

Situación de manejo de las baterías de plomo ácido en el Perú

Management situation of lead acid batteries in Peru

Santiago Blas Marreros^{1,a}, Abelardo Cajaleón Alcántara^{1,b}, Micaela Cajaleón Alcántara^{1,c}, Peruska Pareja Madera^{1,d}, José Sánchez León Velarde^{1,e}, Abel Yucra Palacios^{1,f}, Alberto Huiman Cruz^{1,g}

Recibido: 15/02/2022 - Aprobado: 12/10/2022 – Publicado: 31/12/2022

RESUMEN

La presente investigación, describe los diversos problemas socioeconómicos ambientales y los riesgos que atentan la salud, por el desarrollo de la industria del plomo secundario en el Perú, esta situación contrasta el estado de la industria del plomo secundario con países desarrollados y propone objetivos de alternativas sostenibles para el territorio peruano. El método empleado es de tipo descriptivo y comparativo, consistiendo en la búsqueda, evaluación y análisis de los hechos. Actualmente las baterías de plomo – ácido se disponen en botaderos a cielo abierto sin medidas de protección a la salud humana y ambiental, además se carece de dispositivos legales. Las baterías contienen elementos tóxicos que pueden incrementar los índices de contaminación del aire, suelo y agua de las zonas donde son desmanteladas. Se concluye que el plomo es reconocido como una sustancia tóxica y peligrosa, porque generan gases tóxicos causando daños al hombre, animales y ecosistemas. En Perú no se realizan procesos con la garantía de controles de ingeniería y carece de normativas para una adecuada dispersión y manejo de contaminantes internos en el proceso (no existen grados de sanción y responsabilidades de los involucrados como fabricantes, importadores, comerciantes mayoristas, minoristas y a los usuarios finales).

Palabras claves: Baterías plomo-ácido, estándares de calidad, responsabilidad extendida del productor, impacto en la salud de las personas, impacto en el ambiente.

ABSTRACT

The present investigation describes the various environmental socioeconomic problems and the risks that threaten health, due to the development of the secondary lead industry in Peru, this situation contrasts the state of the secondary lead industry with developed countries and proposes objectives of alternatives. sustainable for the Peruvian territory. The method used is descriptive and comparative, consisting of the search, evaluation and analysis of the facts. Currently, lead-acid batteries are disposed of in open-air dumps without measures to protect human and environmental health, and legal provisions are also lacking. Batteries contain toxic elements that can increase the levels of air, soil and water pollution in the areas where they are dismantled. It is concluded that lead is recognized as a toxic and dangerous substance, because they generate toxic gases causing damage to man, animals and ecosystems. In Peru, processes are not carried out with the guarantee of engineering controls and it lacks regulations for adequate dispersion and management of internal contaminants in the process (there are no degrees of sanction and responsibilities of those involved such as manufacturers, importers, wholesalers, retailers and others). end users.

Keywords: Lead acid batteries, quality standards, extended producer responsibility, impact on people's health, impact on the environment.

1 Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado. Lima, Perú

a Estudiante. Autor para correspondencia: santiago.blas@unmsm.edu.pe – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2531-4247>

b Estudiante. E-mail: abelardo.cajaleon@unmsm.edu.pe – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3605-5639>

c Estudiante. E-mail: elienai.cajaleon@unmsm.edu.pe – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3126-9793>

d Estudiante. E-mail: peruzka.pareja@unmsm.edu.pe – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2074-6419>

e Estudiante. E-mail: joseantonio.sanchez@unmsm.edu.pe – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5005-4902>

f Estudiante. E-mail: abel.yucra@unmsm.edu.pe – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3186-3672>

g Docente. E-mail: ahuimanc@unmsm.edu.pe – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5507-9903>

I. INTRODUCCIÓN

Las baterías de plomo-ácido son sumamente importantes para el abastecimiento de una variedad de dispositivos, en especial para la industria automotriz, y a medida que aumenta la demanda de estos vehículos, aumentará el uso de las baterías. Se estima que el mercado mundial dedicado a las baterías de plomo-ácido alcance los 84.46 mil millones de dólares para el 2025 (Market Analysis Report, 2020).

