

Organiza:



V ENCUENTRO Ingeniería de la Energía

Patrocinadores:



Asociación Nacional
de Productores
de Energía Renovable



Cátedra
Takasago Industria y
Mantenimiento 4.0



CÁTEDRA DEL AGUA
Y LA SOSTENIBILIDAD



ACTAS DEL CONGRESO

V ENCUENTRO DE INGENIERÍA DE LA ENERGÍA DEL CAMPUS MARE NOSTRUM



Editores:

Mariano Alarcón García (Editor)

Manuel Seco Nicolás (Co-editor)

© Mariano Alarcón García

ISBN: 978-84-09-29971-3

Dirección web de congreso: V-EIECMN

Universidad de Murcia

Campus Mare Nostrum

Del 23 al 26 de
noviembre de 2020

Quinta edición del Encuentro orientado a servir de espacio de reunión para tratar las distintas facetas de las aplicaciones de la Energía en los ámbitos académico y profesional, así como de instituciones y empresas en el que compartir trabajos, se muestren avances creando un espacio virtual de debate y reflexión en el que plantear soluciones a los importantes retos que la Sociedad tiene en el ámbito de la Energía, englobado en el ODS-7, *Energía asequible y no contaminante*, desde una vocación tecnológica pero a la vez con sensibilidad social.





ELECTROQUÍMICA EN LA ERA DE LA SOSTENIBILIDAD: BATERÍAS DE ION LITIO Y VEHÍCULOS ELÉCTRICOS

Cristina Barqueros López ⁽¹⁾; Manuela López Tenés ^(2*)
María Luisa Alcaraz Tafalla ⁽²⁾

manuela@um.es (*)

⁽¹⁾ Universidad de Murcia, Facultad de Química, Alumna del Máster de Ingeniería Química

⁽²⁾ Universidad de Murcia, Facultad de Química, Departamento de Química Física

RESUMEN

Esta comunicación corresponde al Trabajo de Fin de Grado de Cristina Barqueros López. En ella se plantea la sustitución progresiva de los combustibles fósiles por energías renovables (solar y eólica fundamentalmente), mediante el desarrollo de nuevas tecnologías innovadoras para conseguir un futuro energéticamente sostenible. Dicha sustitución se ve limitada por la naturaleza intermitente de las energías solar y eólica, por lo que han de ser almacenadas, para posteriormente recuperarla energía cuando sea necesario [2]. En este sentido, algunas tecnologías electroquímicas, como son las baterías y las células de combustible [2,4], se encuentran a la vanguardia de las estrategias energéticas para el futuro [1], en el que se espera que una de sus principales aplicaciones sea en el vehículo eléctrico, lo que supondría un gran impulso hacia una movilidad sostenible [3,4].

Las baterías de ion litio, por cuyo desarrollo M. Stanley Whittingham, John B. Goodenough y Akira Yoshino obtuvieron el Premio Nobel de Química 2019, son las más utilizadas en este sector [4]. Para dichas baterías, se explica el principio de funcionamiento, se describen los componentes y se presentan los distintos tipos existentes en el mercado, estableciendo una comparación entre ellos [4]. Asimismo, se presentan y comparan los diferentes tipos de vehículos eléctricos [3], indicando las baterías de ion litio predominantes en cada uno de ellos.

Con el objetivo de corregir las deficiencias de las baterías de ion litio actuales se plantean posibles mejoras. Además, se presenta el reciclaje y la reutilización de estos dispositivos como estrategias fundamentales en el futuro [4]. Por otra parte, como alternativas a estas baterías, se propone la combinación de distintos dispositivos electroquímicos, así como la utilización de otros materiales, y tipos avanzados de células de combustible [4]. Finalmente, se destaca que "Clima, energía y movilidad", una de las líneas de investigación prioritarias de "Horizonte Europa" (próximo programa de inversión en investigación e innovación de la Unión Europea para 2021-2027), centra sus objetivos en aspectos relacionados, directa o indirectamente, con el desarrollo futuro de baterías y células de combustible [1].

[X] ORAL [X] Movilidad sostenible

REFERENCIAS

[1] *Horizon Europe- the next research and innovation framework programme*. (2020). Disponible en: https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme_en [Consulta: 2 octubre 2020].

[2] David A.J. Rand, *A journey on the electrochemical road to sustainability*, J. Solid State Electrochem, 2011, vol. 59, pp. 1579-1622.

[3] Fuad Un-Noor, Sanjeevikumar Padmanaban, Lucian Mihet-Popa, Mohammad Nurunnabi Mollah, Eklas Hossain, *A Comprehensive Study of Key Electric Vehicle (EV) Components, Technologies, Challenges, Impacts, and Future Direction of Development*, Energies, 2017, vol. 10 (1217), pp. 1-84.

[4] Ghassan Zubi, Rodolfo Dufo-López, Monica Carvalho, Guzay Pasaoglu, *The lithium-ion battery: State of the art and future perspectives*, Renew. Sustain. Energy Rev, 2018, vol. 89, pp. 292-308.

ELECTROQUÍMICA EN LA ERA DE LA SOSTENIBILIDAD: BATERÍAS DE ION LITIO Y VEHÍCULOS ELÉCTRICOS



BARQUEROS LÓPEZ, CRISTINA⁽¹⁾;

LÓPEZ TENÉS, MANUELA⁽²⁾;

ALCARAZ TAFALLA, MARÍA LUISA⁽³⁾;

`cristina.barquerosl@um.es`

⁽¹⁾UNIVERSIDAD DE MURCIA, FACULTAD DE QUÍMICA, ALUMNA DEL MÁSTER EN
INGENIERÍA QUÍMICA

⁽²⁾⁽³⁾UNIVERSIDAD DE MURCIA, FACULTAD DE QUÍMICA, DEPARTAMENTO DE
QUÍMICA FÍSICA

TRABAJO DE FIN DE GRADO DE CRISTINA BARQUEROS LÓPEZ. JUNIO 2020

ÍNDICE



- 1. INTRODUCCIÓN: ELECTROQUÍMICA Y SOSTENIBILIDAD**
- 2. BATERÍAS Y CÉLULAS DE COMBUSTIBLE**
- 3. BATERÍAS DE ION LITIO**
- 4. VEHÍCULO ELÉCTRICO**
- 5. PERSPECTIVAS DE FUTURO**
- 6. CONCLUSIONES**

1. Introducción: Electroquímica y sostenibilidad



Figura 1- J. Chem. Educ. 90 (2013) 1411 -1413.

