
ANEXO 2 DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS CLAVE EN EL SISTEMA DE GESTIÓN DE BATERÍAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS/HÍBRIDOS AL FINAL DE SU VIDA ÚTIL, REQUERIMIENTOS DE LOS ACTORES IMPLICADOS.

***Proyecto: Estudio de viabilidad previo al diseño de un
esquema de logística, tratamiento y reciclado de
baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su
vida útil***

Anualidad 2012

Ref.: TSI-020100-2011-457

*Proyecto en el ámbito del subprograma Avanza Competitividad I+D+i, incluido en el Plan
Avanza 2, dentro de la Acción Estratégica de Telecomunicaciones y Sociedad de la
Información*



“ESTUDIO DE VIABILIDAD PREVIO AL DISEÑO DE UN ESQUEMA DE LOGÍSTICA, TRATAMIENTO Y RECICLADO DE BATERÍAS DE VEHÍCULO ELÉCTRICO Y VEHÍCULO HÍBRIDO”

- Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido -

Estado: Definitivo

En Asúa, a 21 de Diciembre de 2012

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

Página 2 de 63

Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. Antecedentes..... | 6 |
| 2. Tipos de Vehículos eléctricos e híbridos..... | 6 |
| 3. Tipos de baterías eléctricas..... | 8 |
| 3.1. Baterías de Plomo-Ácido..... | 10 |
| 3.2. Baterías de Níquel Cadmio (NiCd)..... | 10 |
| 3.3. Baterías de Níquel Metal Hidruro (NiMH)..... | 11 |
| 3.4. Baterías de Litio-ión..... | 11 |
| 4. Contexto legislativo..... | 13 |
| 4.1. Revisión general de la normativa aplicable..... | 13 |
| 4.2. Definiciones..... | 16 |
| 5. Estudio de las necesidades logísticas y de gestión..... | 17 |
| 5.1. Logística de recogida capilar..... | 17 |
| 5.2. Transporte..... | 18 |
| 5.3. Almacenamiento en planta..... | 20 |
| 6. Tratamiento de las baterías fuera de uso..... | 21 |
| 6.1. Contactos con empresas fabricantes de automóviles y empresas recicladoras..... | 21 |
| 6.2. Procedimiento de manipulación y desmontaje de la batería del vehículo..... | 26 |
| 6.3. Operaciones previas al tratamiento de las baterías: descarga de electricidad residual y descontaminación de sustancias o elementos que requieran gestión especial..... | 30 |
| 6.4. Procesos de reciclado de las celdas químicas..... | 37 |
| 6.4.2. Proceso Hidro-metalúrgico..... | 42 |
| 6.4.3. Empresas recicladoras de baterías de HEV / EV a nivel mundial..... | 44 |
| 7. Conclusiones..... | 48 |
| 7.1. Conclusiones generales..... | 48 |
| 7.2. Posibles modelos de gestión de baterías de HEV/EV fuera de uso..... | 50 |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Esquemas de conexión para vehículos eléctricos e híbridos enchufables (Fuente: IDAE) | 7 |
| Figura 2. Tipos de baterías de Litio-ión en desarrollo..... | 12 |
| Figura 3. Tipos de baterías de Litio-ión y sus principales características..... | 13 |
| Figura 4. Tipos de baterías y su evolución en función de su aplicación..... | 13 |
| Figura 5. Definiciones: Pack de baterías versus Celda..... | 17 |
| Figura 6. Cuestionario en relación a la gestión de las baterías de vehículos eléctricos híbridos al fin de su vida útil. | 22 |
| Figura 7. Aislamiento y protección del cableado de alta tensión, de color naranja normalizado (Fuente: CESVIMAP) | 27 |
| Figura 8. Ejemplo de códigos de batería de Panasonic EV Energy para Toyota | 29 |
| Figura 9. Expedición de baterías (Fuente: INDUMETAL)..... | 30 |
| Figura 10. Ejemplo de testeo del batería de NiMH (Fuente: INDUMETAL) | 34 |
| Figura 11. Ejemplo de Centro de descarga y desmantelado de baterías recargables (Fuente: Umicore)..... | 35 |
| Figura 12. Diagrama de flujo del proceso Piro-metalúrgico..... | 41 |
| Figura 13. Diagrama de flujo del proceso Hidro-metalúrgico..... | 44 |

Índice de Tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Normativa general sobre residuos para baterías fuera de uso..... | 14 |
| Tabla 2. Normativa general sobre transporte de mercancías peligrosas. | 14 |
| Tabla 3. Normativa general sobre prevención de riesgos laborales..... | 15 |
| Tabla 4. Normativa general de seguridad industrial..... | 15 |
| Tabla 5. Características de una batería NiMH de Nissan (Fuente: INDUMETAL) | 31 |
| Tabla 6. Características de una batería NiMH de Toyota (Fuente: INDUMETAL) | 33 |
| Tabla 7. Ejemplo de fracciones de impropios que forman la batería..... | 36 |

1. Antecedentes

El objetivo principal del presente trabajo es obtener información actualizada sobre tipos de baterías actualmente comercializadas en el mercado europeo y con previsible entrada a corto plazo, logística de recogida específica, procesos de reciclado de baterías existentes e implantados, etc, con el fin de disponer de los datos necesarios para estudiar la viabilidad de llevar a cabo un proyecto de investigación industrial en cooperación y a nivel internacional, que aborde la gestión y el tratamiento de las baterías eléctricas fuera de uso.

El proyecto se programó para ser realizado en dos fases:

- Fase I: Septiembre a Diciembre de 2011.
- Fase II: Enero a Diciembre de 2012.

En la primera fase del proyecto se trabajó principalmente en la elaboración de un estudio del estado del arte sobre las baterías de propulsión de vehículos eléctricos e híbridos y sus procesos de reciclado. La información recogida está disponible en el *Informe Fase I* de título "*Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículo eléctrico y vehículo híbrido. Estudio del estado del arte*".

En la segunda fase del proyecto se ha completado dicha revisión, ampliándola con el estudio del esquema de desmontaje de las baterías/motor y los packs de baterías, las operaciones necesarias previas a su tratamiento, el estudio de las necesidades logísticas y de gestión, y sus posibilidades actuales de reciclado.

Así, este trabajo arrojará luz sobre la situación actual del sector, los pasos que se están dando y los principales actores involucrados.

2. Tipos de Vehículos eléctricos e híbridos.

Este punto está ampliamente desarrollado en el Informe Fase I. Sin embargo, se ha considerado necesario iniciar el presente informe con un resumen que enmarque la actividad desarrollada en esta segunda fase.

Los diseños actuales sobre el coche eléctrico están encaminados a reducir parcial o totalmente la participación del motor de combustión como fuente de energía en los coches.

"Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil" – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

Entre los componentes de los Vehículos Híbridos Eléctricos (HEV) y de los Vehículos Eléctricos (VE) figuran la batería que almacene la energía, un motor eléctrico de propulsión, un generador, una transmisión mecánica y un sistema de control. La Figura 1 muestra el esquema de conexión para HEV y EV.

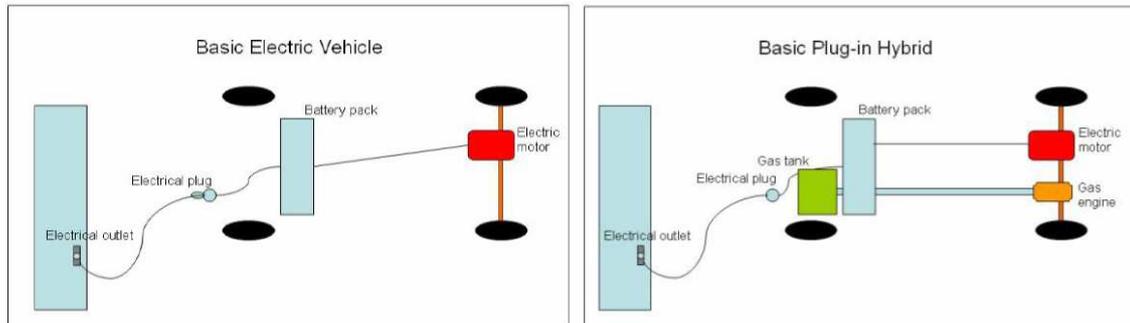


Figura 1. Esquemas de conexión para vehículos eléctricos e híbridos enchufables (Fuente: IDAE)

Los vehículos propulsados, en parte o totalmente, por un motor eléctrico se pueden clasificar en las siguientes familias:

Vehículo híbrido “ligero”. Modelos en el cual el motor deja de funcionar cuando el vehículo se detiene y provee energía adicional cuando se acelera. La reducción del consumo de gasolina es aproximadamente del 10%.

Vehículo híbrido (HEV). Usan únicamente como fuente energética el combustible y no permite la carga de la batería mediante una fuente exterior de electricidad. A diferencia del vehículo eléctrico puro, su batería no tiene como misión la de almacenar una gran cantidad de energía, sino que está, en todo momento, interviniendo en ciclos de carga y descarga. La reducción del consumo de gasolina está entre el 25% y el 40%.

La batería se puede recargar mediante el motor de gasolina y el frenado regenerativo. El frenado regenerativo obtiene la energía cinética para cargar las baterías cuando el conductor presiona el freno. El Ford Fusion Hybrid y el Toyota Prius son ejemplos de vehículos híbridos. Los sistemas híbridos minimizan el ralentí (*El ralentí es el régimen mínimo de revoluciones por minuto a las que se ajusta un motor de combustión interna para permanecer en funcionamiento de forma estable sin necesidad de accionar un mecanismo de aceleración o entrada de carburante*) y proporcionan un arranque eléctrico integrado, lo que aumenta la capacidad del vehículo para arrancar y acelerar.

Los vehículos híbridos, se diferencian de los híbridos ligeros, en que tienen la capacidad de activar el funcionamiento eléctrico de forma voluntaria.

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

Vehículo híbrido enchufable (PHEV). Esta familia de vehículo combina un motor de combustión interna (MCI) con una batería y un motor eléctrico. El MCI y/o el motor eléctrico propulsan el vehículo en una configuración paralela o en serie.

Co-habitan dos fuentes exteriores de energía, provenientes de los combustibles que permiten mover el motor térmico, y de la electricidad suministrada por la red que permite recargar la batería.

Normalmente, el motor de combustión es más pequeño que el que llevan los coches convencionales e incluso los coches híbridos.

Las baterías se pueden cargar mediante:

- Motor de gasolina.
- Freno regenerativo, que utiliza la energía cinética acumulada.
- Conectando el vehículo a un punto de recarga.

Vehículo eléctrico de batería (BEV). Estos vehículos están propulsados únicamente por un motor eléctrico. La fuente de energía proviene de la electricidad almacenada en la batería que se debe cargar a través de la red.

Necesitan una batería mayor que en los tipos de vehículos expuestos anteriormente.

Vehículo Eléctrico de Autonomía Extendida (EREV). Tienen las mismas características que los vehículos eléctricos de batería pero llevan además un MCI (otra fuente de energía secundaria) que funciona como un generador.

Utiliza un motor de combustión interna para alimentar un generador eléctrico que carga la batería del sistema en un proceso lineal, en caso de que sea necesario.

3. Tipos de baterías eléctricas.

Al igual que en el caso anterior, este punto está ampliamente desarrollado en el Informe Fase I. Sin embargo, se ha considerado necesario iniciar el presente informe con un resumen que enmarque la actividad desarrollada en esta segunda fase.

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

Se denomina **batería eléctrica o acumulador eléctrico** al dispositivo que almacena energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos y que, posteriormente, la devuelve con ciertas pérdidas; este ciclo puede repetirse un determinado número de veces.

El funcionamiento de un acumulador está basado esencialmente en un proceso reversible llamado reducción-oxidación (también conocida como reacción redox). Se trata de un proceso en el cual uno de los componentes se oxida (pierde electrones) y el otro se reduce (gana electrones); es decir, un proceso cuyos componentes que no resulten consumidos no se pierden, sino que solamente cambian su estado de oxidación, y que a su vez pueden retornar al estado primero en las circunstancias adecuadas.

Las principales características de las baterías son las siguientes:

- **Fuerza electromotriz (f.e.m) o voltaje:** El voltaje de una celda electroquímica viene dado por la diferencia entre los potenciales redox de los materiales activos del cátodo y del ánodo. La fuerza electromotriz se mide en voltios (V).
- **Capacidad total:** Indica la cantidad total de carga eléctrica que es capaz de almacenar la batería. La unidad habitualmente empleada para expresar dicha capacidad es el amperio-hora (Ah). En muchos casos es útil normalizar la capacidad dividiéndola entre la masa total de la batería, lo que se conoce como capacidad específica, (Ah/Kg) para obtener un valor más comparable.
- **Energía total:** Indica la cantidad total de energía eléctrica que es capaz de acumular la batería. La energía total de una batería se puede obtener multiplicando la capacidad por el voltaje de la celda electroquímica (Wh). Como en el caso anterior, este dato se suele dividir entre el peso de la batería para obtener la energía específica.
- **Ciclos de vida:** Indica el número de ciclos de carga y descarga que se pueden llevar a cabo hasta que la capacidad de la batería sea un 80% de su valor nominal.
- **Profundidad de descarga:** Indica el límite máximo de la batería que se puede descargar, sin que aparezcan efectos negativos en la batería
- **Rendimiento:** es la relación porcentual entre la energía eléctrica recibida en el proceso de carga y la que el acumulador entrega durante la descarga. La batería de plomo-ácido tiene un rendimiento de más del 90%.

A continuación se detallan las baterías más comúnmente utilizadas en el sector sujeto a estudio.

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

3.1. Baterías de Plomo-Ácido.

Tradicionalmente, la mayoría de los vehículos eléctricos han utilizado baterías de plomo-ácido, debido a su tecnología madura, alta disponibilidad y bajo costo.

Ventajas:

- Estas batería cuentan con voltaje elevado, mayor de 2V.
- Son capaces de suministrar una elevada intensidad de corriente y potencia.
- Al ser una tecnología madura, es el tipo de batería más barata del mercado.
- Componentes fácilmente reciclables. En España se reciclan más del 95% de todas las baterías utilizadas.

