Eicogas en una planta de generación de energía renovable con biomasa de baja emisión "que contribuirá al sostenimiento de más de 1.300 puestos de trabajo directos, indirectos e inducidos".

**Input-Output Analysis**

**Domestic transactions (Z or T block)**

**Primary inputs (aka Value Added)**

**Imports into intermediate demand**

**Domestic final demand of domestic goods**

**Exports**

**Domestic FD of imported goods**

**Satellite accounts (Q, non-monetary inputs into production)**

$$X_1 = Z_{11} + Z_{12} + Z_{13} + \dots + Z_{1n} + Y_1$$

- El **modelo abierto** de Leontief la producción  $x$  depende de la demanda final  $y$  (exógena) :

$$x = (I - A)^{-1}y$$

- Donde  $x$  es el output total, que es igual a la inversa de Leontief  $(I - A)^{-1}$  por el vector de demanda final  $y$ .

Los **modelos IO multirregionales** (MRIO en inglés) están diseñados para expandir el marco conceptual IO para incluir los intercambios entre sectores industriales de diferentes regiones

	Country A Intermediate Industry	Country B Intermediate Industry	Rest of World Intermediate Industry	Country A Final domestic	Country B Final domestic	Rest of World Final domestic	Total
Country A Industry	Intermediate use of domestic output	Intermediate use by B of exports from A	Intermediate use by RoW of exports from A	Final use of domestic output	Final use by B of exports from A	Final use by RoW of exports from A	Output in A
Country B Industry	Intermediate use by A of exports from B	Intermediate use of domestic output	Intermediate use by RoW of exports from B	Final use by A of exports from B	Final use of domestic output	Final use by RoW of exports from B	Output in B
Rest of World (RoW) Industry	Intermediate use by A of exports from RoW	Intermediate use by B of exports from RoW	Intermediate use of domestic output	Final use by A of exports from RoW	Final use by B of exports from RoW	Final use of domestic output	Output in RoW
	Value added & Output in A	Value added & Output in B	Value added & Output in RoW				

El uso de productos de cada sector se divide por los distintos orígenes. Un producto puede ser producido por una industria nacional o extranjera y la información sobre el origen se muestra de forma explícita en una tabla con la misma estructura que una tabla IO



## ¿Qué necesitamos?



## Bases de datos



## Investment cost disaggregation and manufacturing country

Component	Investment cost breakdown	Country	2018 €
CELL	PEEK	United Kingdom	11.76
	Rejilla de níquel	United States	0.70
	Acero	Spain	0.10
	Silicona	Spain	0.10
	Electrodo	United States	4.00
	Membrana	United States	4.55
	Tornillos	Spain	0.08
	Arandelas	Spain	0.08
	Tuercas	Spain	0.08
	Tornillos M2	Spain	0.08
	Arandelas M2	Spain	0.08
	Helicoil	Spain	2.32
	2x Conectores de gas	Japan	5.20
	Disipador de Aluminio	Germany	5.01
<b>HYDROGEN METALS-HYDRIDE CONTAINER</b>	<b>Singapore</b>	<b>40.00</b>	
PORTABLE SYSTEM	Pressure control	Japan	22.00
	Conductos y conectores	Spain	5.00
	DC-DC conversion	United Kingdom	22.00
<b>TOTAL</b>			<b>121.15</b>