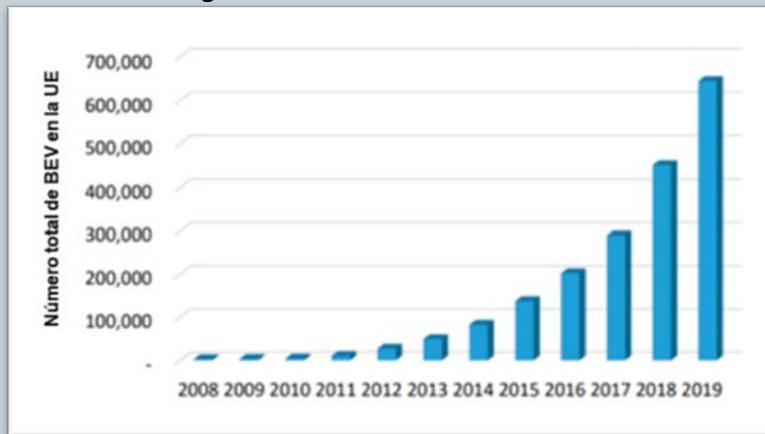


Figura 2- Sustainability. 12 (2020) 1-17.



Baterías y células de combustible:

Energía química



Energía eléctrica



2. Baterías y células de combustible: componentes y funcionamiento

BATERÍAS

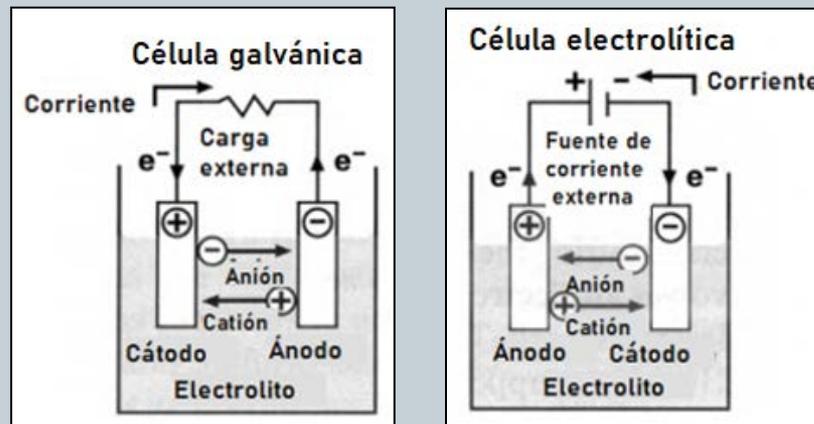
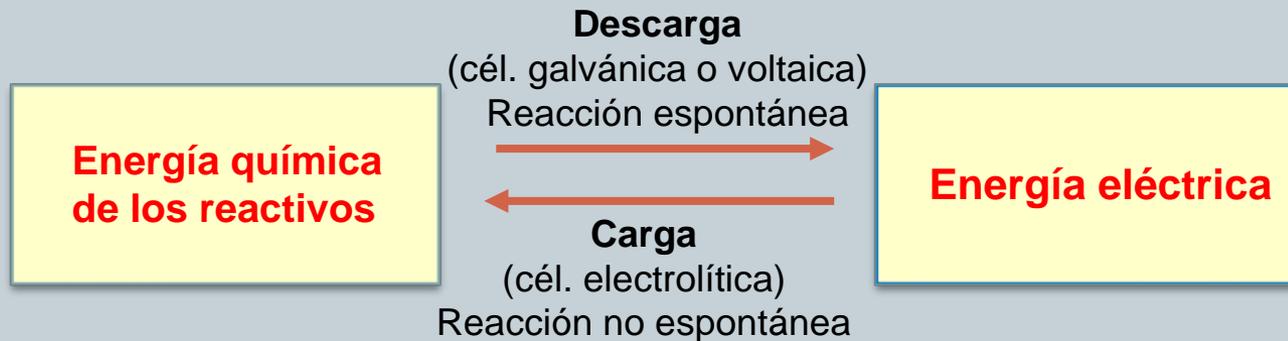


Figura 3- R.M. Dell, P.T. Moseley, D.A.J. Rand, Towards Sustainable Road Transport, Elsevier, New York, 2014.