Desventajas:

- Baja energía específica. De los distintos tipos de baterías empleadas en los VE son las que tienen una menor energía específica (10 – 40 Wh/Kg).
- No están preparadas para profundidades de descarga elevadas, el número de ciclos (1 ciclo=1 carga y descarga) de carga y descarga de estas baterías es bajo, entre 400 y 800.
- Impacto ambiental negativo, debido a que cuentan con compuestos contaminantes como el Antimonio (Sb) y el Arsénico (As).

3.2. Baterías de Níquel Cadmio (NiCd)

Las baterías de Níquel Cadmio (NiCd) son baterías recargables de uso doméstico e industrial. Cada vez se usan menos, a favor de las de Níquel Metal Hidruro (NiMH), debido a su efecto memoria y al Cadmio. El uso del Cadmio se restringió a causa de su nocividad para el medio ambiente a partir de Febrero de 2008 al entrar en vigor el Real Decreto 106/2008 sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos.

Ventajas:

- Los ciclos de carga, que oscilan entre los 1.000 y 1.500 ciclos (superiores a las de NiMH).
- En condiciones estándar dan un potencial de 1,3 V (Tensión de trabajo nominal 1,2).
- Duración de vida importante (1.000 ciclos)

Desventajas:

- Contaminación del Cadmio.

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

- Efecto memoria.

3.3. Baterías de Níquel Metal Hidruro (NiMH).

Se consideran la evolución de las baterías NiCd. Este tipo de baterías se emplea en los vehículos eléctricos híbridos, como en el caso de la marca Toyota.

Ventajas:

- Cuentan con una densidad de energía elevada, entre 60 y 80 Wh/kg, valor más elevado que en el tipo plomo-ácido.
- Admiten cargas rápidas, con una duración de entre 1 y 3 horas.
- No requieren mantenimiento.

Desventajas:

- El número de ciclos de esta batería a lo largo de su vida útil es moderado, entre 300 y 600 ciclos.
- El coste es mayor que en el caso de la batería de plomo.
- Tiene un “efecto memoria” moderado, perdiendo capacidad de almacenamiento y una alta “auto-descarga”.
- Su comportamiento no es el óptimo en climas fríos.

3.4. Baterías de Litio-ión.

Este tipo de baterías es ampliamente conocido por su extendido uso en ordenadores portátiles y electrónica de consumo. El Litio-ión predomina en los nuevos desarrollos de vehículos eléctricos debido a sus elevadas prestaciones, de hecho, se espera que sea la tecnología más extendida en el futuro.

Ventajas:

- Poseen el voltaje nominal más elevado de los tres tipos de baterías, con valores típicos entre los 3 y 4V.
- Cuentan con una energía específica muy elevada (80-170 Wh/Kg), casi el doble que en el caso de la de NiMH y más de cuatro veces el valor de las baterías de plomo.
- Dificultad de encontrar baterías, a nivel comercial, por encima de los 115 Wh/Kg
- Presentan un bajo “efecto memoria”, es decir, una excelente “recargabilidad”.
- Moderado impacto medioambiental

Desventajas:

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

- Elevado coste, pudiendo llegar a los 800 €/kWh
- Pérdida de prestaciones a temperaturas elevadas
- Se degradan cuando se producen sobrecargas o sobredescargas, presentan problemas con descargas por debajo de 2V.

Aunque actualmente la mayoría de baterías de Litio tienen el ánodo de carbón, los nuevos desarrollos apuntan a una nueva tecnología de baterías de Litio con ánodo de Silicio-Grafeno, que permitirá mayores capacidades y cargas más rápidas.

Por otra parte, el cátodo puede ser de Cobalto, Manganeso, Fosfato de hierro u otros metales. En los coches eléctricos, lo más común hoy en día son las pilas de Litio con Manganeso y con una mezcla de Níquel, Manganeso y Cobalto (NMC, en adelante), aunque hay empresas que apuestan y están desarrollando acumuladores de Litio con cátodos de Fosfato de hierro u otros (Ver tipos en Figura 2).

| ANÁLISIS BATERÍAS - COMPOSICIÓN / SEGURIDAD | | | | | | | | | |
|---|-------|------------------------------|--|--|-------------------------------|--|--|--|--|
| BATERIA | NiMH | (LCO) | (LMO) | (NMC) | (LFP) | (NCA) | (LTO) | (MNS) | (MN) |
| COMPOSICIÓN CATODO / ANODO | Ni-MH | LiCoO ₂ / Grafito | LiMn ₂ O ₄ / Grafito | Li(Ni _{1/3} Co _{1/3} Mn _{1/3})O ₂ / Grafito | LiFePO ₄ / Grafito | Li(Ni _{0.85} Co _{0.1} Al _{0.05})O ₂ / Grafito | LiMn ₂ O ₄ / Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ | LiMn _{1.5} Ni _{0.5} O ₄ / Li ₄ Ti ₅ O ₁₂ | Li _{1.2} Mn _{0.6} Ni _{0.2} O ₂ / Grafito |
| SEGURIDAD BATERIA | ALTA | MUY BAJA | ALTA | MEDIA | ALTA | MEDIA | MUY ALTA | MUY ALTA | MUY ALTA |

Figura 2. Tipos de baterías de Litio-ión en desarrollo (Fuente: Ecopilas)

En la Figura 3 se muestra una comparativa de las principales características de las baterías de Litio que están en un estadio más cercano al mercado.

| | Energy | Power | Safety* | Life | Cost |
|---|--------|-------|---------|------|------|
| LCO lithium cobaltite LiCoO ₂ | +++ | +++ | - | ++ | + |
| LMO lithium manganese oxide LiMnO ₂ | - | +++ | ++ | - | ++ |
| NMC nickel manganese cobalt Li(Ni _x Mn _y Co _{1-x-y})O ₂ | ++ | ++ | ++ | +++ | +++ |
| LFP lithium iron phosphate LiFePO ₄ | + | +++ | +++ | ++ | ++ |

* Impacts battery package design

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

Figura 3. Tipos de baterías de Litio-ión y sus principales características
(Fuente: Umicore)

Finalmente, la Figura 4 representa la evolución de los distintos tipos de baterías en función de los requerimientos de cada sector: electrónica de consumo, automoción y sistemas de almacenamiento de energía.

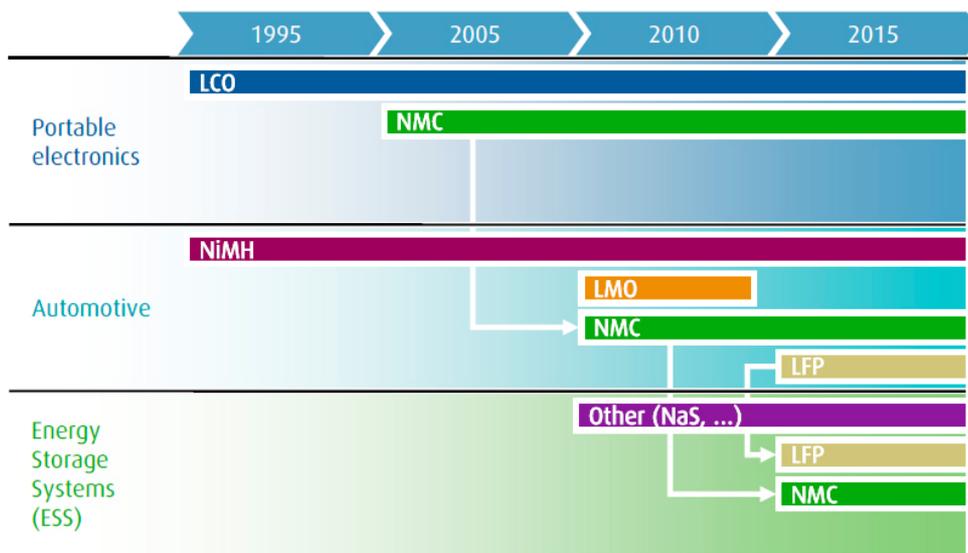


Figura 4. Tipos de baterías y su evolución en función de su aplicación.
(Fuente: Umicore)

4. Contexto legislativo.

4.1. Revisión general de la normativa aplicable.

En función de su naturaleza la batería será: Residuo Peligroso (RP), Residuo No Peligroso (RnP) y/o mercancía peligrosa. Teniendo en cuenta los principales tipos de baterías, en cada caso, se concluye que:

| Batería | Pb | NiCd | NiMH | Li-ión |
|----------------------------|----|------|------|--------|
| Residuo No Peligroso (RnP) | X | X | ✓ | ✓ |
| Residuo Peligroso (RP) | ✓ | ✓ | X | X |
| Mercancía peligrosa (ADR) | ✓ | ✓ | X | ✓ |

4.2.1. Legislación sobre residuos.

Todos los residuos se deben gestionar bajo una normativa específica (registros de producción, etiquetado, almacenamiento, gestores autorizados, cumplir ratios reciclados,...). Una vez que la batería alcanza el final de su vida útil se convierte en residuo y por lo tanto, le aplica la legislación relativa a residuos. La Tabla 1 resume la normativa general sobre residuos aplicable a las baterías fuera de uso.

| |
|--|
| Tabla 1. Normativa general sobre residuos para baterías fuera de uso. |
| Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados. |
| REAL DECRETO 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos. |
| REAL DECRETO 833/1988, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, de 14 de mayo, Básica de Residuos Tóxicos y Peligrosos. REAL |
| DECRETO 952/1997, de 20 de junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución e la Ley 20/1986, de 14 de mayo |

4.2.2. Legislación sobre mercancías.

En líneas generales, se puede decir que para el transporte de cualquier mercancía, los transportistas necesitan cumplir unos requisitos mínimos. Si además, se habla de una mercancía peligrosa estos requisitos son mayores y también afectan al cargador y al descargador (etiquetado, embalaje, formación mínima, declaraciones anuales, consejeros de seguridad, fichas de seguridad...)

Así, durante el transporte de la batería, tanto desde el punto de vista de producto como de residuo, la normativa que es necesario considerar es la descrita en la Tabla 2.

| |
|--|
| Tabla 2. Normativa general sobre transporte de mercancías peligrosas. |
| Acuerdo Europeo sobre el transporte de mercancías peligrosas por carretera (ADR 2011) |
| REAL DECRETO 551/2006, de 5 de mayo, por el que se regulan las operaciones de transporte de mercancías peligrosas por carretera en territorio español. |
| REAL DECRETO 1566/1999, de 8 de octubre, sobre los consejeros de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable |
| ORDEN FOM/605/2004, de 27 de febrero, sobre capacitación profesional de los consejeros de seguridad para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable. |
| ORDEN FOM/2924/2006, de 19 de septiembre, por la que se regula el contenido mínimo del informe anual para el transporte de mercancías peligrosas por carretera, por ferrocarril o por vía navegable. |

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

| |
|--|
| LEY 16/1987, de 30 de julio, de ordenación de los transportes terrestres modificada por la LEY 29/2003 |
|--|

| |
|---|
| El REAL DECRETO 1211/1990 de 28 de septiembre por el que se aprueba el reglamento de la Ley de ordenación de los transportes terrestres, modificado por el REAL DECRETO 1225/2006 |
|---|

4.2.3. Legislación sobre prevención de riesgos laborales.

Existen riesgos a las personas derivados de la manipulación de las baterías que hay que tener en cuenta como, por ejemplo, las derivadas de trabajar con tensiones cercanas a los 400 voltios y con materiales (electrolitos) corrosivos y explosivos. Se trata de situaciones potenciales que podrían causar graves lesiones e incluso la muerte si no se actuara debidamente.

Es por lo que la actividad de tratamiento de estas baterías debe disponer de una evaluación de riesgos que identifique los mismos y establezca las medidas preventivas. Las Tabla 3 y Tabla 4 recogen la legislación a considerar para ello.

| Tabla 3. Normativa general sobre prevención de riesgos laborales. |
|---|
| LEY 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. |
| Real Decreto 5/2000, de 4 de Agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social. |
| Ley 54/2003 de 12 de Diciembre, sobre reforma del Marco Normativo de la Prevención de Riesgos Laborales. |
| Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo |
| Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo |
| Real Decreto 1215/1997, de 18 de Julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. |
| Real Decreto 2177/2004, de 12 de Noviembre, por el que se modifica el RD. 1215/1.997 por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de Seguridad y Salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. |
| Real Decreto 374/2001, de 6 de Abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. |
| Real Decreto 614/2001, de 8 de Junio, sobre protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. |

| Tabla 4. Normativa general de seguridad industrial. |
|--|
| Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, año 2004. |
| Real decreto 1942/1993, de 5 de Noviembre, por el que sea aprueba el reglamento de instalaciones de protección contra incendios. |

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

Real decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que sea aprueba el Código Técnico de la Edificación (Documento Básico SI)

4.2. Definiciones.

Atendiendo al REAL DECRETO 106/2008, de 1 de Febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos:

- Pila o acumulador: fuente de energía eléctrica obtenida por transformación directa de energía química y constituida por uno o varios elementos primarios (no recargables), o constituida por uno o varios elementos secundarios (recargables).
- Pila o acumulador de automoción: pila o acumulador utilizado para el arranque, encendido o alumbrado de vehículos.
- Pila o acumulador industrial: pila o acumulador diseñado exclusivamente para uso industrial o profesional o utilizado en cualquier tipo de vehículo eléctrico.
- Batería (pack de baterías): conjunto de pilas o acumuladores conectados entre sí, formando una unidad integrada y cerrada dentro de una carcasa exterior no destinada a ser desmontada ni abierta por el usuario final. Ejemplo de baterías son las baterías de automoción y las industriales.

Así, se utilizará el término *pack de baterías*, *módulo* o *batería* al conjunto de acumuladores conectados entre sí, y *celda* o *pila*, a la unidad individual que forma el módulo o pack de baterías (Ver Figura 5)



Figura 5. Definiciones: Pack de baterías versus Celda.