La producción de baterías de plomo-ácido suponen un porcentaje del 85% de la demanda a nivel mundial de metal de plomo refinado (ILA 2017). La mayoría de esta demanda es completada por plomo reciclado, así pues, una fuente primordial es el reciclaje de baterías de plomo-ácido (ILA, 2015).

La producción y reciclaje de baterías de plomo-ácido son realizadas a nivel mundial de manera legal en establecimientos no regulados e informales (PNUMA, 2010). El reciclaje de plomo es causante de contaminación al ambiente, así como riesgo a la salud humana en varios países del mundo (PNUMA 2010), (UNEP, 2010). Esto debido a que comúnmente se realiza con carencia de conocimiento de las tecnologías a usar para el control de emisiones de plomo, en países en vías de desarrollo, las industrias llevan a cabo los procesos con vacíos legales o escasa fiscalización (Manhart et al., 2016; PNUMA, 2010).

Las baterías de plomo-ácido son consideradas elementos peligrosos por su contenido de sustancias químicas tóxicas, tales como el ácido sulfúrico y el plomo, poseen el potencial de afectar la salud de la población, plantas, animales y ambiente al no tener la adecuada protección ante su exposición (PRODUCE, 2009). Las baterías pueden generar sustancias tóxicas que son liberadas al ambiente si de da una inadecuada disposición final (PRODUCE, 2009). Cabe mencionar que los impactos originados por la actividad de reciclaje de baterías usadas se dan por el inadecuado manejo proveniente de la actividad informal (PRODUCE, 2009).

La Figura 1, muestra una batería compuesta de dos placas de plomo, positivas y negativas, separadas por un elemento aislante. El conjunto está sumergido en un líquido (electrolito), compuesto de ácido sulfúrico diluido en agua destilada, está sellada por una caja de plástico de PVC y como conectores en la parte superior cuenta con Bornes de acero inoxidable.

Según Godelia Canchari & Ortiz Sanchez (2010), «La ventaja que tiene las baterías de plomo-ácido usadas en la totalidad de sus elementos son reciclables, estos son transportados a una planta de reciclaje donde dividen todos sus componentes, pasando por un proceso piro metalúrgico para el reaprovechamiento del plomo».

«Aunque el proceso de reciclaje permite mitigar la generación de este tipo de residuos de baterías plomo-ácido, el proceso actual presenta riesgos a la salud y al ambiente ya que este proceso puede generar emisión de gases de plomo, derrame o fugas de electrolitos contaminados con plomo que pueden contaminar el suelo o los cuerpos de agua, así como la liberación de otros compuestos químicos, como arsénico, antimonio, bario, cadmio y dióxido de azufre; si es que el proceso de reciclaje no es el adecuado» (Canchari Godelia & Ortiz Sanchez, 2010). Finalmente, los autores mencionan «(...) como es el caso específico del Cadmio, compuesto calificado como cancerígeno, causante de lesiones pulmonares y trastornos en el aparato digestivo llegando a acumularse en los riñones si es ingerido» (Canchari Godelia & Ortiz Sanchez, 2010)

La ausencia de controles de ingeniería en la industria del reciclaje puede originar que las emisiones de plomo presenten un riesgo a la salud y una contaminación ambiental considerable, entre estos efectos está la intoxicación en la sangre por contenido de plomo, la acumulación de partículas de plomo que se depositan en campos de cultivos aledaños y cuerpos de agua, las cuales influyen en la dieta directa de las comunidades adyacentes.

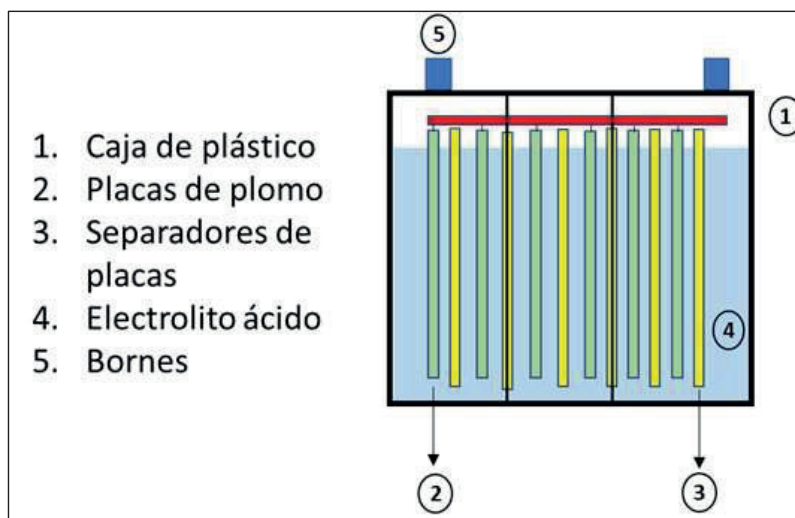


Figura 1. Componentes de las baterías de plomo-ácido.