2. Baterías y células de combustible: componentes y funcionamiento

CÉLULAS DE COMBUSTIBLE

$$\varepsilon_{max} = \frac{\Delta G^\circ}{\Delta H^\circ} = 0,83$$

$$\varepsilon_{vol} = \frac{E_{cel}}{E_{eq,cel}} < 1$$

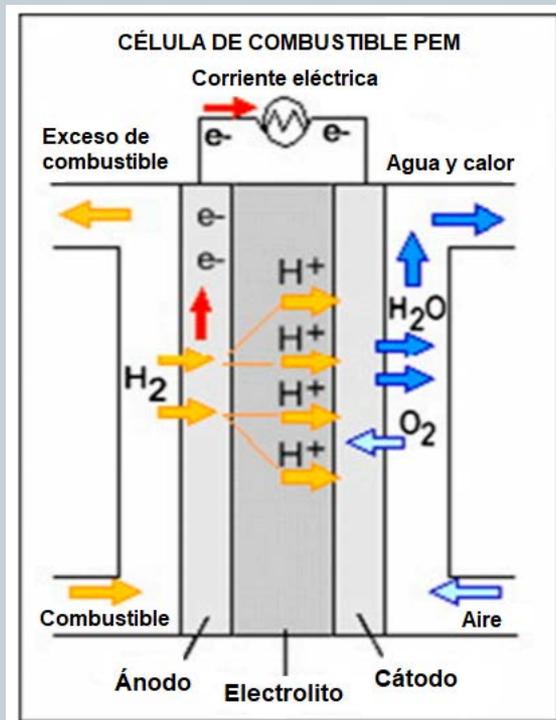


Figura 4- Membranes. 10(99) (2020) 1-18.

PEM: Proton Exchange Membrane

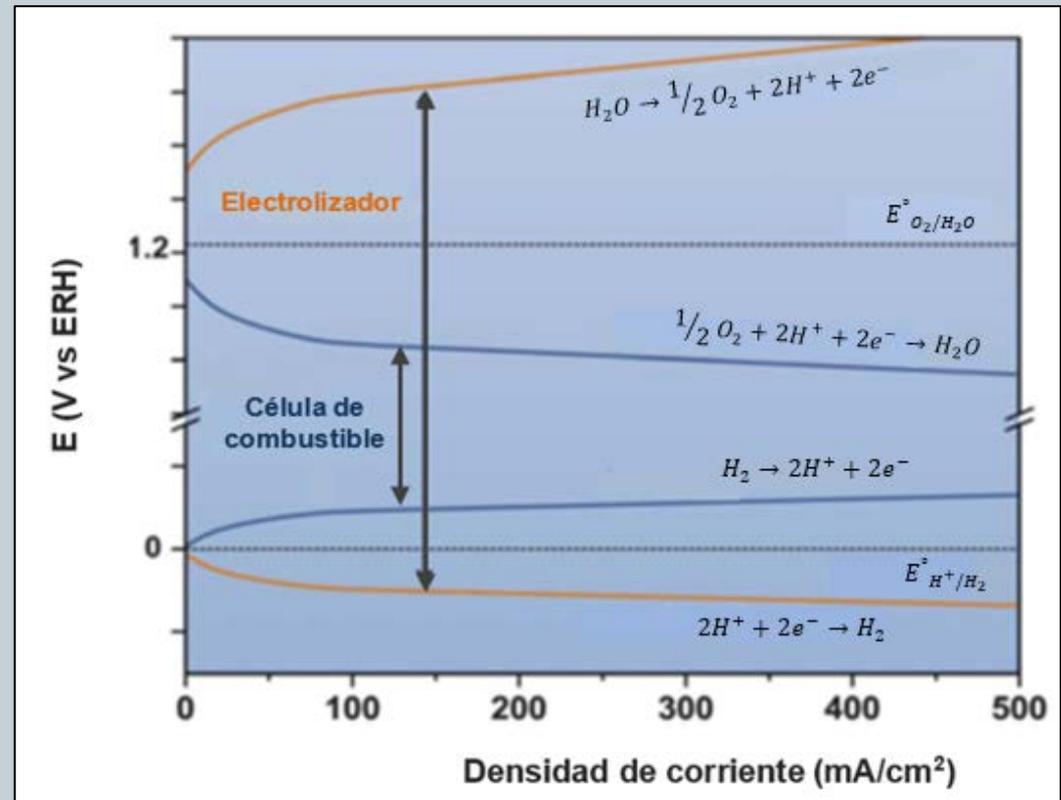


Figura 5- Energy Environ. Sci. 5 (2012) 9246-9256.

3. Baterías de ion litio: funcionamiento y tipos

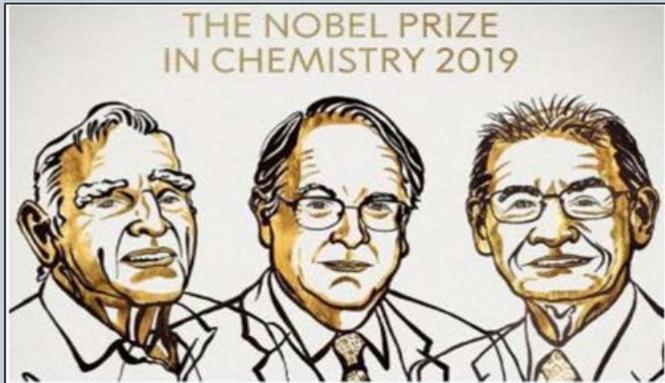
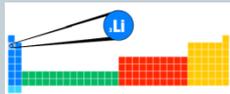


Figura 6- John B. Goodenough, M. Stanley Whittingham, Akira Yoshino
An. Quim. 115(5) (2019) 439-441.



Whittingham: en 1976 desarrolló la primera batería funcional de litio.

Goodenough: en 1980 duplicó el voltaje de la batería, creando las condiciones adecuadas para una batería mucho más potente y útil.

Yoshino: en 1985 aumentó la seguridad de la batería al eliminar el litio metálico y basarla en su totalidad en iones de litio, haciendo así que funcionara en la práctica.