5. Estudio de las necesidades logísticas y de gestión.

5.1. Logística de recogida capilar.

Puntos de recogida de las baterías fuera de uso:

Los orígenes principales del residuo y en definitiva, los puntos de recogida a considerar son los siguientes:

- Planta de ensamblaje de coches.
- Concesionario/Taller de reparación oficial de marca.
- Taller de reparación de vehículos independiente.
- CAT (Centro Autorizado de Tratamiento) de SIG (Sistema Integrado e Gestión de residuos); fabricantes de vehículos o sistemas de recogida capilar similares.

De ellos, la planta de ensamblaje de coches junto con el taller oficial de la misma marca podrían coordinarse conjuntamente, quedando por otro lado el taller independiente multimarca. El CAT de SIG quedaría en un punto intermedio entre el punto de recogida u origen y alguno de los modelos de gestión a utilizar.

Operativa de recogida de las baterías fuera de uso:

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

Teniendo en cuenta las distintas experiencias en recogidas capilares de RAEES, pilas, fluorescentes, etc. de INDUMETAL, el modelo que a priori parece más exitoso, es el de un “call-center” gestionado de una de las siguientes formas:

- cada una de las marcas independientemente,
- a través de alguna de las asociaciones gremiales en las que participan (por ejemplo ANFAC (Asociación Nacional de Fabricantes de Automóviles y Camiones).
- adheridos a algún S.I.G. existente como pudiera ser “Ecopilas” donde el taller oficial y/o independiente realicen la petición de servicio y desde donde a su vez se cursen las ordenes de recogida siendo llevadas a la planta de tratamiento directamente o a través de un CAT que consolide volúmenes.

5.2. Transporte.

Teniendo en cuenta la legislación aplicable, es necesario considerar las dos normativas generales que afectan a los residuos sujetos a estudio: la normativa de Residuos y la normativa de Transporte por carretera de mercancías peligrosas (ADR).

Según la norma de Residuos, se tiene en cuenta si la batería a transportar es RP o RnP. Tal y como se ha definido en el apartado anterior, a día de hoy, tanto los acumuladores de NiMH como el Li-ión son RnP, por lo que para su transporte únicamente es necesario:

- Solicitud de Admisión (SA),
- Documento de Aceptación (DA),
- Documento de Seguimiento y Control (DSC),
- Transportista autorizado de residuos NP.

Por el contrario, si son baterías de plomo o acumuladores de NiCd están catalogadas como RP. En este caso, son necesarios los siguientes documentos:

- Solicitud de Admisión (SA),
- Documento de Aceptación (DA),
- Notificación previa de Traslado (NT),

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

- Documento de Control y Seguimiento (DCS).

Es importante indicar que en las propuestas de revisión de la Lista Europea de Residuos (LER) se está planteando la armonización en cuanto a peligrosidad entre la norma/s de Residuos con la de Transporte de Mercancías Peligrosas por Carretera (ADR). En un primer paso se está planteando el que toda clase de pilas y/o baterías y/o pasen a ser RP.

Considerando estas premisas, se ve que dependiendo de su tipología, las necesidades de documentación y características del transportista varían del siguiente modo:

1. Baterías de plomo y acumuladores de NiCd (Residuo Peligroso y Mercancía Peligrosa para el transporte):

- Transportista autorizado de RP.
- Transportista con flota (vehículos y chóferes) autorizada para el transporte de mercancías peligrosas (ADR).
- Utilización de envases autorizados de acuerdo a la normativa ADR.
- Generar las correspondientes “Cartas de Porte” y demás documentos asociados al ADR.
- Disponer de una SA y un DA por parte del gestor de destino.
- Generar una NT y un DCS para cada recogida capilar.
- Si se utilizan CAT, estos necesitarán las autorizaciones pertinentes.

2. Baterías de NiMH (sólo Residuo No Peligroso):

- Transportista autorizado de RnP.
- Disponer de una SA y un DA por parte del gestor de destino.
- Generar un DSC para cada recogida capilar.
- Si se utilizan CAT, estos necesitarán las autorizaciones pertinentes.

3. Baterías de Li-ión (Residuo no Peligroso y Mercancía Peligrosa para el transporte):

- Transportista autorizado de RnP.
- Transportista con flota (vehículos y chóferes) autorizada para el transporte de mercancías peligrosas (ADR).
- Utilización de envases autorizados de acuerdo a la normativa ADR.
- Generar las correspondientes “Cartas de Porte” y demás documentos asociados al ADR.
- Disponer de una SA y un DA por parte del gestor de destino.
- Generar una un DSC para cada recogida capilar.
- Si se utilizan CAT, estos necesitarán las autorizaciones pertinentes.

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

5.3. Almacenamiento en planta.

Para definir la operativa del almacenamiento en planta, en primer lugar es necesario tener en cuenta la normativa general a nivel de empresa. Y además:

- Para los RP el almacenamiento máximo permitido es de 6 meses, mientras que para los RnP, el almacenamiento máximo permitido es de 24 meses en caso de que el residuo se destine a valorización y/o reciclaje.
- Todo el material se deberá de almacenar a cubierto y sobre suelo impermeable.
- En caso de que las baterías y/o acumuladores tengan electrolito en estado líquido que pueda derramarse, las baterías y/o acumuladores deberán de estar dentro de envases homologados a tal fin y además deberán de estar colocados sobre cubetos de retención de líquidos o bien el almacén disponga de suelos impermeables con pendiente de recogida de líquidos y sus correspondiente medio de almacenamiento.
- Nunca deberán de colocarse baterías de distintas calidades dentro de un mismo envase (plomo con NiCd o Li-ión, etc) para evitar reacciones químicas que puedan generar reacciones exotérmicas, explosivas, corrosivas, etc.
- En el apilamiento de las distintas baterías y/o acumuladores de una misma tipología dentro de un mismo envase, tendrá que tenerse especial cuidado en la protección de los bornes para evitar cortocircuitos bien con aislantes individuales o por medio de placas de material aislante por capas.
- Se podrán apilar envases tipo caja de madera, contenedores de polietileno rígido, y/o cajas de cartón, teniendo en cuenta en todo momento el factor de seguridad al apilamiento facilitado por los fabricantes de las cajas y/o contenedores.
- A nivel de almacén no hay incompatibilidades en que se encuentren en un mismo espacio sin ningún tipo de separación del tipo mampara, pared, etc. siempre y cuando ninguno de los envases que contengan baterías y/o acumuladores no tengan derrames visibles.
- Los acumuladores de Li-ión conviene almacenarlos en zonas de buena ventilación y lejos de cualquier foco de calor y/o humedad, que pudiera facilitar reacciones de autocombustión espontánea.
- Tendrá que disponerse de un conveniente dispositivo de contra incendios con medios de extinción adecuados para los distintos tipos de baterías y/o acumuladores que puedan almacenarse.

- Así mismo, se procurará que las calles de rodadura dentro de los almacenes dispongan de un espacio suficiente para maniobrar que evite en la manera de lo posible accidentes de caída de bultos por golpes de las carretillas elevadoras.
- Todos los envases y/o bultos que se encuentren en los almacenes deberán de contar del correspondiente etiquetaje para su correcta identificación que cumpla con todos los requisitos exigidos por las normas de “Residuos” como “Transporte de mercancía peligrosa por carretera”.
- Así mismo el operador del almacén deberá de disponer de un procedimiento de control de stocks por cada tipo de calidad/topología que contemple los siguientes parámetros:
 - a. Peso neto y bruto de cada batería y/o acumulador.
 - b. Peso neto y bruto de cada uno de los envases y total del mismo.
 - c. Número de envases.
 - d. Procedencia (proveedor) de cada uno de los elementos.
 - e. Fecha de entrada al almacén.
 - f. Referencias facilitadas por los talleres en cuanto a la identificación individual de cada elemento.

6. Tratamiento de las baterías fuera de uso.

6.1. Contactos con empresas fabricantes de automóviles y empresas recicladoras.

Con el fin de profundizar en la labor de documentación y en la definición de la estrategia del proyecto, en esta segunda fase se ha abordado el contacto con los fabricantes de vehículos eléctricos e híbridos. Esta labor se ha complementado con la visita a concesionarios/talleres de reparación oficial de las marcas, y con la revisión de las empresas de reciclado que a día de hoy son capaces de recuperar los metales de valor contenidos en las celdas electroquímicas.

Además de la asistencia a congresos del sector y jornadas relacionadas con la temática del proyecto, el contacto con los fabricantes se ha realizado a través de un cuestionario (Figura 6) que recoge las preguntas clave necesarias para conceptualizar el tema que nos ocupa. Así mismo, el objetivo es conocer el interés de los fabricantes en un futuro proyecto coordinado de gestión de las baterías fuera de uso a nivel estatal y además, evaluar las posibilidades de acceder a baterías fuera de uso para su estudio en el proyecto.

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

Figura 6. Cuestionario en relación a la gestión de las baterías de vehículos eléctricos híbridos al fin de su vida útil.

| 1. DATOS IDENTIFICATIVOS: |
|---|
| <p>Empresa: _____</p> <p>CCAA donde se sitúa la instalación: _____</p> <p>Grupo al que pertenece: _____</p> <p>Marcas que comercializan: _____</p> <p>Persona de contacto: _____</p> |

| 2. DATOS SOLICITADOS: | | | | | | | | | |
|---|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------|--|--|---------|--|--|
| <p>1) ¿Qué tipo de vehículo eléctrico están comercializando o se plantean comercializar en España? Marcar una opción.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Eléctrico puro (VEB) <input type="radio"/> Híbrido (VEH) <input type="radio"/> Las dos tecnologías. | | | | | | | | | |
| <p>2) ¿En qué plazo tienen previsto iniciar la comercialización en España de dichos vehículos? Marcar una o varias opciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Actualmente se están comercializando los siguientes modelos: _____ <input type="radio"/> Durante los dos próximos años (2012-2013) <input type="radio"/> A partir de los próximos dos años. <input type="radio"/> Otros. Especificar: _____ | | | | | | | | | |
| <p>3) ¿Cuántas unidades de cada una de las tecnologías marcadas tienen previsto comercializar en España en el período 2011-2017, y en adelante?</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">Vehículo</th> <th style="width: 40%;">Período 2011-2017 (Unidades)</th> <th style="width: 45%;">A partir de 2017 (Unidades)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Eléctrico</td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> <tr> <td>Híbrido</td> <td style="text-align: center;"> </td> <td style="text-align: center;"> </td> </tr> </tbody> </table> | Vehículo | Período 2011-2017 (Unidades) | A partir de 2017 (Unidades) | Eléctrico | | | Híbrido | | |
| Vehículo | Período 2011-2017 (Unidades) | A partir de 2017 (Unidades) | | | | | | | |
| Eléctrico | | | | | | | | | |
| Híbrido | | | | | | | | | |
| <p>4) ¿Qué tipo de tecnología van a utilizar en las baterías eléctricas que monten en sus vehículos?:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Ni-Mh <input type="radio"/> Li-ión <input type="radio"/> Otras. Especificar: _____ | | | | | | | | | |
| <p>5) ¿Cuál es la potencia eléctrica nominal que tendrán cada uno de los modelos de baterías?</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 40%;">Tipo de Batería</th> <th style="width: 60%;">Potencia nominal (kW)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> | Tipo de Batería | Potencia nominal (kW) | | | | | | | |
| Tipo de Batería | Potencia nominal (kW) | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |

| <p>6) ¿Qué peso medio de batería estiman para cada uno de los modelos?</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="padding: 2px;">Tipo de Batería</th> <th style="padding: 2px;">Peso (kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td style="height: 15px;"> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> | Tipo de Batería | Peso (kg) | | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Tipo de Batería | Peso (kg) | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| <p>7) ¿Están pensando en algún uso residual para las baterías dadas de baja de los vehículos? Por ejemplo, su uso como batería estacionaria hasta su agotamiento definitivo.</p> <p> <input type="radio"/> Sí. <input type="radio"/> No. </p> | | | | | | | | | | |
| <p>8) ¿Cuál es el modelo de comercialización de las baterías instaladas en los VEB/VEH?</p> <p> <input type="radio"/> Venta: el propietario del vehículo es propietario de la batería. <input type="radio"/> Leasing/ alquiler: el propietario de la batería continúa siendo el fabricante del <u>vehículo</u>. <input type="radio"/> Leasing/ alquiler: el propietario de la batería continúa siendo el fabricante de la <u>batería</u>. </p> | | | | | | | | | | |
| <p>9) Llegado el fin de vida de la batería en el vehículo, ¿quién será el responsable de darla de baja?</p> <p> <input type="radio"/> Fabricante del vehículo. <input type="radio"/> Red autorizada de talleres. <input type="radio"/> Cualquier taller. <input type="radio"/> Otras. Especificar: _____ </p> | | | | | | | | | | |
| <p>10) En caso de darle un segundo uso a la batería, ¿quién será el responsable de su gestión a la hora de convertirse en residuo?</p> <p> <input type="radio"/> El fabricante del vehículo. <input type="radio"/> La empresa usuaria de la batería en ese segundo uso. </p> | | | | | | | | | | |
| <p>11) ¿Tiene su casa/ marca/ grupo algún acuerdo a nivel global para la gestión de las baterías al final de su vida útil?</p> <p> <input type="radio"/> Sí, un acuerdo a nivel europeo/ mundial con una planta que dispone de instalaciones en España. <input type="radio"/> Sí, un acuerdo a nivel europeo/ mundial con una planta que dispone de instalaciones fuera de España. <input type="radio"/> Sí, un acuerdo a nivel mundial con una planta que dispone de instalaciones fuera de Europa. <input type="radio"/> No, no disponemos de ningún acuerdo como marca, pero disponemos de un acuerdo con una planta de tratamiento española. <input type="radio"/> No, no disponemos de ningún acuerdo como marca, pero disponemos de un acuerdo con un Sistema Integrado de Gestión (SIG) español. <input type="radio"/> No, no disponemos de ningún acuerdo, la gestión de las baterías podrá realizarse a través de los medios habituales para la gestión de baterías en España. </p> | | | | | | | | | | |
| <p>12) En caso afirmativo, ¿podrían indicarnos el nombre de la empresa con la que dispone de dicho acuerdo?</p> <p> <input type="radio"/> Sí: _____ <input type="radio"/> No, este acuerdo es aún confidencial. </p> | | | | | | | | | | |
| <p>13) En caso de disponer de un acuerdo con una planta especializada, ¿qué operaciones incluye ese acuerdo? Marque todas las opciones pertinentes:</p> | | | | | | | | | | |