Además, el proceso de tratamiento dado en las etapas del manejo tales como recolección, cargado, transporte, depósito y eliminación son realizados por la población acorde a los conocimientos y grado cultural que se posee sobre el asunto, generando así anexos, unidades agropecuarias y pueblos (Bocanegra, 2009).

En la actualidad, a pesar de que se presentan conflictos de mortalidad y morbilidad por la contaminación generada por el plomo, aún no se han ejecutado estudios sobre el tratamiento de las baterías plomo ácido usadas y los escasos estudios que existen, están vinculados a la actividad minera. Sumado a ello, de manera muy general en los resultados del taller sobre «Elaboración de la Estrategia Nacional para la Mitigación de la Contaminación Ambiental por Plomo y otros Metales Pesados» realizado en el 2004 por el Ministerio de Salud (MINSa) se identificó cierta cantidad de problemas de contaminación por plomo relacionados a las baterías plomo-ácido para algunos departamentos del Perú (CREEH Perú, 2014).

El taller en mención dio lugar a la elaboración de un «Plan Nacional de Participación Social y compromiso multisectorial para fortalecer la gestión ambiental y reducir la morbi-mortalidad relacionada a la contaminación por plomo y otros metales pesados – Perú 2005-2014» a cargo del MINSa (CREEH Perú, 2014).

II. MÉTODOS

El presente estudio tiene como objetivo recopilar, comparar y analizar alternativas sostenibles en la industria del reciclaje del plomo-ácido utilizadas en otros países y ser contextualizadas para ser implementadas en nuestro territorio nacional.

Para la realización de esta investigación se ejecutó la siguiente metodología:

- a. Revisión bibliográfica: Se obtuvo información sobre las metodologías aplicadas en la industria del reciclaje de las baterías plomo – ácido.
- b. Revisión Normativa: revisión del marco normativo internacional sobre la gestión de las baterías de plomo-ácidas recicladas, para su posterior análisis.
- c. Análisis Técnico: Con el fin de efectuar el análisis, se procedió a revisar diferentes procesos industriales de la actividad de reciclaje de las baterías plomo-ácido, maquinaria, tratamiento, manejo y control de emisiones.
- d. Recopilación de Información: Asociados a la industria del reciclaje de las baterías de plomo-ácido y sus impactos a la salud.
- e. Comparación de la información: Se tomaron los puntos anteriores y se realizó una comparación de la información, donde se obtuvo un diagnóstico.
- f. Emisión de Diagnóstico: En base a la información recopilada y comparada se emitió un diagnóstico donde se discutieron críticamente las mejores alternativas acorde al objetivo.

- g. Conclusiones: Se revisó el trabajo, obteniendo un resumen y finalmente se observó si se alcanzó a cumplir los objetivos.
- h. Generación de propuesta: Finalmente se elabora una propuesta con posibles soluciones a implementarse en la industria del reciclaje de las baterías plomo-ácido del Perú.

III. RESULTADOS

La inadecuada gestión del tratamiento de las baterías de plomo – ácido usadas en el Perú (ILMC, 2002), ponen en riesgo la salud de las comunidades y la contaminación ambiental de nuestro suelo, es por ello por lo que se plantea alternativas de procedimientos más ecoeficientes respecto al reciclaje de las baterías de plomo-ácido.