En la descarga:

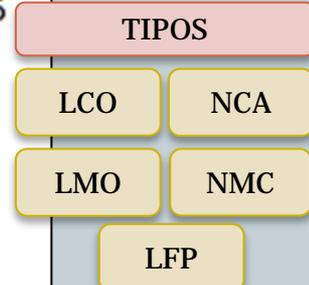
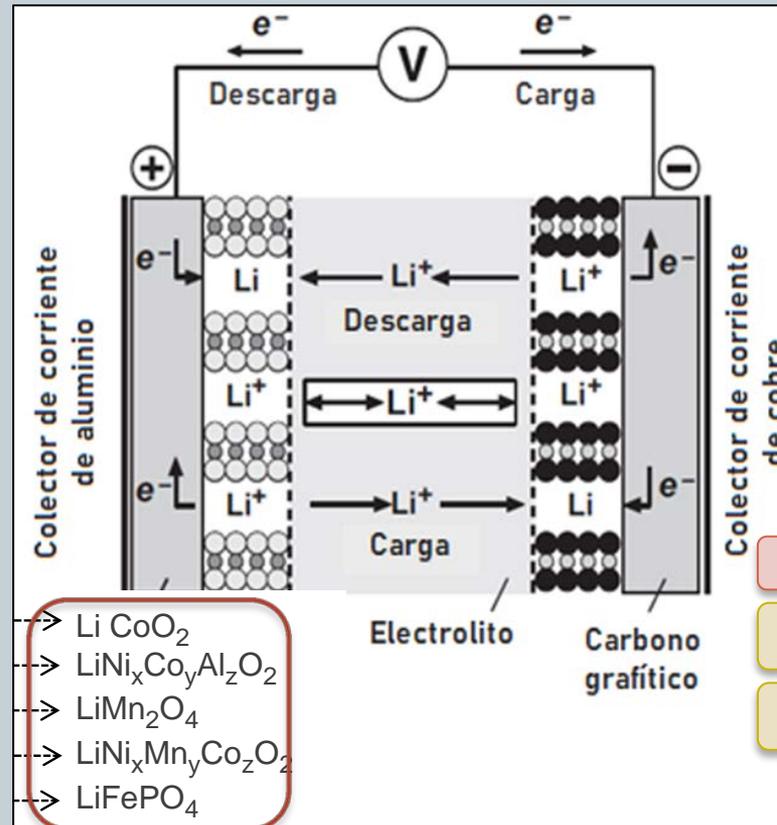
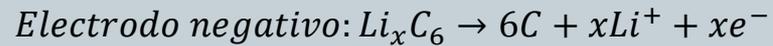
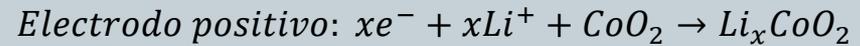


Figura 7- R.M. Dell, P.T. Moseley, D.A.J. Rand, Towards Sustainable Road Transport, Elsevier, New York, 2014.

3. Baterías de ion litio: tipos y características

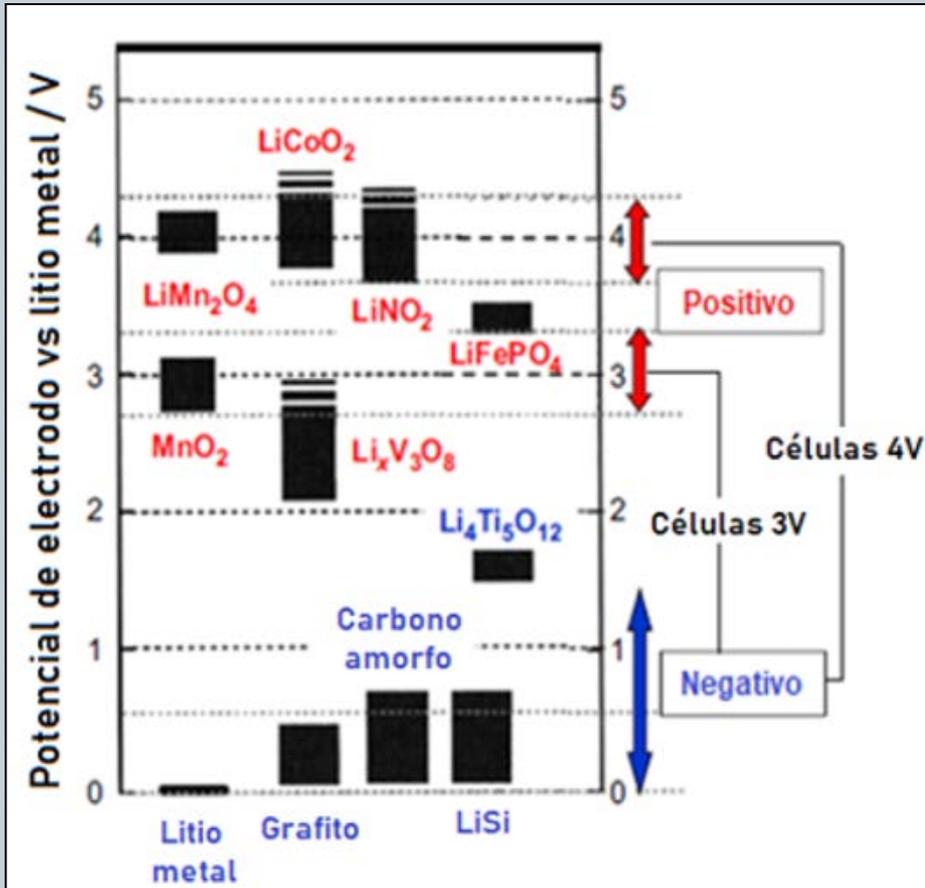


Figura 8- R.M. Dell, P.T. Moseley, D.A.J. Rand, Towards Sustainable Road Transport, Elsevier, New York, 2014.