- La descarga de la batería.
- La manipulación (desmontaje) de la batería.
- El reciclado (gestión final) de la batería.
- La recogida de la batería desde el taller.
- El almacenamiento de la batería en España hasta su traslado a la planta autorizada.
- Otros, especificar _____

- 14) En caso de no tener todas las opciones anteriormente citadas resueltas, indique a continuación cuál sería en su opinión el flujo más adecuado para gestionar el residuo una vez la batería ha llegado a su fin de vida. Marque una de las siguientes opciones.
- Fabricante del vehículo → Sistema Integrado de Gestión (SIG) → Empresa recicladora.
 - Fabricante del vehículo → Empresa recicladora.
 - Usuario (Taller) → Sistema Integrado de Gestión (SIG) → Empresa recicladora.
 - Otros. Especificar: _____

- 15) ¿Qué tipo de **control y/u información** requeriría el fabricante del vehículo a la empresa gestora/recicladora?
- _____
- _____

- 16) ¿Cuántas **baterías eléctricas** estiman que será necesario **reciclar** en España en el período 2012-2017, y en adelante??
- | Tipo de Batería | Período 2012-2017 (Unidades) | A partir de 2017 (Unidades) |
|-----------------|------------------------------|-----------------------------|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

- 17) ¿Qué **carga eléctrica residual** van a tener las baterías que se destinen al reciclaje?
- | Tipo de Batería | Carga eléctrica residual (V) |
|-----------------|------------------------------|
| | |
| | |
| | |
| | |

- 18) De cara a diseñar un modelo de gestión del residuo de batería es importante conocer en qué se van a basar las principales **diferencias entre tipos**. Seleccionar una o varias opciones.
- Tipo de tecnología (NiMH, Li-ión, etc).
 - Potencia máxima de la batería.
 - Forma de agrupar las celdas que formarán los módulos.
 - Forma de ensamblar los módulos/packs que formarán las baterías.
 - Otros (Especificar): _____

- 19) ¿En cuantas **fracciones** consideran sería oportuno el **desmontaje** de una batería previa al reciclaje final metalúrgico y otros?:
- Plástico y/o metal (carcasa).
 - Circuitería electrónica.
 - Cableado eléctrico.
 - Celda Ni-Mh ó Li-ión.
 - Otros. Especificar: _____

| |
|--|
| <p>20) ¿Son algunas de las fracciones mencionadas en el punto anterior susceptibles de reutilización por parte del fabricante?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Sí. Cuál? _____<input type="radio"/> No. |
| <p>21) ¿Estarían abiertos a facilitar alguna unidad de cada modelo para su estudio por parte de la empresa recicladora de los componentes y/o metales contenidos?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Sí.<input type="radio"/> No. <p>En caso contrario, ¿estarían dispuestos a que la empresa recicladora pudiera desplazarse a sus instalaciones o un punto señalado por ustedes, para aprender de su manipulación y medidas de seguridad de cara a un seguro y eficiente desensamblaje?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Sí. Bajo un acuerdo de confidencialidad.<input type="radio"/> Dependiendo el marco de colaboración.<input type="radio"/> No. En ningún caso. |
| <p>22) ¿Estarían interesados en participar en un proyecto colaborativo de investigación que estudie el reciclaje de la batería al fin de su vida útil?</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="radio"/> Sí. Motivos: _____<input type="radio"/> No. Motivos: _____ |

De los contactos realizados se concluye que, a día de hoy, las baterías se consideran piezas clave en el desarrollo del vehículo eléctrico por lo que las marcas están abordando de una forma individual la gestión de la batería una vez llega a su fin de vida en el vehículo.

Así, existen acuerdos directos entre fabricantes de vehículos y empresas recicladoras (gestor final). Cada uno de los fabricantes de vehículos y toda su red de concesionarios/talleres oficiales asume individualmente la operativa desde la recogida capilar en origen hasta su envío a gestor. Es el fabricante de automóviles quien contrata la realización del servicio a un operador que le de cobertura en los aspectos de logística de recogida y entrega al gestor final del residuo.

Las marcas facilitan a sus concesionarios/talleres de reparación oficial los procedimientos de manipulación y desensamblaje específicos para extraer sin riesgo alguno las baterías del vehículo y gestionar su envío a la empresa recicladora.

Por otra parte, y tal y como se explicó en el *Informe Fase I* del presente proyecto, cuando una batería se empieza a agotar se reducirá significativamente su utilidad para un coche eléctrico y requiere ser reemplazada. Sin embargo, a la batería le queda entre un 50-70% de capacidad de carga, por lo que estas baterías podrían reutilizarse para otras aplicaciones.

En la actualidad muchas empresas fabricantes de vehículos eléctricos están buscando formas de volver a utilizar las baterías de sus vehículos eléctricos una vez que lleguen al final de su vida útil.

Por otra parte, el hecho de que las baterías sean estratégicas hace que disponer de ellas para su estudio sea realmente complejo. Algunos de los fabricantes estarían dispuestos a cederlas pero en el marco de un proyecto colaborativo y bajo un acuerdo de confidencialidad. En el caso de las empresas recicladoras, éstas trabajan bajo acuerdos con el fabricante del vehículo, quien les impiden ceder las baterías a empresas ajenas a su circuito de gestión.

Tras los contactos realizados a lo largo del proyecto, finalmente se ha podido disponer de dos modelos de batería de NiMH pertenecientes a las marcas Toyota y Honda. Estas baterías son las más utilizadas en la actualidad en los vehículos híbridos y han servido para realizar ensayos prácticos que documentan el presente informe.

6.2. Procedimiento de manipulación y desmontaje de la batería del vehículo.

Hoy en día, todos los fabricantes de vehículos híbridos y eléctricos han implementado en sus talleres oficiales los procedimientos de comportamiento y manipulación de los pack de baterías al ser la seguridad uno de los aspectos de máxima preocupación.

Las baterías defectuosas tienen que ser gestionadas para su envío al gestor final para reciclado y/o valorización. Para ello, el taller ha de desconectarlas del vehículo siguiendo el protocolo de seguridad de la marca y empaquetarlas para su envío.

La información recibida procedente de talleres y marcas, indica que el procedimiento de manipulación de la batería, en líneas generales, es el siguiente:

**“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457
ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido**

1) Manipulación obligatoria del vehículo por personal cualificado y específicamente formado.

2) Empleo de EPI's.

Guantes y zapatos aislantes, gafas de seguridad. Es necesario asegurarse de que el material de seguridad esté en perfecto estado. No utilizar el material si está húmedo.

3) Identificación del vehículo.

Muchos fabricantes acompañan la denominación del modelo comercial con un anagrama idetificativo de su motorización (*hybrid* en el caso de Toyota; *IMA* para Honda; *plug-in* para vehículos eléctricos enchufables, etc).

Pero a pesar de ello, en algunos casos puede quedar oculto a simple vista. Una forma que tiene el taller de asegurarse de que el coche es eléctrico o híbrido es localizar en el capó algún cable naranja (Figura 7), signo inequívoco del color del cableado de alta tensión, clasificación normalizada por el convenio del automóvil en base a la clasificación del Real Decreto 614/2001:

- Baja tensión: La batería de servicio de 12V.
- Alta tensión: Equipos y batería de tracción (200-500V).



Figura 7. Aislamiento y protección del cableado de alta tensión, de color naranja normalizado (*Fuente: CESVIMAP*)

4) Corte de la alta tensión.

Anular cualquier posible transferencia de energía por el sistema eléctrico mediante la retirada de la llave de contacto y esperar 10 minutos antes de tocar cualquier conector o terminal de alta tensión.

5) Retirada del conector de servicio.

Como medida extra de seguridad, todos estos vehículos cuentan con un conector de servicio, situado donde se aloja el pack, que anula el intercambio de energía de la batería de alta tensión hacia el resto del vehículo. La manipulación se realizará con guantes aislantes de goma y zapatos aislantes.

6) Señalización del vehículo.

Para impedir manipulaciones indebidas del vehículo o riesgos eléctricos por personal no cualificado del taller, el vehículo se ubicará en una zona delimitada y señalizada con los correspondientes avisos y advertencias de seguridad para personas ajenas al vehículo.

7) Inspección del pack de baterías.

Inspección visual del pack de baterías en búsqueda de signos de daño físico o peligro de derrame.

El daño físico incluye abolladuras, deformación interna de los módulos, ausencia o pérdida de protecciones, daños en los cables/conexiones de alto voltaje incluyendo: cables expuestos, o cables con signos de provocar posible arco eléctrico o incendio.

En caso de duda sobre el estado del pack la batería, siempre suponer la peor opción, tratándola como si estuviese defectuosa.

Durante la inspección y desmontaje del pack de baterías del coche, éste no debe ser manipulado de ninguna forma excepcional a la citada y a la estrictamente necesaria para su desconexión del vehículo. No debe ser desmontado ni expuesto a ninguna acción que pueda provocar un arco eléctrico, explosión o derrame del electrolito.

8) Precauciones de seguridad.

Además del empleo de las EPI's mencionadas anteriormente, se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Incendio: para los equipos de extinción se recomienda usar EPI's completos con guantes de latex o nitrilo bajo los guantes de trabajo.

El uso de equipos de respiración autónomos (ERA) es fundamental, ya que en estos casos, las baterías de alta tensión contienen electrolitos (habitualmente Hexafluorofosfato de litio, LiPF6) que con las altas

temperaturas liberan compuestos como: ácido fluorhídrico, hidróxidos de sodio y potasio, etc., que son altamente perjudiciales para la salud.

Además, si el incendio se localiza en la zona de las baterías de alta tensión, será necesario sofocarlo con extintores tipo D (Fuegos metálicos).

- Derrames de la batería y primeros auxilios: el electrolito de las baterías de alto voltaje irrita la piel y los ojos. Si el electrolito se derramara, sería necesario retener la fuga con un paño absorbente, protegiendo las manos con guantes aislantes de látex, casco con visera y/o gafas de seguridad.

Ante el contacto con la piel será necesario quitarse la ropa contaminada y lavar el área afectada con agua y jabón durante 20 minutos. Si el contacto ha sido con los ojos, habrá que lavarlos durante 15 minutos con agua. Solicitar urgentemente atención médica.

9) Identificación del pack de baterías.

Una vez comprobado el estado de la batería, el taller ha de solicitar su transporte a la empresa responsable contratada por la marca. La solicitud irá acompañada de su código de fabricación y/o número de serie (Figura 8).



Figura 8. Ejemplo de códigos de batería de Panasonic EV Energy para Toyota (Fuente: INDUMETAL)

10) Preparación de la batería para su expedición.

La batería correctamente identificada se prepara para su envío siguiendo el siguiente procedimiento:

- a) utilizar el embalaje original de la batería si está disponible (Figura 9).

- b) en caso de que no lo esté, paletizar el pack: colocarlo sobre palet, embalar con plástico (no es obligatorio) y flejar con fleje resistente (p.ej.: acero) para asegurar su fijación.
- c) en el caso de que la batería esté dañada, ésta tendrá que ser transportada en un envase especial según normativa (Figura 9).



Figura 9. Expedición de baterías (Fuente: INDUMETAL)

6.3. Operaciones previas al tratamiento de las baterías: descarga de electricidad residual y descontaminación de sustancias o elementos que requieran gestión especial.

Una vez el pack llega a la planta de reciclado y antes de cualquier operación de tratamiento destinada a recuperar el contenido de las celdas, es necesario realizar un procedimiento de acondicionamiento que incluye la descarga de la batería y el posterior desensamblaje para la descontaminación de aquellos elementos diferentes a las celdas, como por ejemplo la carcasa (plástica o metálica) o los cables eléctricos.

Procedimiento de acondicionamiento:

| Etapa | Descripción |
|-------|--|
| 1 | Revisión de ficha técnica del pack de baterías (cuando la tenga) |
| 2 | Identificación de características físicas generales |
| 3 | Inspección visual |
| 4 | Comprobación de sus parámetros eléctricos |
| 5 | Descarga |
| 6 | Desensamblaje y eliminación de impropios |

A continuación se describe cada una de las etapas en detalle:

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457
ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

- 1) Revisión de ficha técnica del pack de baterías (cuando la tenga):
En el Anexo I se pueden ver dos ejemplos de fichas técnicas tipo de baterías dos baterías comerciales.
- 2) Identificación de las características físicas generales:
Marca, procedencia y características físicas generales del pack de baterías.
- 3) Inspección visual de las mismas:
Comprobación de ausencia de daños físicos o derrames del electrolito.
- 4) Comprobación de sus parámetros eléctricos:
Estado del cableado de alta tensión, conexiones, tensión total del pack (voltios) y tensión individual de cada celda (voltios).

En la Tabla 5 y Tabla 6 se muestra un ejemplo de la ficha de identificación de los dos modelos de baterías estudiados en las instalaciones de INDUMETAL.

Tabla 5. Características de una batería NiMH de Nissan (Fuente: INDUMETAL)



| | |
|---|---|
|  |  |
| <p>Batería sin la carcasa metálica exterior</p> |  <p>Módulos formados cada uno por 6 pilas tamaño D</p> |
| <p>Descripción: Pack de Batería (battery pack) NiMH de 144V de tensión. Capacidad: 6,5Ah. Configuración: 20 módulos de 7,2V Módulo: cada módulo consiste en 6 pilas tamaño D de 1,2V y 6,5 Ah.</p> | |

Tabla 6. Características de una batería NiMH de Toyota (Fuente: INDUMETAL)

| BATERÍA NiMH - TOYOTA | |
|---|---|
|  |  |
| Localización en el vehículo | Batería extraída para su estudio |
|  |  |
| Batería sin la carcasa metálica exterior | Unión de módulos de 7,2 V/unidad |
| <p>Descripción: Pack de Batería (battery pack) NiMH de 274 V de tensión. Capacidad: 6,5Ah. Configuración: 38 módulos de 7,2 V Peso total: 53,3 kg Suministrador: Panasonic Co EV Energy (Japón)</p> | |

5) Descarga del pack de baterías:

La descarga de la electricidad residual de la batería es imprescindible antes de cualquier proceso de reciclado.