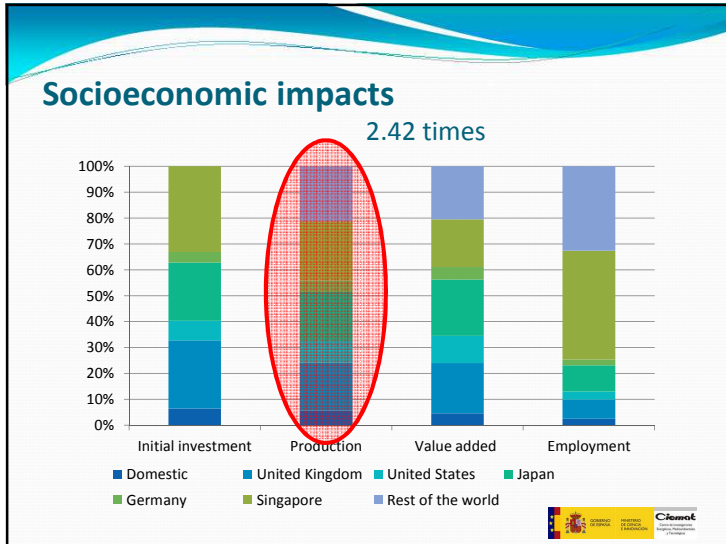
### Investment cost disaggregation and manufacturing country

Component	Investment cost breakdown	Country	2018 €
<b>CELL</b>			<b>34.15</b>
	PEEK	United Kingdom	11.76
	Rejilla de níquel	United States	0.70
	Acero	Spain	1.10
	Silicona	Spain	0.10
	Electrodo	Japan	4.55
	Membrana	United Kingdom	0.08
	Tornillos	United States	0.08
	Arandela	Spain	0.08
	Tubo	Spain	0.08
	Conectores de gas	Spain	2.32
	Disipador de Aluminio	Germany	5.20
	Disipador de Aluminio	Germany	5.01
<b>HYDROGEN METALS-HYDRIDE CONTAINER</b>		<b>Singapore</b>	<b>40.00</b>
<b>PORTABLE SYSTEM</b>			<b>47.00</b>
	Pressure control	Japan	22.00
	Conductos y conectores	Spain	5.00
	DC-DC conversion	United Kingdom	22.00
<b>TOTAL</b>			<b>121.15</b>

**Time for arrangements**

### From investment costs to demand vector

Country	Sector	Investment costs
Singapore	Electrical equipment	46.01
Japan	Computer, electronic and optical products	31.29
United Kingdom	Electrical equipment	23.01
United Kingdom	Chemicals and pharmaceutical products	13.53
United States	Electrical equipment	9.84
Germany	Electrical equipment	5.76
Spain	Electrical equipment	5.75
Spain	Basic metals	2.78
United States	Basic metals	0.81
Spain	Fabricated metal products	0.46
Spain	Chemicals and pharmaceutical products	0.12



### Main economic sectors responsible of the largest shares socioeconomic effects

Country	Economic sector	Production (USD)	Value added (USD)	Jobs (FTE)
Singapore	Electrical equipment	46.376	12.742	0.00068
Japan	Computer, electronic and optical products	34.689	15,042	0.00014
United Kingdom	Electrical equipment	23.494	8.757	0.00009
United Kingdom	Chemicals and pharmaceutical products	15.261	5.918	0.00002
United States	Electrical equipment	10.277	4.621	0.00003
Rest of the World	Basic metals	9.014	1.755	0.00005
Germany	Electrical equipment	6.663	2.758	0.00003
Spain	Electrical equipment	6.089	1.657	0.00002
Rest of the World	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles	5.855	3.366	0.00021
Rest of the World	Other business sector services	5.495	2.874	0.00011
Rest of the World	Mining and extraction of energy producing products	5.251	3.063	0.00003
Japan	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles	4.543	2.979	0.00006
Singapore	Other business sector services	4.621	2.282	0.00018
Singapore	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles	2.687	1.198	0.00018
Rest of the World	Transportation and storage	5.031	2.168	0.00012
Rest of the World	Agriculture, forestry and fishing	0.844	0.455	0.00012
Singapore	Transportation and storage	3.247	0.795	0.00010