3.1. Alternativas para el manejo ambientalmente adecuado de las baterías plomo-ácido

En los trabajos encontrados explican de forma detallada las alternativas para tratar el manejo de baterías plomo-ácido usadas en los diferentes países como Colombia cuya autora (Cárdenas Rodríguez, 2018) en su tesis «Propuesta para realizar un manejo adecuado de las emisiones atmosféricas en la industria del reciclaje de las baterías de plomo», nos explica cómo las diversas alternativas apoyan en la reducción de los contaminantes y asimismo explican los procesos que hay que seguir para mitigar la contaminación. De igual manera, según el estudio realizado por (Xi et al., 2014) denominado «Gestión de baterías de plomo-ácido usadas en China: avances, políticas y problemas de la industria secundaria del plomo», mencionan un conjunto de técnicas recopiladas de grandes empresas extranjeras que son líder en su mercado y en el mercado chino lo usan para su retroalimentación de las técnicas ya usadas por el país, para así mejorar dichos procesos y con ello reducir los contaminantes. En los siguientes puntos se explican de forma más detallada sobre los estudios de baterías plomo – ácido usados.

3.1.1. Alternativas usadas en Colombia

Con la finalidad de prevenir los impactos ambientales que producen las baterías, se presentan las siguientes alternativas (ver Tabla 1).

3.1.1.1. Modificar el proceso de producción de batería plomo-ácido

Una de las opciones es aprovechar todos los elementos de las baterías plomo-ácido y ver la manera de cómo cambiar el proceso de fundición en las grandes calderas se elimine del ciclo de recuperación.

En la Tabla 2 se plantean las ventajas y desventajas de los métodos del manejo de reciclaje de las baterías plomo-ácido usado en el país de Colombia, según la Tabla 2.

3.1.2. Alternativas usadas en China

Dado que la producción anual de plomo secundario aumentó considerablemente en los últimos años, surgieron algunos problemas con frecuencia. El gobierno chino comenzó a ajustar y controlar la industria del plomo secundario a

Tabla 1. Alternativas para el Manejo Adecuado de las Baterías Plomo-Ácido

Alternativa	Desventajas	Ventajas
Continuar con El Manejo Actual de las Baterías plomo – ácidos usados	<ul style="list-style-type: none"> - Se generan materias primas nuevas provenientes del proceso de reciclaje. - El ciclo de vida se cierra (más del 98% de las baterías es recuperada) - Otros procesos pueden usar los componentes. - Hay reducción del riesgo ambiental debido a la disminución de residuos sólidos. - Aprovechamiento máximo de la totalidad de componentes de la batería, compuesto por plástico y químicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Los programas de posconsumo proponen como requisito que las baterías a reciclar sean de la misma marca de la compañía que las recoge, por la cual no ingresara al proceso. - Existe el aumento de los impactos ambientales reducidos por la reducción de residuos peligrosos, toda vez que, existen las emisiones de plomo y ácido sulfúrico. - Esto a su vez genera el aumento de los vertimientos de agua debido a que el proceso de reciclaje requiere de ello. - La clandestinidad es muy sobresaliente debido a que en el país no hay un control de parte de las autoridades, del manejo de baterías plomo-ácido usados. Donde sabe que el reciclado de las baterías plomo ácido son muy lucrativos.
Cambiar el Proceso de Producción	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de las emisiones de gases tóxicos, tales como el SO₂. 	<ul style="list-style-type: none"> - Existencia de procesos lentos. - Encarecimiento a corto plazo.

Fuente: Cárdenas Rodríguez (2018)

Tabla 2. Alternativas de Mejora en el Proceso de Reciclaje de las baterías plomo-ácido usado

Métodos generales	Métodos específicos	Ventajas	Desventajas
Desulfuración	Desulfuración de la pasta de plomo	Reducción de las emisiones tóxicas, presentándose principalmente en el SO ₂	Aumento en el gasto energético, toda vez que, la presencia del carbonato de sodio implica el aumento en la temperatura de los hornos. Lentitud en los procesos. Conversión incompleta. Costos elevados.
		Este proceso disminuye considerablemente las emisiones de SO ₂ a la atmósfera.	
	Reciclaje de SO ₂	Se reduce la generación de escorias	
		Al no verterse ácido sulfúrico durante el proceso, se da una disminución de la generación de vertimiento con característica tóxica. Aumenta la rentabilidad a largo plazo	
Hidrometalúrgicos	Método PLACID	Generación de residuos sumamente baja	Los equipos y los Rectificadores, transformadores eléctricos son costosos.
		Existe rentabilidad a mediano plazo en aquellas plantas con elevada producción de plomo refinado	
	Método Cleanlead	Eliminación o reducción de los costos por el manejo del ácido sulfúrico, toda vez que, se usa en el proceso hidrometalúrgico Es económico, costando en promedio 25% menos a comparación de un proceso pirometalúrgico tradicional Prácticamente nula generación de residuos sólidos	
Método fluobor	Método fluobor	Tecnología muy limpia y eficiente Costos elevados; sin embargo, son bajos en comparación a otros métodos pirometalúrgicos tradicionales	