Tal y como se ha comentado a lo largo del informe, según la información suministrada por diferentes fabricantes de vehículos, se estima que la carga eléctrica residual de estas baterías puede rondar entre un 50-70% de su carga operativa. Y teniendo en cuenta que las tensiones que se manejan son cercanas a los 400 voltios, es importante ser conscientes de que, su inadecuada manipulación, podría causar graves lesiones e incluso la muerte.

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

El hecho de que la batería llega a las instalaciones de tratamiento cargada se ha comprobado con las baterías recibidas en INDUMETAL. Se han testeado las celdas individualmente así como el pack completo (Ver Figura 10) y en todos los casos se ha verificado que la batería está cargada y que tiene prácticamente el 80% de la tensión de origen.



Figura 10. Ejemplo de testeo del batería de NiMH (Fuente: INDUMETAL)

A partir del conocimiento del residuo y la información bibliográfica disponible, se proponen distintos métodos para la descarga de los pack de baterías:

- Sumergir las baterías en agua saturada de sal normal. La sal se añade al agua para que ésta sea conductora de la electricidad. De esta forma se produce el paso de la corriente eléctrica de la batería al agua salada y se consigue su descarga con facilidad.
- Sumergir las baterías en un baño de Nitrógeno Líquido. Una batería con un peso de 11,5 kg necesita estar dos horas sumergida para bajar su reactividad hasta que pueda ser tratada.
- Descarga mediante resistencias óhmicas conectadas a motores o focos tipo automotriz.
- Descarga mediante conexión de la batería a un ciclador que la descargue.

Según bibliografía y contactos realizados con empresas especializadas en seguridad industrial e instalaciones de alta y baja tensión, también puede utilizarse una combinación de métodos de descarga. Por ejemplo, en primer lugar las baterías se descargan conectándolas a resistencias y posteriormente, se sumergen en agua saturada en sal para neutralizar los productos químicos.

A nivel europeo, la empresa Umicore (Bélgica) es pionera en apostar por el reciclado de baterías recargables procedentes de vehículos eléctricos e híbridos, considerando no sólo baterías de NiCd o NiMH sino también las baterías de Li-ión y las de Litio polímero. La belga es la única empresa que cuenta con dos *líneas de desensamblaje manuales específicas para baterías de vehículos híbridos o vehículos eléctricos*, en Alemania y en Estados Unidos. El proceso de desensamblaje incluye las etapas de descarga y desmantelado de dichas baterías, etapas que han industrializado en su planta de Hanau (Alemania). Ver imagen del proceso en Figura 11.



Figura 11. Ejemplo de Centro de descarga y desmantelado de baterías recargables
(Fuente: Umicore)

Dada la importancia de la operación, el riesgo que conlleva, sobre todo con las baterías de Litio-ión, y la poca información práctica que hay al respecto, se considera un tema de gran interés como para abordarlo en profundidad y específicamente en una segunda fase del proyecto. El objetivo tendría que ser evaluar los distintos métodos de descarga existentes, la evolución del tiempo de descarga en función de: naturaleza de la batería, carga residual, temperatura, etc; determinar el método idóneo y proponer un proceso industrializable.

6) Desensamblaje del pack de baterías:

Es una operación íntegramente manual que pretende separar las celdas de la carcasa principal que puede ser de metal o plástico, tornillería y cableado eléctrico. Esta operación es imprescindible para optimizar el proceso piro-

metalúrgico o hidro-metalúrgico posterior. La Tabla 7 recoge los principales elementos que integran el pack y que deben retirarse para la optimización del proceso metalúrgico.

Tabla 7. Ejemplo de fracciones de impropios que forman la batería
(Fuente: INDUMETAL)

| | |
|---|--|
|  | |
|  |  |
| <p>Protección de PP expandido</p> | <p>Refuerzo y uniones metálicas</p> |
|  |  |
| <p>Refuerzo metálico y uniones plásticas</p> | <p>Refuerzo plástico</p> |

El destino de las fracciones metálicas es reciclado y el de las fracciones plásticas, valorización energética. Las celdas electroquímicas se gestionan para su reciclado y aprovechamiento de los metales de valor contenidos (por ejemplo: Cobalto, Níquel y Cobre) en empresas especializadas en hidro-metalurgia o piro-metalurgia.

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

6.4. Procesos de reciclado de las celdas químicas.

Tal y como se ha comentado en los apartados anteriores, las baterías tienen una composición química compleja. Cada una de ellas tiene su propia formulación y atendiendo a necesidades estratégicas y de mercado, su química está derivando hacia una mayor complejidad y un menor valor. Éste es el caso de las baterías de Li-ión y las nuevas formulaciones basadas en el Litio.

En la actualidad los procesos de reciclado de pilas se dividen en dos tipos: los procesos piro-metalúrgicos, donde los metales se recuperan mediante hornos a alta temperatura, y los procesos hidro-metalúrgicos, donde los metales se recuperan por métodos químicos acuosos. La principal diferencia de ambos modelos es el objetivo de los mismos: mientras el piro-metalúrgico tiene como objetivo recuperar metales valiosos (como el Cobalto y el Níquel), el hidro-metalúrgico tiene como objetivo recuperar Litio.

Tal y como se explica en el *Informe Fase I*, actualmente la situación de mercado es clara: se venden más vehículos híbridos que eléctricos. Existe por tanto una mayor necesidad de reciclar baterías de NiMH. Por esta razón el proceso piro-metalúrgico tiene ventaja sobre el hidro-metalúrgico, pues está preparado para reciclar tanto baterías Litio-ión como de NiMH de forma conjunta, aprovechando las economías de escala y rentabilizando el proceso a partir del Cobalto y el Níquel obtenido, pues el precio de estos metales es alto.

A pesar de esto, las tendencias del mercado apuntan hacia la evolución del mismo y el aumento de la cuota de mercado de baterías de Litio-ión en el sector de los vehículos eléctricos (*Ver Informe Fase I*).

Así, la rentabilidad del proceso, en términos de costes de operación e ingresos, dependerá en cierta medida de la evolución del mercado y del precio del Litio. A muy largo plazo será interesante económicamente recuperar Litio y de no ser así, puede que a nivel estratégico a los Gobiernos europeos les interese subvencionar el desarrollo para garantizar un suministro que puede convertirse en estratégico, de igual forma que lo ha hecho el Departamento de Energía de los Estados Unidos.

6.4.1. Proceso Piro-metalúrgico

Este proceso surge a raíz del intenso crecimiento que ha tenido lugar durante los últimos años la venta de baterías de Litio-ión y NiMH en diversos dispositivos electrónicos portátiles y cada vez más en vehículos eléctricos.

En este contexto, este proceso es una solución de reciclado para todas estas baterías, que al alcanzar el final de su vida útil suponen un problema pero también una oportunidad de negocio. El objetivo de este proceso es la recuperación del cobalto contenido en las baterías Litio-ión y el Níquel contenido en las baterías de NiMH, ambos tienen un estimable valor de mercado, por lo que el grado o porcentaje de recuperación de los mismos son claves en la viabilidad económica del proceso.

Una vez la batería está descargada, el proceso de reciclado piro-metalúrgico cuenta con las siguientes etapas:

1. Fundido y valorización energética.
2. Refinado y purificado de metales.
3. Oxidación del cloruro de cobalto a óxido de cobalto.
4. Producción de óxido de litio metálico para nuevas baterías.

La Figura 12 muestra el diagrama de flujo del proceso y a continuación, se explica el detalle de estas etapas principales:

Fase 1. Fundido y valorización energética:

En esta fase, las baterías con su carcasa de plástico se introducen en un horno para evaporar el electrolito y fundir todos los metales. En el proceso se recupera toda la capacidad calorífica de los plásticos contenidos.

Se utiliza el grafito del electrodo como agente reductor en la zona de reacción del horno para reducir todos los óxidos de metales a su forma metálica. Un control muy preciso de este paso resulta fundamental para mantener la seguridad y evitar grandes riesgos de fugas al aire de compuestos orgánicos volátiles (Dioxinas, Furanos, etc.).

Para cuestiones relacionadas con el control del riesgo y la seguridad del proceso, un control muy estricto de la temperatura es fundamental: las baterías son productos sellados que contienen un electrolito por lo que su presión

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457
ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

interna puede aumentar si el tiempo no es suficiente para permitir la salida del gas formado. Si esto ocurre (el tiempo no es suficiente y aumenta la presión demasiado), los riesgos de explosión son potencialmente altos.

Por otro lado, la instalación de tratamiento de gases es un equipo clave del proceso global por varios motivos:

- En primer lugar, las baterías contienen plásticos, polímeros y otras sustancias que contienen halógenos. Cuando se exponen de manera conjunta materiales orgánicos y halógenos a altas temperaturas, se produce la recombinación de estos elementos dando lugar a Dioxinas y Furanos. Para deshacerse de las dioxinas, el método más extendido es añadir filtros eficientes en las instalaciones de tratamiento de gases. Sin embargo, algunos procesos el concepto es totalmente diferente y, en lugar de deshacerse de las dioxinas, simplemente evitan que se formen.
- Para la formación de dioxinas, se deben cumplir unas condiciones concretas: debe haber cadenas orgánicas que permanezcan intactas, halógenos y un tiempo sustancial de permanencia a una temperatura por debajo de 900 °C y por encima de los 400 °C. Para solucionar el problema se ha añadido una antorcha de plasma después del horno para incrementar los gases de salida a una temperatura por encima de los 1.200° C y mantener el gas bajo condiciones reductoras. A esta temperatura, todos los enlaces orgánicos se rompen: este es el llamado syngas (gas de síntesis). Debido a las condiciones reductoras, los halógenos se encuentran en su forma reducida (HBr, HCl), mucho más estable que la forma molecular (Cl₂, Br₂). Después, la temperatura del syngas es reducida instantáneamente de 1.250°C a menos de 350°C, por lo que las cadenas carbonadas no tienen tiempo para re-combinarse, y por encima de todo, no se pueden unir carbonos y halógenos. De esta forma, no tiene lugar la formación de dioxinas.

Es decir, esta fase se aprovecha el valor energético de todos los plásticos presentes. Además, los metales son fundidos formando una aleación metálica que es el input principal de la siguiente etapa. Este producto es usado como aditivo en la industria del cemento y del acero. No se forman dioxinas y todos los gases metálicos que potencialmente pueden formarse son recogidos en la instalación de tratamiento de gases (Cd si hay baterías de NiCd, Zinc si hay pilas primarias, etc.).

Fase 2. Refinado purificación de metales:

Esta etapa se trata de un proceso hidro-metalúrgico en el que la aleación producida en la fase 1 (que contienen metales como Cobalto, Níquel, Cobre y Hierro) es lixiviada en ácido sulfúrico.

Después de muchas disoluciones y tras ajustar el pH de la disolución, se puede conseguir la separación de los metales principales y se obtiene una disolución de NiSO_4 y una de CoCl_2 .

La disolución de NiSO_4 es re-purificada mediante la extracción del disolvente y se produce la formación de cristales de NiSO_4 . Estos cristales se pueden transformar en componentes esféricos de Ni(OH)_2 para su aplicación potencial en baterías secundarias.

La disolución de CoCl_2 es también re-purificada en una nueva extracción de disolvente para producir una disolución pura de CoCl_2 que es enviada a la siguiente fase.

Fase 3. Oxidación:

El CoCl_2 es oxidado en un horno dedicado exclusivamente a este propósito. El control estricto de los parámetros del proceso permite la obtención de un óxido de cobalto de gran calidad, requerido para la obtención de un compuesto que también contiene Litio. El LiCoO_2 (producto final) es utilizado en la fabricación de nuevas baterías de Li-Ión o Li-polímero como material para el cátodo.

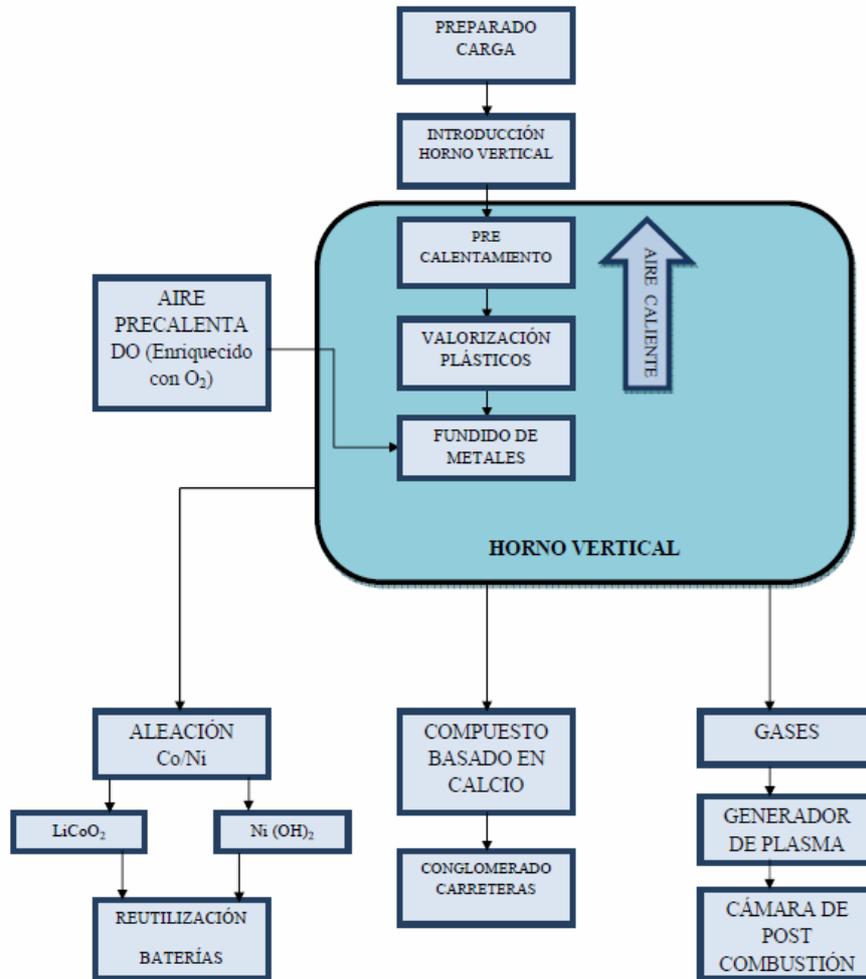


Figura 12. Diagrama de flujo del proceso Piro-metalúrgico.