### Main economic sectors responsible of the largest shares socioeconomic effects

Country	Economic sector	Production (USD)	Value added (USD)	Jobs (FTE)
Singapore	Electrical equipment	46.376	12.742	0.00068
Japan	Computer, electronic and optical products	34.689	15.042	0.00014
United Kingdom	Electrical equipment	23.494	8.757	0.00009
United Kingdom	Chemicals and pharmaceutical products	15.261	5.918	0.00002
United States	Electrical equipment	10.277	4.621	0.00003
Rest of the World	Basic metals	9.014	1.755	0.00005
Germany	Electrical equipment			
Spain	Electrical equipment			
Rest of the World	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles	5.855	3.366	0.00021
Rest of the World	Other business sector services	5.495	2.874	0.00011
Rest of the World	Mining and extraction of energy producing products	5.251	3.063	0.00003
Japan	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles	4.543	2.979	0.00006
Singapore	Other business sector services	4.621	2.282	0.00018
Singapore	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles	2.687	1.198	0.00018
Rest of the World	Transportation and storage	5.031	2.168	0.00012
Rest of the World	Agriculture, forestry and fishing	0.844	0.455	0.00012
Singapore	Transportation and storage	3.247	0.795	0.00010

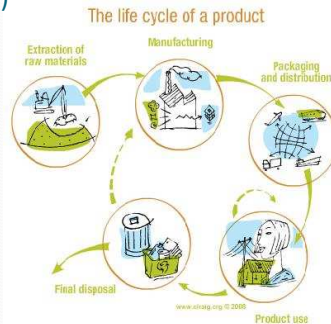
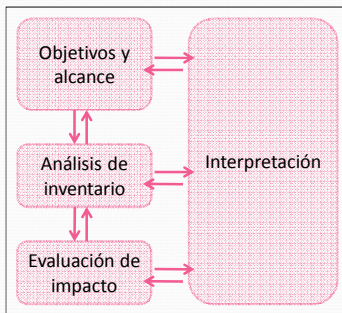
Empleo directo 0.000625

### Conclusiones

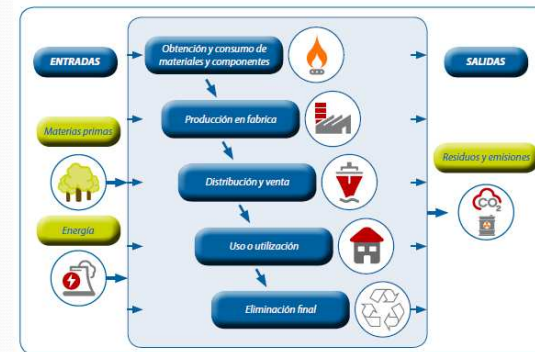
- Bajo VA y empleo en España, ¿reducir dependencia importadora?
- Posibles líneas de investigación futuras:
  - 1) Escalar producción;
  - 2) Escenarios de dependencia importadora;
  - 3) Hacer endógeno el sector “pila de combustible”;
  - 4) Hibridar IO con ACV para cálculo Huella de Carbono.