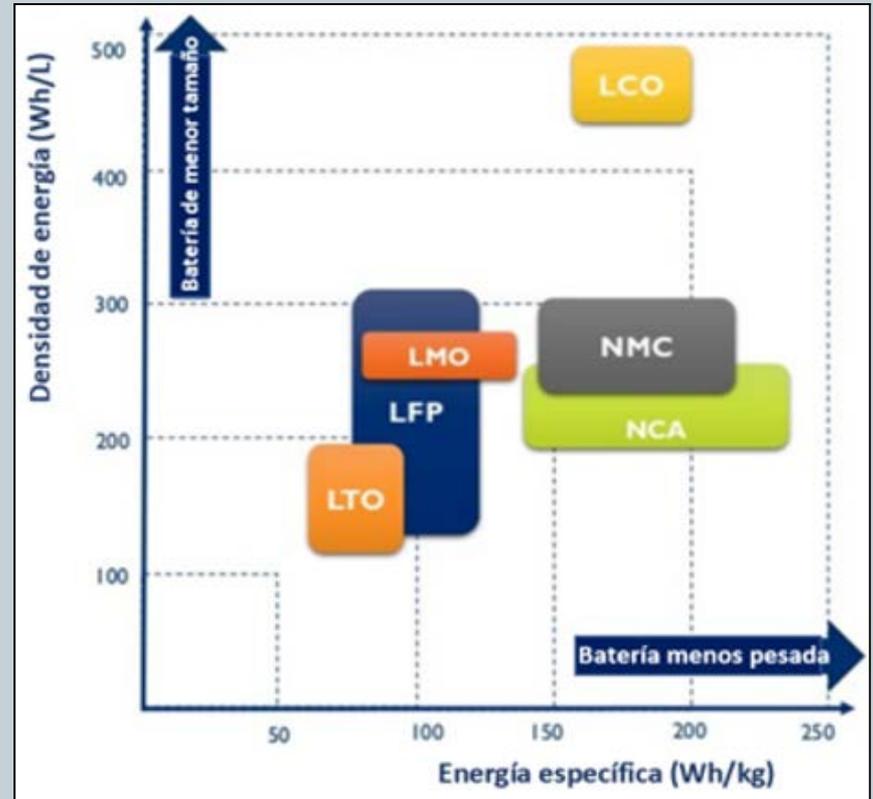


Figura 9- LTO: Li₄Ti₅O₁₂ (2016). <https://docplayer.es/28682686-Almacenamiento-electroquimico-con-baterias-de-ion-litio-inigo-gandiaga-castellon-28-06-2016.html>.

3. Baterías de ion litio: tipos y características

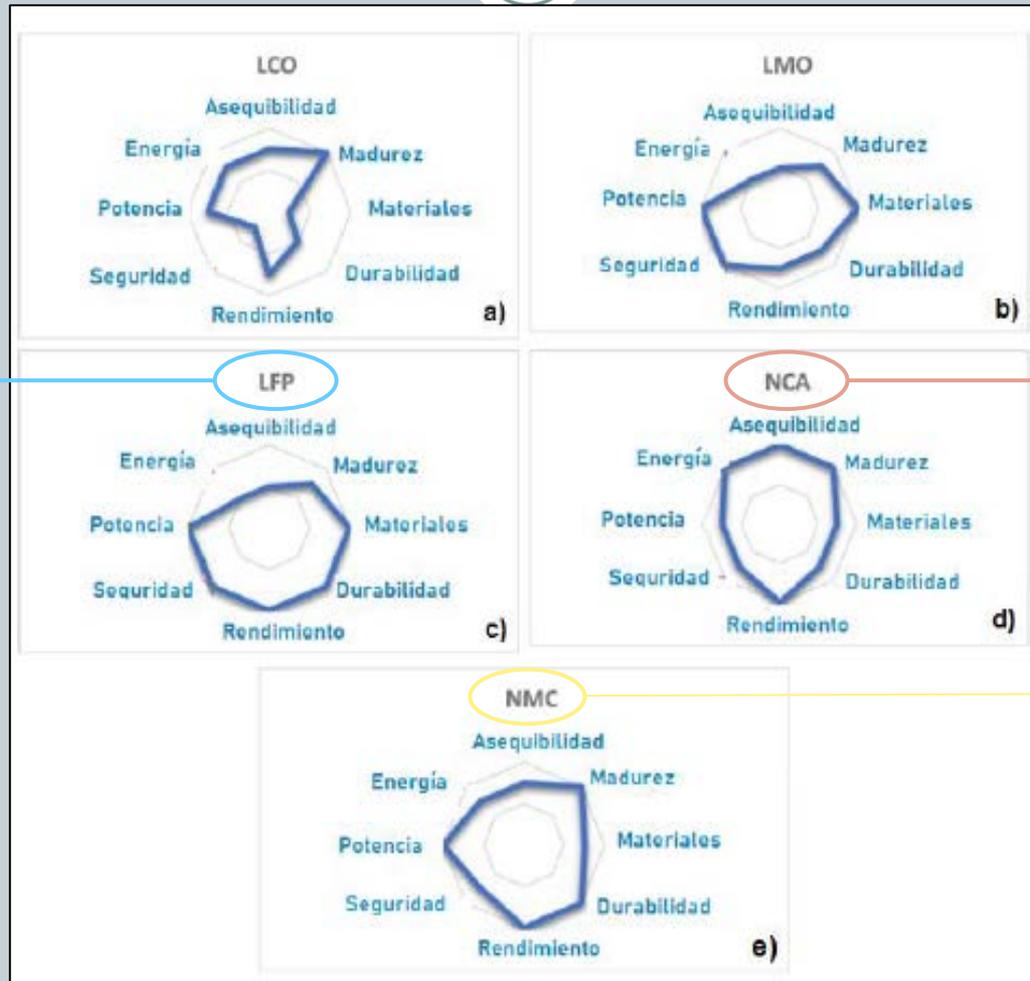


Figura 10- Renew. Sustain. Energy Rev. 89 (2018) 292-308.

3. Baterías de ion litio: aplicaciones

Tabla 1- Pasado, presente y futuro de las baterías de ion litio.
Mercado mundial en GWh/año.