6.4.2. Proceso Hidro-metalúrgico

Este proceso tiene como objetivo la recuperación del Litio de las baterías fuera de uso. Ver diagrama de flujo del proceso en la Figura 13.

La recuperación de Litio es problemática no solo debido a la inestabilidad y toxicidad del metal por sí mismo, sino también por la reactividad, capacidad de corrosión y la toxicidad de varios subproductos (desencadenados por el litio) y compuestos intermedios que pueden formarse durante el proceso de reciclado. Además, la potencial contaminación del Litio por ciertas sustancias durante el proceso puede ser determinante de cara a la obtención final de un litio suficientemente puro, haciendo el proceso viable o no viable desde el punto de vista económico.

Con el objetivo de consumir la mayor parte de los componentes reactivos, y por lo tanto, reducir el riesgo asociado al proceso; las baterías son descargadas de su carga remanente. Alternativamente, o adicionalmente a esto un enfriamiento criogénico reduce la temperatura de la batería y por lo tanto disminuye la reactividad de varias sustancias a una pequeña fracción de su reactividad a temperatura ambiente. Este proceso permite el desmantelamiento y la trituración sean alcanzados sin riesgo de explosión u otros efectos adversos. La reacción del Litio y sus compuestos con H_2O , provoca la formación de sales que retiradas de forma segura, y que pueden ser vendidas a usuarios de Litio, incluidos por ejemplo, los fabricantes de baterías.

Al reaccionar componentes que contengan Litio, que dan lugar una gran diversidad de sales, es fundamental conseguir mantener un pH alto, con el objetivo de evitar la formación de H_2S , altamente tóxico. Normalmente, esto se consigue mediante la adición de NaOH a la solución, aunque la concentración de sodio debe estar estrictamente controlada (a fin de mantenerla baja) para evitar la contaminación de sodio en las lamas de litio. El sodio es especialmente difícil de eliminar y excesivos niveles de contaminación de esta sustancia equivale a no hacer rentable el proceso de recuperación de Litio.

Una gran variedad de sales de Litio se forman en los tanques de reacción dependiendo de la tecnología química de la batería, como: $LiCl$, $LiCO_3$ y $LiSO_3$; entre otras. La concentración de estas sales aumenta a medida que la disolución se satura hasta que las sales precipitan.

Las sales precipitadas son bombeadas periódicamente hacia un tanque de sedimentación donde son extraídas de forma periódica y son procesadas en un filtro prensa.

El output de este proceso es una disolución concentrada en sal con un contenido en humedad en torno al 28 por ciento. Con el objetivo de purificar las sales, y en particular, para eliminar los no deseados sulfuros, el concentrado obtenido anteriormente es situado en un electrolito celular híbrido conteniendo ácido sulfúrico disuelto. Los disolventes separan los iones Li^+ de los diversos aniones, incluido el SO_3 .

Los iones de Li^+ pasan a través una membrana en la que los aniones son repelidos. En el lado básico, se forma LiOH , el cual es utilizado para ajustar el pH en los tanques de reacción. El LiOH es posteriormente deshidratado o convertido en LiCO_3 mediante la adición de CO_2 , donde el CO_2 es burbujeado a la disolución.

El LiOH o el LiCO_3 son finalmente secados en un secador térmico y empaquetados para su comercialización.

La eficiencia del proceso de recuperación de iones de litio es de aproximadamente el 97%. El Litio recuperado es útil para ser utilizado en una amplia gama de aplicaciones.

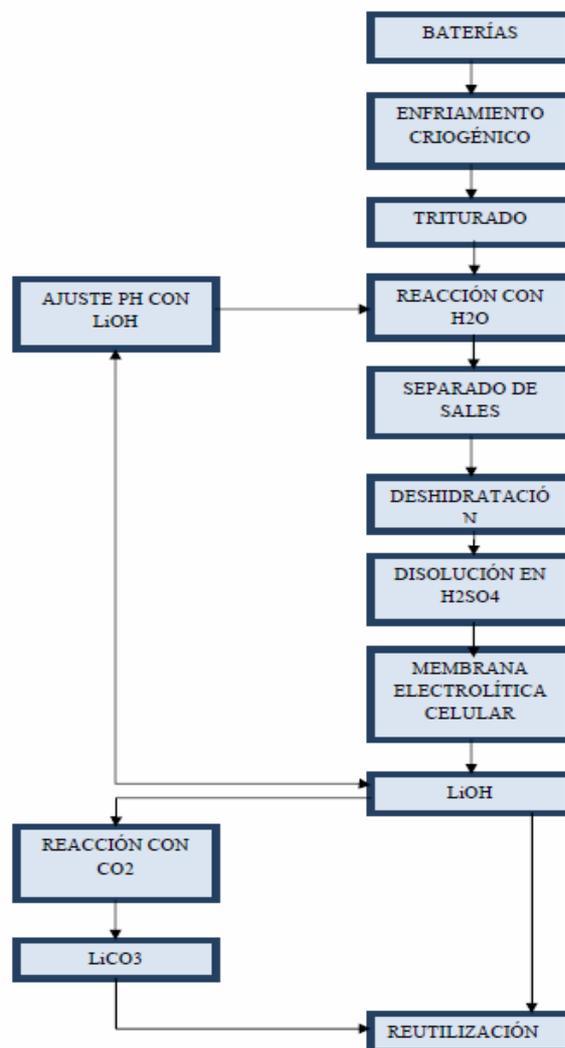


Figura 13. Diagrama de flujo del proceso Hidro-metalúrgico.

6.4.3. Empresas recicladoras de baterías de HEV / EV a nivel mundial.

A continuación se describen brevemente las principales empresas recicladoras existentes en la actualidad a nivel mundial para el reciclado de baterías de vehículos eléctricos o híbridos. En España no existen empresas que cuenten con este tipo de procesos.

1) Toxco Inc.

Empresa de origen Canadiense localizada desde 1992 en Trail, Columbia Británica y cuya misión corporativa es la de reciclar todo tipo de pilas y baterías, ya sea primaria o secundaria. Desarrolla su actividad en América del Norte (tanto en Canadá como en EE.UU).

La principal característica del proceso de reciclaje para baterías en vehículos eléctricos es que realiza uno específico para cada tipo de batería: las baterías de NiMH y las de Litio-ión. La causa de esta diferenciación tan clara está en la naturaleza reactiva de los materiales que componen cada tipo de baterías. Como ya se ha comentado, mientras que los materiales que componen los electrodos de las baterías de NiMH son relativamente estables en condiciones estándar de trabajo, en las baterías de Li-ión se encuentra una mayor dificultad en el proceso de reciclaje a causa de la gran reactividad de los materiales que la componen, pudiendo comprometer la seguridad del proceso.

Toxco tiene cierta ventaja sobre aquellas compañías nuevas en el mercado. La compañía ya es líder en el reciclaje de baterías en Norte América y ha estado reciclando baterías de Litio de carga sencilla y recargables usadas en los artefactos electrónicos y en aplicaciones industriales.

La empresa ha recibido una ayuda del Departamento de Energía de EEUU (DOE) de 9,5 millones de dólares, para desarrollar la tecnología necesaria que permita reciclar las baterías de Litio de los futuros coches eléctricos e híbridos.

2) Battery Solutions:

Battery Solutions es una empresa de EEUU que recicla todo tipo de baterías cumpliendo en todo momento con la legislación pertinente. Han desarrollado e implementado sistemas de reciclaje para todo tipo de baterías.

Las baterías de NiMH se reciclan mediante un proceso de Recuperación de Metales a alta Temperatura. En este proceso todos los metales (Níquel, Hierro, Cobalto, Manganeso y Cromo) se funden a alta temperatura y se recuperan posteriormente en la operación de colada. Los metales de bajo punto de fusión (Zinc, Litio y Cadmio) son separados durante la operación de fundido y son recogidos como óxidos de metal.

El proceso de reciclaje de las baterías de Litio es el siguiente: las baterías se trituran mediante una trituradora o un martillo de alta velocidad según el tamaño de la batería. La mezcla se sumerge en agua cáustica (básica). Esta solución cáustica neutraliza los electrolitos y se recuperan los metales ferrosos y no ferrosos. La chatarra limpia se vende a recicladores de metal y la solución restante se filtra. Se recupera el Carbono y se introduce en láminas húmedas de carbono. Parte de este carbono se recicla con Cobalto.

El Litio que queda en la solución (Hidróxido de Litio) se convierte en Carbonato de Litio (un fino polvo blanco). Con esto se obtiene Carbonato de Litio que se utiliza para hacer lingotes de metal de Litio y Aluminio para las baterías. También se recupera Litio que se puede utilizar en la fabricación de baterías de Dióxido de Azufre.

3) Umicore S.A.

Umicore Battery Recycling es una línea de negocio dentro del grupo Umicore (empresa belga con sede en Bruselas) que se ocupa del reciclaje de las baterías al final de su vida útil, baterías de Vehículos Fuera de Uso y catalizadores GTL.

Umicore es uno de los grupos líderes en productos avanzados para las baterías recargables, particularmente de níquel, cobalto y litio.

Hace unos años desarrolló un proceso para el reciclado de pilas de NiMH y de Litio-Ión con capacidad superior a 5.000 TM/año. Este proceso permite el reciclaje de estas baterías sin ningún riesgo en el pretratamiento y consiguiendo Níquel, Cobalto y metales para su utilización en nuevas baterías.

Este proceso ganó el “Premio de oro de la Prensa Europea de medio Ambiente” y se considera una de las mejores tecnologías disponible actualmente para el reciclaje de baterías.

4) Snam.

Snam (Sociedad Nouvelle d’Affinage des Métaux) es una empresa del grupo Belga Floridienne, localizada en Francia, concretamente en Viviez y en Saint Quentin Fallavier. Sus principales actividades son:

- Clasificación de mezclas de pilas provenientes de residuos urbanos.
- Reciclaje de baterías de NiCd, NiMH y Litio.
- Reciclaje de residuos industriales que contengan Cadmio o Níquel
- Reciclaje de pilas alcalinas y salinas
- Descontaminación de virutas de aleaciones especiales

Por otra parte, Snam comercializa metales no ferrosos provenientes de sus actividades de reciclaje:

- Aleaciones níquel-hierro.
- Aleaciones cobalto-hierro.
- Cadmio de alta pureza.

La empresa está especializada en el tratamiento por destilación de acumuladores de Ni-Cd y Ni-MH para la obtención de Óxido de Cadmio de gran pureza y de Ferro-Níquel que posteriormente se utiliza en la industria del acero para fabricar aleaciones.

Snam realizó el proyecto ReCLionBat para el desarrollo de una técnica que permitiera reciclar las baterías de Litio-ión. Mediante este proyecto Snam construyó una instalación piloto con una línea de procesado para transportar, clasificar, romper, aplicar un tratamiento térmico y prensar las baterías de Litio-ión fuera de uso.

El proyecto desarrolló un tratamiento pirolítico eficiente, que se basa en calentar las baterías recogidas para poder separar los elementos constituyentes (Cobre, Hierro y compuestos pequeños) machacándolas y filtrándolas. A continuación, los compuestos pequeños se tratan químicamente para extraer el Cobalto y el Níquel, que se venden a los fabricantes para su reutilización. Este proceso permite reciclar hasta un 60% de los componentes de las baterías.

Tras la conclusión del proyecto, Snam desarrolló una operación de reciclaje de baterías y actualmente procesa baterías gastadas de toda Europa. La empresa trabaja con las agencias de reciclaje francesas SCRELEC y COREPILE, así como con BEBAT, de Bélgica, y G&P, del Reino Unido.

El grupo japonés Toyota, firmó a finales de 2011 un acuerdo de tres años de duración con esta sociedad francesa para el reciclaje de las baterías NiMH de vehículos híbridos. El acuerdo entre Toyota y Snam asegura que las baterías podrán recogerse en todas las instalaciones de la marca en Europa, incluida su sede de Bruselas, en las 30 empresas nacionales de ventas, en los 3.000 concesionarios de Toyota y Lexus y en los centros de tratamiento de vehículos fuera de uso.

5) Accurec GMBH.

Empresa fundada en 1995 con planta de tratamiento en Mülheim/Ruhr (Alemania) es una empresa que se centra en el reciclado de baterías y paneles solares. Es miembro fundador de EBRA (European Battery Recycling Association), RECHARGE (International Association for Advanced Rechargeable Batteries) e ICdA (International Cadmium Association). Abarca todos los pasos de la cadena del residuo.

Cuenta con instalaciones de reciclado con capacidad de 4.000 TM/año, construidas a partir de tecnologías específicas propias basadas en procesos de destilación a alto vacío. Y tiene previsto para el 2013 la puesta en marcha de una nueva planta industrial para el reciclado de baterías de Litio y de paneles solares.

En ACCUREC, el esfuerzo en I+D+i se ha centrado recientemente en el desarrollo de tecnologías para recuperar el Litio y las Tierras Raras de las baterías de vehículos híbridos participando en los programas:

- Reciclado de módulos de baterías de ion Litio procedentes de vehículos híbridos, junto con IME (Instituto para la Tecnología de los Procesos Metalúrgicos y de reciclado de Metales de la Universidad de Aachen) financiado por el BMBF (Ministerio Federal de Investigación)
- Viabilidad industrial del proceso de reciclado de Tierras Raras a partir de baterías de NiMH procedentes de vehículos eléctricos, también conjuntamente con el IME y en este caso financiado por el LANUV, la Agencia Ambiental del estado de Renania-Westfalia con sede en Dusseldorf.