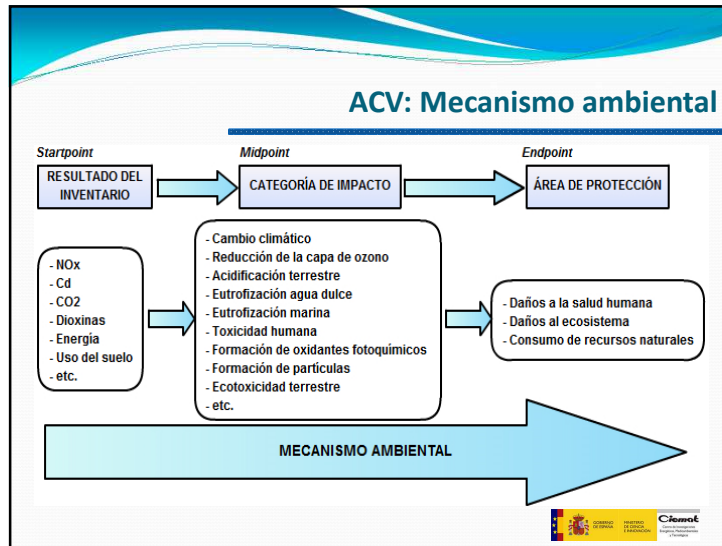
### Análisis medioambiental

#### Análisis de Ciclo de Vida (ACV)



### ACV: Perspectiva





### ACV: Categorías de impacto → Huella ambiental

Categoría de impacto	Unidad
Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq
Ozone depletion	kg CFC-11 eq
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh
Human toxicity, cancer effects	CTUh
Particulate matter	Disease incidence
Ionizing radiation HH	kBq U <sup>235</sup> eq
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq
Acidification	molc H <sup>+</sup> eq
Terrestrial eutrophication	molc N eq
Freshwater eutrophication	kg P eq
Marine eutrophication	kg N eq
Freshwater ecotoxicity	CTUe
Land use	Several units* (Pt)
Water resource depletion	m <sup>3</sup> water world eq
Resource Use (mineral and metals)	kg Sb eq
Resource Use (fossils)	MJ

### ACV: Análisis de Inventario (Infraestructura)

Disposición para 3V: 6x4

Parte	Componente	Material	Peso [g]
Ánodo	Placa anódica 1	PEEK	6,5669
	Placa anódica 2	PEEK	9,1749
	Membrana	Nafion (NF117)	0,3048
	Junta Pan1-Man	Silicona	0,0794
	Cierre Pan1-Pan2	Acero inoxidable (M2x8)	2,1835
	Junta Pan1-Pan2	Silicona	0,283
	Junta Pan2-Can	Silicona	0,4974
	Marco Can	PET-G con 20% fibra de carbón	1,1615
	Rejilla Can	Níquel (5Ni7077)	0,3972
Membrana	Electrodo ánodo	Tela de carbón + Pt (ETEK)	0.1507 (0.00175 Pt)
	Membrana	Nafion (NF112)	0,2926
Cátodo	Junta Mem-MCat	Mylar	0,0693
	Electrodo catódico	Tela de carbón + Pt (FCETC)	0.1559 (0.00175 Pt)
	Marco Ccat_1	PET-G con 20% fibra de carbón	1,1615
	Marco Ccat_2	Aluminio	2,278
	Rejilla Cat	Níquel (5Ni7077)	0,3986
	Placa catódica	Aluminio	17,0856
Cierre pila	Cierre Pan1-MCcat	Acero	8,06
	Cierre Pan1-PCat	Acero	2,5132
Conectores de gases	Conector gas 1	Fibra de vidrio reforzada	2,7118
	Conector gas 2	Fibra de vidrio reforzada	2,7118

### ACV: Análisis de Inventario (combustible)

**Hidrógeno:**  
**Materiales:**  
 Recubrimiento: 5 g Al  
 Interior: 99 g LaNi<sub>5</sub>  
**Uso:**  
 Acumula por pila 1 g H<sub>2</sub>  
 Vida útil: 40m h (consideración de 5m)  
 Electrolizador (3 L/h; 23 W; 20 mL agua; eficiencia 70%).

### ACV: Resultados globales (por vida útil de la pila)

Climate change	kg CO <sub>2</sub> eq	42500
Ozone depletion	kg CFC-11 eq	0,15
Human toxicity, non-cancer effects	CTUh	3,7 e-03
Human toxicity, cancer effects	CTUh	7,8 e-04
Particulate matter	Disease incidence	1,4 e-03
Ionizing radiation HH	kBq U <sup>235</sup> eq	18800
Photochemical ozone formation	kg NMVOC eq	135,5
Acidification	molc H <sup>+</sup> eq	443
Terrestrial eutrophication	molc N eq	461
Freshwater eutrophication	kg P eq	20
Marine eutrophication	kg N eq	45
Freshwater ecotoxicity	CTUe	16500
Land use	Pt	33400
Water resource depletion	m <sup>3</sup> water world eq	1,19 e+07
Resource Use (mineral and metals)	kg Sb eq	0,05
Resource Use (fossils)	MJ	6,26 e+05