	2010	2015	2020	2025	2030
Teléfonos móviles	6	11	17	28	44
Tablets	1	7	12	17	25
Ordenadores portátiles	12	9	9	9	11
Electrónica portátil, otros	3	4	7	12	20
Electrónica portátil, total	22	31	45	66	100
Vehículos eléctricos de batería (BEV)	0	11	65	115	200
Vehículos eléctricos híbridos enchufables (PHEV)	0	2	8	13	25
Vehículos eléctricos híbridos (HEV)	0	0	2	7	15
Transporte por carretera, otros	0	0	1	2	5
Transporte por carretera, total	0	13	76	137	245
Almacenamiento para el suministro de energía	0	0	2	10	30
Otras aplicaciones	1	1	2	7	15
Total	23	45	125	220	390

Renew. Sustain. Energy Rev. 89 (2018) 292.



Figura 11



Figura 12



Figura 13

Figura 11: <https://www.carrefour.es/bateria-para-samsung-galaxy-core-gt-i8260-litio-ion/4053909169398/p>.

Figura 12: (2018). <https://www.datacenterdynamics.com/es/noticias/bater%C3%AD-li-ion-para-almacenar-energ%C3%AD-gran-escala/>.

Figura 13: (2010). <https://www.xataka.com/otros/mejoras-en-las-baterias-de-ion-litio-prometen-10000-recargas-y-20-anos-de-vida-util>.

4. Vehículo eléctrico

Tipos de vehículos eléctricos (EV):

- Vehículo eléctrico híbrido (HEV)
- Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV)
- Vehículo eléctrico de batería (BEV)
- Vehículo eléctrico de pila de combustible (FCEV)

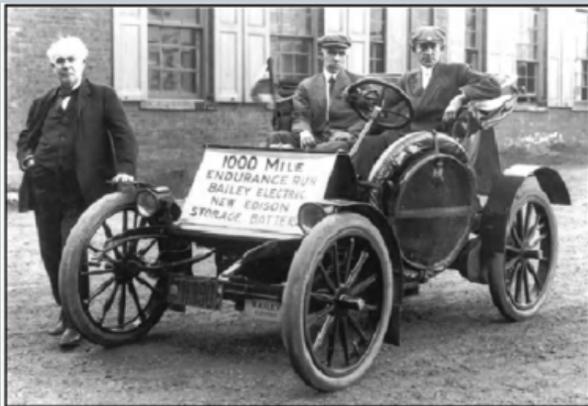


Figura 14- R.M. Dell, P.T. Moseley, D.A.J. Rand, Towards Sustainable Road Transport, Elsevier, New York, 2014.



HEV y PHEV con menos de 40 km de autonomía eléctrica



PHEV con más de 40 km de autonomía eléctrica, BEV, FCEV y eléctricos de autonomía extendida

Figura 15- <https://www.pegatinasdirecciongeneraldefrafico.com/tipos-distintivos>.

4. Vehículo eléctrico: híbridos

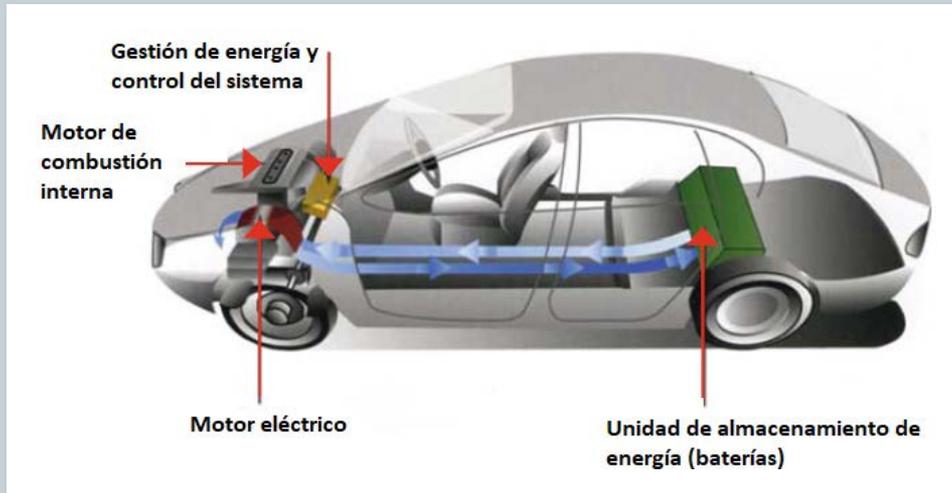


Figura 16- J. Solid State Electrochem. 15 (2011) 1579-1622.

Vehículo eléctrico híbrido (HEV)



Figura 17- (2020). <https://www.quecochemecompro.com/guias-de-compra/mejores-suv-hibridos/>.

Vehículo eléctrico híbrido enchufable (PHEV)

4. Vehículo eléctrico: batería y pila de combustible

Vehículo eléctrico de batería (BEV)

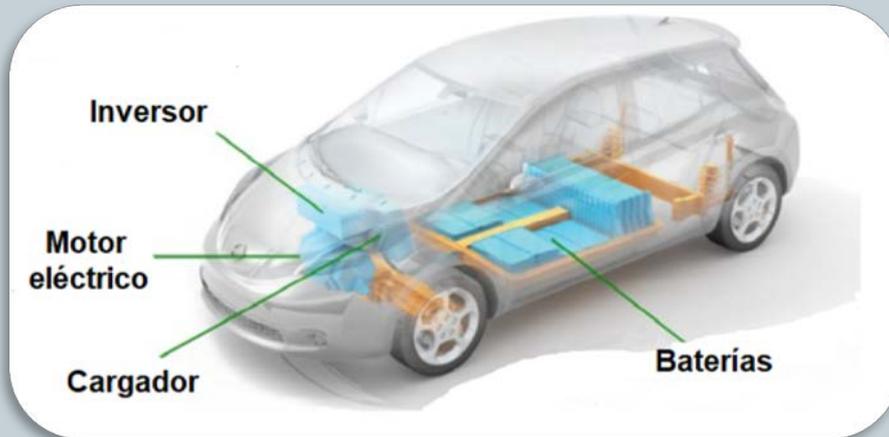


Fig-18- (2019). <https://www.desguacescalca.com/blog/que-es-un-coche-electrico-y-como-funciona/>.