7. Conclusiones

7.1. Conclusiones generales.

El presente trabajo muestra un claro interés de la industria del automóvil por impulsar el vehículo híbrido y eléctrico, lo que además de suponer un avance en el desarrollo de baterías con mejores prestaciones y menor coste, requiere ofrecer una solución técnica, económica y medioambientalmente adecuada a su fin de vida.

A continuación, las conclusiones deducidas a partir de las actividades realizadas a lo largo del presente proyecto:

- Los fabricantes de vehículos tienen acuerdos con empresas fabricantes de baterías para desarrollar tecnologías propias.

- Actualmente la mayoría de los vehículos híbridos de 1ª y 2ª generación emplean baterías de NiMH, ya que presentan prestaciones superiores frente a las de Plomo (mayor densidad de energía (Wh/kg) y densidad de potencia (W/kg)) y un precio un inferior a las de tecnología de Litio-ión.
- Sin embargo, las baterías de Litio-ión van cobrando protagonismo en los vehículos eléctricos por poseer más ventajas técnicas, y aunque en estos momentos, el coste de fabricación es muy elevado, se prevé que a medio plazo este coste sufra un descenso significativo debido principalmente al incremento de la tecnología en otras aplicaciones como por ejemplo las UPS (Uninterruptible Power Supply).
- Las baterías se consideran piezas clave en el desarrollo del vehículo eléctrico por lo que las marcas están abordando de una forma individual la gestión de la batería una vez llega a su fin de vida en el vehículo.
- Existen acuerdos directos entre fabricantes de vehículos y empresas recicladoras (gestor final) para valorizar las baterías.
- En la actualidad no hay acuerdos entre marcas para gestionar sus residuos conjuntamente.
- El marco legislativo está claro y las necesidades de logística y almacenamiento definidas.
- Una línea de investigación clara de las marcas es la búsqueda de aplicaciones de segunda vida para las baterías tras alcanzar su fin de vida en el vehículo. Aplicaciones posibles son:
 - o Almacenamiento de energía renovable
 - o Fuente de alimentación de reserva
 - o Gestión de carga de la red: donde las empresas puedan almacenar energía eléctrica generada durante la temporada baja y luego aprovecharlo para complementar horas punta de demanda.
- Existen empresas de reciclado de baterías fuera de uso a nivel europeo bien posicionadas en el sector, principalmente: UMICORE, SNAM y ACCUREC.
- Los procesos de reciclado consolidados son los de tratamiento de baterías de plomo, NiCd y NiMH. Sin embargo, las empresas del sector están apostando por el desarrollo de procesos que, bien de forma conjunta o

específicamente, traten las baterías de Litio, baterías cuyo desarrollo a corto-medio plazo parece garantizado.

- En España no existen plantas de tratamiento/reciclaje de este tipo de baterías y, a día de hoy, los volúmenes gestionados no justifican la inversión necesaria.
- Sin embargo, las economías de escala sí apuntan a que sería económicamente justificado un desmontaje del pack de baterías localmente con el fin de transportar únicamente las celdas electroquímicas.
- Abordar el desmantelado de la batería supone profundizar en su etapa de descarga. Operación de gran importancia y alto riesgo.

7.2. Posibles modelos de gestión de baterías de HEV/EV fuera de uso.

Una vez analizadas las distintas alternativas de gestión de las baterías, desde la recogida capilar en el productor del residuo, hasta su entrega a un gestor nacional que realice la selección, inspección y control de las mismas; el control de la carga residual; las posibilidades de reutilización como segundo uso alternativo y la adecuación de las baterías para su envío a la planta final de tratamiento de las distintas calidades de baterías, se proponen las siguientes alternativas para el posible modelo de gestión.

- **Alternativa a).** Los distintos fabricantes de vehículos y toda su red de talleres oficiales, se adhieren a un sistema integrado de gestión general (SIG) ya existente o crean uno nuevo.

Este SIG sería el responsable de gestionar la implantación y seguimiento del correspondiente “call center”, y la contratación de los diferentes agentes en la operativa (principalmente: transportistas autorizados, gestor de residuos nacional). Así mismo este SIG realizaría la labor de información a la Administración respecto a las cantidades puestas en el mercado, ratios de recogida, ratios de eficiencia etc. que marca la Ley.

Dado que en España no existen plantas de tratamiento/reciclaje de este tipo de baterías, el gestor nacional se centraría en la operativa de control e inspección de las baterías que llegarían a sus instalaciones, la comprobación de su validez para un segundo uso (siempre y cuando los fabricantes de vehículos quieran dicha opción), posible descarga de la

carga eléctrica residual, extracción y gestión de las fracciones valorizables en España y su correcto envasado, para su posterior envío a planta de tratamiento fuera de España.

Recalcar que esta última operativa de adecuación del acondicionamiento y envasado de las baterías previo a su envío es una labor muy delicada e importante, dado que debido a la carga eléctrica residual y a la naturaleza propia de las baterías de Li-ion concretamente son bastante susceptibles de auto-ignición.

- **Alternativa b).** Los distintos fabricantes de vehículos dan cobertura a su red de talleres oficiales, así como a toda la red de talleres independientes y se adhieren a un sistema integrado de gestión general (SIG) ya existente o crean uno nuevo.

Como en el caso anterior, el SIG sería el que gestionaría la implantación y seguimiento del correspondiente “call center”, y la contratación de los diferentes agentes en la operativa (principalmente: transportistas autorizados, gestor de residuos nacional). Así mismo este SIG realizaría la labor de información a la Administración respecto a las cantidades puestas en el mercado, ratios de recogida, ratios de eficiencia etc. que marca la Ley.

El resto de pautas de actuación igual a lo indicado en la “Alternativa a”.

- **Alternativa c).** Los distintos fabricantes de vehículos dan cobertura a su red de talleres oficiales, así como a toda la red de talleres independientes bajo el paraguas de alguna de sus asociaciones gremiales como ANFAC y crean la figura de un nuevo sistema integrado de gestión general (SIG).

El resto de pautas de actuación igual a lo indicado en la “Alternativa a”.

- **Alternativa d).** Cada uno de los fabricantes de vehículos y toda su red de talleres oficiales asume individualmente la operativa desde la recogida capilar en origen hasta su envío a gestor nacional.

En este caso, el fabricante de automóviles deberá de contratar la realización del servicio a un operador que le de cobertura en los aspectos de logística de recogida y entrega al gestor, y la de un gestor final nacional.

Así mismo el fabricante deberá de asumir las exigencias marcadas por la Ley respecto a facilitar a la Administración las cantidades puestas en el mercado, ratios de recogida, ratios de eficiencia etc.

ANEXO I: Ejemplo de ficha técnica de baterías

FICHA TÉCNICA BATERÍA LFP (Tecnología EVB)



EVB Technology (HK) Limited
超霸科技(香港)有限公司

Material Safety Data Sheet For LiFePO₄ Batteries

Document Number: ERS1051

Revision:0

Page 1 of 5

| | | | |
|---|--|---|--|
| IDENTITY (As Used on Label and List) Lithium Ion Rechargeable Batteries (Lithium Ferro Phosphate) | | Note: Blank spaces are not permitted if any item is not applicable or no information is available, the space must be marked to indicate that. | |
| Section I – Information of Manufacturer | | | |
| Manufacturer's Name EVB Technology (HK) Limited | | Emergency Telephone Number 852-2484-3447 | |
| Address (Number, Street, City State, and ZIP Code) 4/F Gold Peak Building, 30 Kwai Wing Road, Kwai Chung, N.T. H.K. | | Telephone Number for information 852-2484-3447 | |
| | | Date of prepared and revision 07 th September, 2012 | |
| | | Signature of Preparer (optional) | |

Section II - Hazardous Ingredients / Identity Information

Hazardous Components:

| | |
|---------------------------------------|--|
| Description: | CAS No. |
| Lithium Iron Phosphate (Watt Hour) | 15365-14-17 Refer to Section X VII Watt hour Table |
| Graphite | 7782-42-5 |
| Ethyl Methyl Carbonate | 623-53-0 |
| Poly(vinylidene difluoride) (PVDF) | 24937-79-9 |

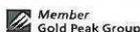
Section III - Physical / Chemical Characteristics

| | |
|---|---|
| Boiling Point N.A. | Specific Gravity (H ₂ O=1) N.A. |
| Vapor Pressure (mm Hg) N.A. | Melting Point N.A. |
| Vapor Density (AIR=1) N.A. | Evaporation Rate (Butyl Acetate) N.A. |
| Solubility in Water N.A. | |
| Appearance and Odor Prismatic shape (For detail please refer to the drawing), odorless | |

Section IV – Hazard Classification

Classification

N.A.



Manufacturer reserves the right to alter or amend the design, model and specification without prior notice.



EVB Technology (HK) Limited
超霸科技(香港)有限公司

Material Safety Data Sheet For LiFePO₄ Batteries

Document Number: ERS1051

Revision:0

Page 2 of 5

Section V – Reactivity Data

| | | | |
|-----------|----------|---|---------------------|
| Stability | Unstable | | Conditions to Avoid |
| | Stable | X | |

Incompatibility (Materials to Avoid)

Hazardous Decomposition or Byproducts

| | | | |
|--------------------------|----------------|---|---------------------|
| Hazardous Polymerization | May Occur | | Conditions to Avoid |
| | Will Not Occur | X | |

Section VI - Health Hazard Data

| | | | |
|-------------------|-------------|-------|------------|
| Route(s) of Entry | Inhalation? | Skin? | Ingestion? |
| | N.A. | N.A. | N.A. |

Health Hazard (Acute and Chronic) / Toxicological information

In case of electrolyte leakage, skin will be itchy when contaminated with electrolyte.

In contact with electrolyte can cause severe irritation and chemical burns.

Inhalation of electrolyte vapors may cause irritation of the upper respiratory tract and lungs.

Section VII – First Aid Measures

First Aid Procedures

If electrolyte leakage occurs and makes contact with skin, wash with plenty of water immediately.

If electrolyte comes into contact with eyes, wash with copious amounts of water for fifteen (15) minutes, and contact a physician.

If electrolyte vapors are inhaled, provide fresh air and seek medical attention if respiratory irritation develops. Ventilate the contaminated area.

Section VIII - Fire and Explosion Hazard Data

| | | | | |
|---------------------------|----------------|------------------|------|------|
| Flash Point (Method Used) | Ignition Temp. | Flammable Limits | LEL | UEL |
| N.A. | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |

Extinguishing Media

Carbon Dioxide, Dry Chemical or Foam extinguishers

Special Fire Fighting Procedures

N.A.

Unusual Fire and Explosion Hazards

Do not dispose of battery in fire - may explode.

Do not short-circuit battery - may cause burns.



Manufacturer reserves the right to alter or amend the design, model and specification without prior notice.



EVB Technology (HK) Limited
超霸科技(香港)有限公司

Material Safety Data Sheet For LiFePO₄ Batteries

Document Number: ERS1051

Revision:0

Page 3 of 5

Section IX – Accidental Release or Spillage

Steps to Be Taken in Case Material is Released or Spilled

Batteries that are leakage should be handled with rubber gloves.

Avoid direct contact with electrolyte.

Wear protective clothing and a positive pressure Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA).

Section X – Handling and Storage

Safe handling and storage advice

Batteries should be handled and stored carefully to avoid short circuits.

Do not store in disorderly fashion, or allow metal objects to be mixed with stored batteries.

Never disassemble a battery.

Do not breathe cell vapors or touch internal material with bare hands.

Keep batteries between -30°C and 35°C for prolong storage.

Section XI – Exposure Controls / Person Protection

| | | |
|-------------------------------|------|------|
| Occupational Exposure Limits: | LTEP | STEP |
| | N.A. | N.A. |

| | |
|---------------------------------------|------|
| Respiratory Protection (Specify Type) | N.A. |
|---------------------------------------|------|

| | | |
|-------------|----------------------|---------|
| Ventilation | Local Exhausts | Special |
| | N.A. | N.A. |
| | Mechanical (General) | Other |
| | N.A. | N.A. |

| | |
|-------------------|----------------|
| Protective Gloves | Eye Protection |
| N.A. | N.A. |

| |
|--|
| Other Protective Clothing or Equipment |
| N.A. |

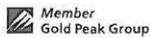
| |
|---------------------------|
| Work / Hygienic Practices |
| N.A. |

Section XII – Ecological Information

N.A.

Section XIII – Disposal Method

Dispose of batteries according to government regulations.



Manufacturer reserves the right to alter or amend the design, model and specification without prior notice.



EVB Technology (HK) Limited
超霸科技(香港)有限公司

Material Safety Data Sheet For LiFePO₄ Batteries

Document Number: ERS1051

Revision:0

Page 4 of 5

Section XIV – Transportation Information

The GP Lithium Ion Batteries comply with the necessary testing requirement under the UN Manual of Tests and Criteria as referenced in the following transportation regulations:

1. UN Recommendation on the Transport of Dangerous Goods Model Regulation
2. U.S. Department of Transportation hazardous materials regulation (HMR)
3. International Civil Aviation Organization (ICAO) Technical Instruction
4. International Air Transport Association (IATA) Dangerous Goods Regulations
5. International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code

The designated batteries can meet all UN Testing requirements but contain more than 20Wh (Actual value showed in P.1) (See 49 CFR 173.185 of the U.S. HMR, Guidance on the Transport of the Lithium Batteries of 2011 – 2012 edition of the ICAO Technical Instructions and consequently the 53rd edition of the DGR and IATA Dangerous Goods Regulations, and Special Provision 188 of the IMDG Code and UN Model Regulations.)