Fuente: Cárdenas Rodríguez (2018)

partir de 2011, se esforzó por promover la renovación de la contaminación, eliminar las capacidades de producción obsoletas, brindar apoyo avanzado a la producción y promover la investigación independiente de la tecnología.

La Tabla 3, muestra el sistema de cooperación entre las universidades y las empresas, sistema que forma parte de una política de estado.

3.2. El manejo actual de las Baterías plomo – ácidos usados

Fernandez Muerza (2010), indica que se sabe que en la actualidad no se cuenta con un buen manejo de baterías recicladas, debido a que algunas de ellas al finalizar su vida útil van a parar a un acopio no autorizado o a lugares informales.

3.3. Diseños de batería innovadoras eco amigables

Una de las innovaciones, como lo menciona Fernandez Muerza (2010), son que las algas, los virus o el aire podrían convertirse en la base de nuevas baterías biodegradables

con mayores posibilidades que las actuales. En la actualidad, la tecnología ha avanzado, aplicándose también a las baterías, diversas industrias e investigadores trabajan en nuevos modelos basados en algas, oxígeno, virus o agua provenientes de una central geotermal. El adelanto de los nuevos dispositivos móviles, diminutos, flexibles o la extensión del uso de energías renovables podrían depender de ellos.

3.3.1. Baterías con virus

Según el Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), las baterías con virus poseen la capacidad y rendimiento comparable con las baterías de los autos híbridos. Actualmente, el tamaño del prototipo es de una moneda. Ambientalmente es favorable debido al no uso de materiales tóxicos (Fernandez Muerza, 2010).

3.3.2. Baterías líquidas

En otro equipo del Instituto Tecnológico de Massachussets MIT han desarrollado un modelo de batería líquida capaz de

Tabla 3. En China, el sector industrial y la universidad cooperan para investigar la tecnología de plomo secundaria

Universidad	Tecnología	Recurso	Descripción
Central Sur Universidad	Reciclaje de desperdicio dirigido al almacenamiento de batería por aspiradora métodos de vacíos.	(Lin & Qiu, 2011)	La fusión al vacío de las rejillas de plomo y la reducción al vacío de las pastas de plomo producen los lingotes de plomo con una relación de recuperación directa del 96,29% y el 98,98%, respectivamente. El pirólizador al vacío de los plásticos puede producir aceite de pirólisis con un rendimiento de más del 93% en peso.
Beijing Universidad de Químico Tecnología	Proceso hidrometalúrgico de plomo verde basado en una pila de combustible de óxido de hidrógeno y plomo	(Junqing et al., 2013)	El proceso hidrometalúrgico verde para producir Pb metálico de alta pureza basado en una celda de combustible H ₂ -PbO especialmente diseñada. El PbO sirve como fuente de Pb y se refina previamente en una solución acuosa de hidróxido de sodio (NaOH) caliente. Este y el gas hidrógeno se someten a electro-reducción en el cátodo y electrooxidación en el ánodo de la pila de combustible.
Huazhong Universidad de Ciencias y Tecnología	Lixiviación de pegar componentes por sodio citrato y acético ácido	(Zhu et al., 2011)	En este estudio, PbO, PbO ₂ y PbSO ₄ , los tres componentes principales en una pasta de plomo gastado se reaccionaron individualmente con una mezcla de citrato de sodio acuoso y solución de ácido acético. Precursor puro del citrato de plomo de Pb ₃ (C ₆ H ₅ O ₇) ₂ ·3H ₂ O es el único producto cristalizado en cada experimento de lixiviación. Las condiciones se optimizaron para los compuestos de plomo individuales que luego se utilizaron como base para la lixiviación de pasta industrial gastada real.
Wuhan Universidad de Ciencias y Tecnología	Preparación dirigir citrato	(Li et al., 2012)	Se preparó un óxido de plomo nanoestructural en la presente investigación en calcinación a baja temperatura de polvo de citrato de plomo. El citrato de plomo, el precursor para la preparación de este óxido de plomo se sintetizó mediante la lixiviación de la pasta de batería de plomo-ácido gastada en una solución de ácido cítrico. Tanto los productos de óxido como de citrato de plomo se caracterizaron mediante análisis térmico diferencial termogravimétrico (TG-DTA), difracción de rayos X (XRD) y microscopio electrónico de barrido (SEM).