Figura 19- Módulo de batería NMC del Audi e-tron. https://as.com/motor/2019/04/23/mas_motor/1556024872_600863.html.

Vehículo eléctrico de pila de combustible (FCEV)

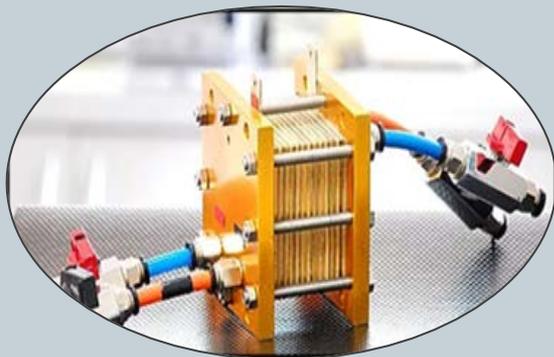


Figura 20- <https://hidrogeno18.wixsite.com/hidrogeno/hidrogeno-pilas-de-combustible>.

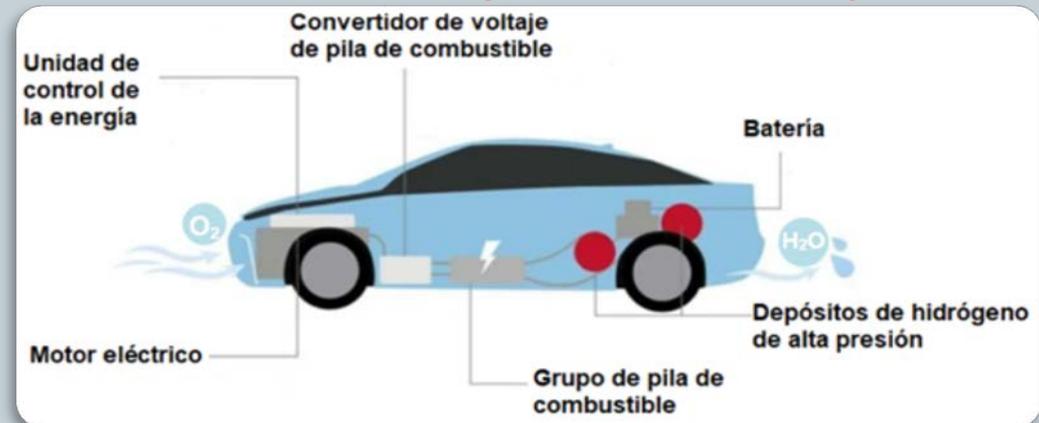


Figura-21- (2020). <https://www.motor.es/noticias/funcionamiento-pila-de-hidrogeno-202064678.html>.

4. Vehículo eléctrico: comparativa

Tabla 2- Energías. 10 (1217) (2017) 1-84.

Tipo de EV	Motor	Fuente de energía	Características	Inconvenientes
BEV	<ul style="list-style-type: none"> Motor eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> Batería Supercondensador 	<ul style="list-style-type: none"> No emisiones Silencioso No dependen de combustibles fósiles La autonomía depende en gran medida del tipo de batería utilizada Disponible comercialmente 	<ul style="list-style-type: none"> Precio y capacidad de la batería Autonomía Tiempo de recarga Disponibilidad de estaciones de recarga Elevado precio
HEV y PHEV	<ul style="list-style-type: none"> Motor eléctrico ICE* 	<ul style="list-style-type: none"> Batería Supercondensador ICE* 	<ul style="list-style-type: none"> Muy pocas emisiones Gran autonomía Puede obtener energía tanto del suministro eléctrico como del combustible Estructura compleja que tiene transmisiones tanto eléctricas como mecánicas Disponible comercialmente 	<ul style="list-style-type: none"> Gestión de las fuentes de energía Optimización del tamaño de la batería y el motor de combustión
FCEV	<ul style="list-style-type: none"> Motor eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> Célula de combustible 	<ul style="list-style-type: none"> Muy pocas emisiones o ninguna Silencioso Alta eficiencia No depende del suministro de electricidad Disponible comercialmente 	<ul style="list-style-type: none"> Coste de la pila de combustible Precio elevado Procedimiento viable de producción de combustible Disponibilidad de instalaciones de abastecimiento de combustible

*ICE (Internal Combustion Engine): Motor de combustión interna

5. Perspectivas de futuro

Mejora en las baterías de ion litio

Reciclaje y reutilización

Alternativas a las baterías de ion litio

**Nuevas baterías
(estado sólido) y células de combustible
(híbridas, regenerativas)**

**Líneas de investigación prioritarias en la
Unión Europea: “Clima, energía y
movilidad”**

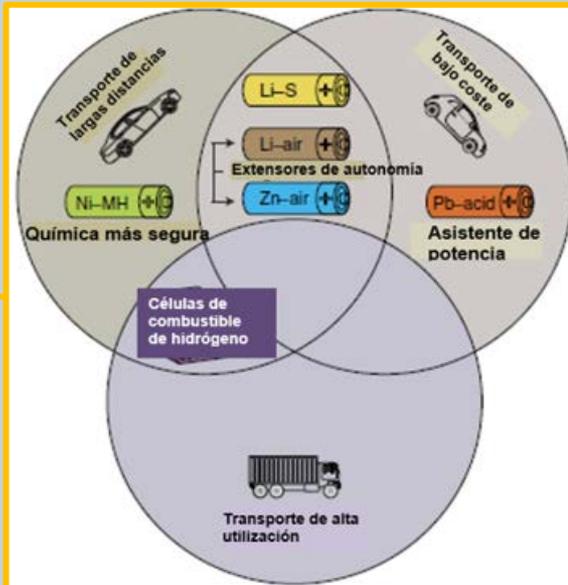


Figura 22- Nat. Energy. 3 (2018) 279.