The Watthour (Wh) Calculation:

Under the 2011 – 2012 edition of the ICAO Technical Instructions and consequently the 53rd edition of the DGR, the unit Wh is equal to rated capacity (Ah) x nominal voltage (V)

Batteries should be packaged in accordance with these transportation regulations. It is especially important to ensure that batteries are packed in such a way to prevent short circuits

Sea (IMO/IMDG)

UN number: 3480 (Proper Shipping Name: Lithium Ion Batteries)

Labeling: 9 Miscellaneous dangerous goods

Class: 9

Packaging group: II

Air (ICAO-IATA)

UN number: 3480 (Proper Shipping Name: Lithium Ion Batteries)

Labeling: 9 Miscellaneous dangerous goods

Class: 9

Packaging group: II

Cargo Aircraft: Packing instruction: PI 965, Max. net Quantity per package: 35kg

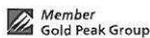
The commodity is met the UN manual of Tests and Criteria, Part III, Sub-section 38.3

Section XV – Regulatory Information

Special requirement be according to the local regulatories.

Section XVI – Other Information

The data in this Material Safety Data Sheet relates only to the specific material designated herein.



Manufacturer reserves the right to alter or amend the design, model and specification without prior notice.



EVB Technology (HK) Limited
超霸科技(香港)有限公司

Material Safety Data Sheet For LiFePO₄ Batteries

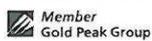
Document Number: ERS1051

Revision:0

Page 5 of 5

Section X VII Watt hour Table

| Model | Watt Hour(by calculation) | Configuration |
|--------------|---------------------------|---------------|
| GPSEO18LF002 | 51.2 | 1S1P |
| GPSEO18LF003 | 1228.8 | 24S1P |
| GPSEO30LF003 | 960 | 10S1P |
| GPSEO30LF004 | 96 | 1S1P |
| GPSEO30LF006 | 768 | 8S1P |
| GPSEO45LF003 | 144 | 1S1P |
| GPSEO45LF007 | 432 | 2P+1 |
| GPSEO45LF008 | 1152 | 4S2P |
| GPSEO45LF006 | 1152 | 8S1P |
| GPSEO45LF005 | 1440 | 5S2P |
| GPSEO45LF004 | 1728 | 4S3P |
| GPSEO45LF002 | 1440 | 10S1P |



Manufacturer reserves the right to alter or amend the design, model and specification without prior notice.

“Estudio de viabilidad previo al diseño de un esquema de logística, tratamiento y reciclado de baterías de vehículos eléctricos e híbridos al fin de su vida útil” – REF. TSI-020100-2011-457

ANEXO 2 – Gestión y tratamiento de baterías de vehículo eléctrico e híbrido

Página 58 de 63

FICHA TÉCNICA BATERÍA NiMH (TOYOTA)



MATERIAL SAFETY DATA SHEET

220

Page : 1

Revision nr : 2

Date : 1/9/2006

Supersedes : 31/3/2006

1. IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/PREPARATION AND THE COMPANY/UNDERTAKING

Commercial Product Name : HV Battery Assy (NG Prius + Lexus GS450h)
 Use of the Substance/Preparation : Starter battery
 Company : Toyota Motor Europe
 Bourgetlaan 60
 1140 Brussel (Belgium)
 Tel : +32 2 745 24 86
 Fax : +32 2 745 20 67
 Product code : G9510-47030
 Emergency telephone number : +32 3 575 55 55

2. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

| Substance name | Value(s) | CAS No / EC No / EC Index | Symbol(s) | R-Phrase(s) |
|---------------------|----------|---------------------------------------|-----------|-------------------|
| Nickel dihydroxide | - | 12054-48-7 / 235-008-5 / 028-008-00-X | Xn N | 20/22-40-43-50/53 |
| Potassium hydroxide | - | 1310-58-3 / 215-181-3 / 019-002-00-8 | C | 22-35 |

3. HAZARDS IDENTIFICATION

Most important hazards : The product is classified as dangerous in accordance with Directive 1999/45/EC.
 Also harmful by inhalation and if swallowed.
 Causes severe burns.
 Limited evidence of a carcinogenic effect.
 May cause sensitization by skin contact.
 Environmental properties : Toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

4. FIRST AID MEASURES

First aid measures
 Inhalation : Move to fresh air.
 In case of shortness of breath, give oxygen.
 Call a physician immediately.
 Skin contact : Take off all contaminated clothing immediately.
 Wash off with plenty of water.
 Call a physician immediately.
 Eye contact : Rinse immediately with plenty of water for at least 15 minutes.
 Call a physician immediately.
 Ingestion : Do not induce vomiting.
 Call a physician immediately.

5. FIRE-FIGHTING MEASURES

Suitable extinguishing media : Use dry chemical, CO2, water spray or alcohol resistant foam.
 Specific hazards : Fire residues and contaminated fire extinguishing water must be disposed of in accordance with local regulations.
 An explosive mixture of hydrogen and oxygen is given off during charging.
 Special protective equipment for firefighters : Wear personal protective equipment.
 In the event of fire, wear self-contained breathing apparatus.


MATERIAL SAFETY DATA SHEET
220

Page : 2

Revision nr : 2

Date : 1/9/2006

Supersedes : 31/3/2006

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

- Personal precautions : Evacuate personnel to safe areas.
Wear personal protective equipment.
Ensure adequate ventilation.
Remove all sources of ignition.
- Methods for cleaning up : Soak up with inert absorbent material (e.g. sand, silica gel, acid binder, universal binder, sawdust).
Sweep up and shovel into suitable containers for disposal.

7. HANDLING AND STORAGE

- Storage : Keep tightly closed in a dry, cool and well-ventilated place.
Keep away from open flames, hot surfaces and sources of ignition.
Avoid shock and friction.
- Handling : Disconnect the battery before working on or near any disposed part of the vehicle electrical system.
An explosive mixture of hydrogen and oxygen is given off during charging.
- Specific use(s) : No information available

8. EXPOSURE CONTROLS / PERSONAL PROTECTION

- Personal protective equipment
- Respiratory protection : When workers are facing concentrations above the exposure limit they must use appropriate certified respirators. (filter type A/P1)
- Hand protection : Protective gloves (EN 374) - Nitrile rubber
- Eye protection : Safety glasses (EN 166)
- Hygiene measures : Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice.
Use only in area provided with appropriate exhaust ventilation.
- Environmental exposure controls : Nickel dihydroxide : TLV-TWA (mg/m³) : 1 (Belgium, France, the Netherlands, United Kingdom, Germany), 0,1 (Spain, Finland, Sweden), 0,05 (Norway, Denmark)
Potassium hydroxide : TLV-TWA (mg/m³) : 2 (Finland, Norway, Denmark), 1 (Sweden)
Potassium hydroxide : TLV-STEL (mg/m³) : 2 (Belgium, United Kingdom, France, Spain, Germany)

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

- Appearance : Sealed metallic canister.
- Colour : No data available
- Odour : No data available
- Boiling point/range : No data available
- Melting point/range : No data available
- Flash point : No data available
- Evaporation rate : No data available
- Vapour density : No data available
- Explosive properties : No data available
- Oxidising properties : No data available
- Vapour pressure : No data available
- Explosion limits : No data available
- Viscosity : No data available
- Partition coefficient (n-octanol/water) : No data available
- Solubility : Insoluble


MATERIAL SAFETY DATA SHEET
220

Page : 3

Revision nr : 2

Date : 1/9/2006

Supersedes : 31/3/2006

10. STABILITY AND REACTIVITY

| | |
|----------------------------------|--|
| Stability | : Stable at normal conditions |
| Hazardous decomposition products | : Possible decomposition products are: Carbon oxides . |
| Materials to avoid | : Incompatible with strong acids and oxidising agents. |
| Conditions to avoid | : Keep away from open flames, hot surfaces and sources of ignition. Avoid shock and friction. |

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

| | |
|------------------|--|
| Acute toxicity | : Nickel dihydroxide : LD50/oral/rat : 1515 mg/kg Potassium hydroxide : LD50/oral/rat : 365 mg/kg |
| Inhalation | : Symptoms of overexposure may be headache, dizziness, tiredness, nausea and vomiting. |
| Skin contact | : Causes severe burns. |
| Eye contact | : Causes severe burns. |
| Ingestion | : Liquid product causes severe burns, irritation of digestive system and bad healing sores. |
| Chronic toxicity | : Limited evidence of a carcinogenic effect. |

12. ECOLOGICAL INFORMATION

| | |
|-------------------------------|--|
| Bioaccumulation | : No data is available on the product itself. |
| Ecotoxicity effects | : Nickel dihydroxide : LC50/48h/daphnia : 51 mg/l Toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment. |
| Mobility | : No data is available on the product itself. |
| Persistence and degradability | : No data is available on the product itself. |

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

| | |
|---------------------|---|
| Waste from residues | : Dispose of in accordance with local regulations Collect and dispose of waste product at an authorised disposal facility. |
|---------------------|---|

14. TRANSPORT INFORMATION

Class



| | |
|----------------------|---|
| ADR/RID | |
| UN-No | : 2800 |
| Proper shipping name | : BATTERIES, WET, NON-SPILLABLE, electric storage |
| Class | : 8 |
| Packing group | : - |
| IMDG | |
| UN-No | : 2800 |
| Class | : 8 |
| Packing group | : - |
| Proper shipping name | : BATTERIES, WET, NON-SPILLABLE, electric storage |
| EmS | : F-A, S-B |
| ICAO/IATA | |
| UN-No | : 2800 |
| Class | : 8 |


MATERIAL SAFETY DATA SHEET
220

Page : 3

Revision nr : 2

Date : 1/9/2006

Supersedes : 31/3/2006

10. STABILITY AND REACTIVITY

| | |
|----------------------------------|--|
| Stability | : Stable at normal conditions |
| Hazardous decomposition products | : Possible decomposition products are: Carbon oxides . |
| Materials to avoid | : Incompatible with strong acids and oxidising agents. |
| Conditions to avoid | : Keep away from open flames, hot surfaces and sources of ignition. Avoid shock and friction. |

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

| | |
|------------------|--|
| Acute toxicity | : Nickel dihydroxide : LD50/oral/rat : 1515 mg/kg Potassium hydroxide : LD50/oral/rat : 365 mg/kg |
| Inhalation | : Symptoms of overexposure may be headache, dizziness, tiredness, nausea and vomiting. |
| Skin contact | : Causes severe burns. |
| Eye contact | : Causes severe burns. |
| Ingestion | : Liquid product causes severe burns, irritation of digestive system and bad healing sores. |
| Chronic toxicity | : Limited evidence of a carcinogenic effect. |

12. ECOLOGICAL INFORMATION

| | |
|-------------------------------|--|
| Bioaccumulation | : No data is available on the product itself. |
| Ecotoxicity effects | : Nickel dihydroxide : LC50/48h/daphnia : 51 mg/l Toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment. |
| Mobility | : No data is available on the product itself. |
| Persistence and degradability | : No data is available on the product itself. |

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

| | |
|---------------------|---|
| Waste from residues | : Dispose of in accordance with local regulations Collect and dispose of waste product at an authorised disposal facility. |
|---------------------|---|

14. TRANSPORT INFORMATION

Class



| | |
|----------------------|---|
| ADR/RID | |
| UN-No | : 2800 |
| Proper shipping name | : BATTERIES, WET, NON-SPILLABLE, electric storage |
| Class | : 8 |
| Packing group | : - |
| IMDG | |
| UN-No | : 2800 |
| Class | : 8 |
| Packing group | : - |
| Proper shipping name | : BATTERIES, WET, NON-SPILLABLE, electric storage |
| EmS | : F-A, S-B |
| ICAO/IATA | |
| UN-No | : 2800 |
| Class | : 8 |


MATERIAL SAFETY DATA SHEET
220

Page : 4

Revision nr : 2

Date : 1/9/2006

Supersedes : 31/3/2006

14. TRANSPORT INFORMATION (continued)

 Packing group : -
 Proper shipping name : BATTERIES, WET, NON-SPILLABLE, electric storage

15. REGULATORY INFORMATION

Labelling : Limited labelling information is permitted according to Article 12 of EC-Directive 1999/45/EC

Symbol(s) : The preparation is classified as dangerous in accordance with Directive 1999/45/EC.
 : C - Corrosive
 : N - Dangerous for the environment

R-phrases(s) : R20/22 - Harmful by inhalation and if swallowed.
 : R35 - Causes severe burns.
 : R40 - Limited evidence of a carcinogenic effect.
 : R43 - May cause sensitization by skin contact.
 : R51/53 - Toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

S-phrases(s) : S23 - Do not breathe spray.
 : S24/25 - Avoid contact with skin and eyes.
 : S36/37/39 - Wear suitable protective clothing, gloves and eye/face protection.
 : S45 - In case of accident or if you feel unwell, seek medical advice immediately (show label where possible).
 : S51 - Use only in well ventilated areas.
 : S61 - Avoid release to the environment. Refer to special instructions/safety data sheets.
 : S64 - If swallowed, rinse mouth with water (only if the person is conscious).

WGK : -

16. OTHER INFORMATION

Text of R phrases mentioned in Section 2 : R20/22 - Harmful by inhalation and if swallowed.
 : R22 - Harmful if swallowed.
 : R35 - Causes severe burns.
 : R40 - Limited evidence of a carcinogenic effect.
 : R43 - May cause sensitization by skin contact.
 : R50/53 - Very toxic to aquatic organisms, may cause long-term adverse effects in the aquatic environment.

Sources of key data used to compile the datasheet : European Chemicals Bureau

The contents and format of this MSDS are in accordance with EEC Commission Directive 2001/58/EC, 1999/45/EC, 1967/548/EC.

DISCLAIMER OF LIABILITY The information in this MSDS was obtained from sources which we believe are reliable. However, the information is provided without any warranty, express or implied, regarding its correctness. The conditions or methods of handling, storage, use or disposal of the product are beyond our control and may be beyond our knowledge. For this and other reasons, we do not assume responsibility and expressly disclaim liability for loss, damage or expense arising out of or in any way connected with the handling, storage, use or disposal of the product. This MSDS was prepared and is to be used only for this product. If the product is used as a component in another product, this MSDS information may not be applicable.

End of document