Horizonte Europa
EL PRÓXIMO PROGRAMA DE INVERSIÓN EN INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN DE LA UE (2021-2027)

#HorizonEU

Basado en la propuesta de la Comisión para Horizonte Europa, el acuerdo común entre los legisladores y la orientación general parcial, ambos aprobados en abril de 2019.

Clima, energía y movilidad

- Ciencias y soluciones climáticas.
- Sistemas y redes de energía.
- Comunidades y ciudades.
- Competitividad industrial en el transporte.
- Movilidad inteligente.

Hidrógeno y almacenamiento de energía sostenible

Movilidad conectada y limpia

- Suministro de energía.
- Edificios e instalaciones industriales en la transición energética.
- Un transporte y una movilidad limpios, seguros y accesibles.
- Almacenamiento de energía.

Figura 23- https://ec.europa.eu/info/horizon-europe-next-research-and-innovation-framework-programme_en.

6. Conclusiones



1. Como sociedad, necesitaremos desarrollar estrategias que integren fuentes de energía renovables y sostenibles. Actualmente, no hay duda de que los **dispositivos electroquímicos** ocuparán un lugar destacado en el **futuro esquema energético mundial**, y en particular, en el **sector de la automoción**.
2. Los componentes esenciales de los **EV** son las **baterías** y las **células de combustible**, que convierten la energía química de los reactivos directamente en energía eléctrica, sin estar sujetos al rendimiento de Carnot. El **sistema energético**, solo será realmente **sostenible** y respetuoso con el medio ambiente cuando se utilicen **energías renovables** de forma mayoritaria para la obtención de hidrógeno o de la energía eléctrica que recargará las baterías.
3. **Actualmente** las **baterías** más utilizadas en los **EV** son de **ion litio** (**Premio Nobel de Química 2019**). Hay **diferentes tipos** de baterías de ion litio que se diferencian principalmente en los materiales de los electrodos. En el caso de los **EV**, la mayor parte de los fabricantes utilizan baterías **NMC**, si bien la marca estadounidense Tesla emplea baterías **NCA** en sus modelos, y puntualmente, las **LFP** son usadas por la marca china BYD.
4. Para el **futuro**, se están realizando **mejoras en las baterías de ion litio**, y se investiga activamente en **baterías de estado sólido**. Estrategias fundamentales serán el **reciclaje** y la **reutilización** de las baterías, así como la **combinación de** varios **dispositivos electroquímicos**. También se estudia el uso de **litio metal** y de **otros materiales** diferentes al litio. El desarrollo de **baterías** y **células de combustible** más **avanzadas** está impulsado, en la Unión Europea, a través de la línea “Clima, energía y movilidad” del proyecto **Horizonte Europa 2021-2027**.



Gracias por su atención

BARQUEROS LÓPEZ, CRISTINA⁽¹⁾;

LÓPEZ TENÉS, MANUELA⁽²⁾;

ALCARAZ TAFALLA, MARÍA LUISA⁽³⁾;

cristina.barquerosl@um.es

⁽¹⁾UNIVERSIDAD DE MURCIA, FACULTAD DE QUÍMICA, ALUMNO DEL MÁSTER
EN INGENIERÍA QUÍMICA

⁽²⁾⁽³⁾UNIVERSIDAD DE MURCIA, FACULTAD DE QUÍMICA, DEPARTAMENTO DE
QUÍMICA FÍSICA



Comités del V Congreso Encuentro de Ingeniería de la Energía del Campus Mare Nostrum

Comité organizador

Mariano Alarcón García (Presidente)
Manuel Seco Nicolás
Francisco del Cerro Velázquez
Juan Pedro Luna Abad
Alfonso P. Ramallo González
Fernando Lozano Rivas

Comité científico

Alfonso P. Ramallo González (UM)
Antonia Baeza Caracena (UM)
Antonio González Carpena (UM)
Antonio Urbina Yeregui (UPCT)
Antonio Viedma Robles (UPCT)
Félix Cesáreo Gómez de León Hijes (UM)
Fernando Illán Gómez (UPCT)
Francisco del Cerro Velázquez (UM)
Francisco Vera García (UPCT)
Gloria Alarcón García (UM)
Gloria Villora Cano (UM)
Joaquín Zueco Jordán (UPCT)
José A. Almendros Ibáñez (UCLM)
José Miguel Martínez Paz (UM)
José Ramón García Cascales (UPCT)
Juan Pedro Luna Abad (UPCT)
Juan Pedro Montávez Gómez (UM)
Manuel Lucas Miralles (UMH)
Manuel Seco Nicolás (UM)
Mariano Alarcón García (UM)
Miguel Ángel Zamora Izquierdo (UM)
Pedro J. Vicente Quiles (UMH)
Teresa Maria Navarro Caballero (UM)
Teresa Vicente Vicente (UM)

ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

**ACTAS DEL CONGRESO V ENCUENTRO DE
INGENIERÍA DE LA ENERGÍA DEL CAMPUS MARE
NOSTRUM**

**PROCEEDINGS OF THE V MEETING OF ENERGY ENGINEERING OF
CAMPUS MARE NOSTRUM**

Editor

Mariano Alarcón García

Co-editor

Manuel Seco Nicolás

Murcia 2021