Fuente: (Junqing et al., 2013; Li et al., 2012; Lin & Qiu, 2011; Zhu et al., 2011)

usarse con el fin de extenderse el uso de energía renovable. Es sabido que una de las desventajas de la energía renovable es la dependencia a factores tales como el viento, luz solar, entre otros, siendo así necesario contar con sistemas de almacenamientos con la capacidad de albergar energía para poder usarse cuando se requiera (Fernandez Muerza, 2010).

3.3.3. Baterías de litio - aire

En Reino Unido, investigadores de las universidades de Saint Andrews, Strathclyde y Newcastle han incorporado al sistema ion litio al oxígeno. Este modelo de «batería de litio – aire» se reemplaza al oxígeno del cobalto de litio del electrodo por uno poroso de carbono, produciendo así la reacción con el oxígeno de la atmósfera (Fernandez Muerza, 2010).

A continuación, la Figura 2, que muestra un modelo de batería de litio.

3.4. Directivas legales en el extranjero como base fundamental a ser aplicados a nivel nacional

Diversos países cuentan con dispositivos nacionales para mejorar el manejo inadecuado de baterías, a continuación, la Tabla 4, sintetiza dicha información:

IV. DISCUSIÓN

De acuerdo con lo investigado por el MINSA la inadecuada gestión del tratamiento de las baterías de plomo – ácido usadas en el Perú, ponen en riesgo la salud de las comunidades y la contaminación ambiental de nuestro suelo, por ello empieza un «Plan Nacional de Participación Social y compromiso multisectorial para fortalecer la gestión ambiental y reducir la morbi-mortalidad relacionada a la contaminación por plomo y otros metales pesados». Peragallo Barrios (2019), sostiene en su investigación que «una vez que el plomo entre en el cuerpo, viaja por el

torrente sanguíneo y se almacena en los huesos y el hígado, los riñones, el páncreas y los pulmones».

De igual manera, otros países implementan otras maneras de enfrentar con dicha problemática, en las alternativas de solución se toma como referencia a los países de Colombia y China, ya que ellos implementaron soluciones diferentes para contrarrestar la problemática de la contaminación por plomo-ácido. Cárdenas Rodríguez (2018) en su tesis «Propuesta para realizar un manejo adecuado de las emisiones atmosféricas en la industria del reciclaje de las baterías de plomo», describe cómo las diversas alternativas apoyan en la reducción de los contaminantes y asimismo explican los procesos que hay que seguir para mitigar la contaminación con la implementación de baterías: «Baterías ecológicas innovadoras, baterías con virus, baterías líquidas, baterías de litio – aire». Asimismo, propone modificar el proceso de producción, para ello aplica métodos generales como: «Desulfuración, Hidrometalúrgicos y Método Fluobor» todo ellos con el fin de reducir los contaminantes de plomo-ácido. De igual manera, según el estudio realizado por Xi et al. (2014) en su artículo «Gestión de baterías de plomo-ácido usadas en China: avances, políticas y problemas de la industria secundaria del plomo», mencionan un conjunto de técnicas recopiladas de grandes empresas extranjeras que provienen de directivas internacionales como: «Directiva Europea sobre las baterías y acumuladores; Directiva Norteamericana sobre gestión de Baterías de Plomo – ácido fuera de uso; Directiva Noruega sobre gestión de Baterías de Plomo – ácido fuera de uso; Directiva Alemana sobre gestión de Baterías de Plomo – ácido fuera de uso y Sistema depósito – reembolso (SDR)» que son líder en su mercado e implementaron metodologías como «Método de vacío, proceso hidrometalúrgico y el proceso de lixiviación de pegar componentes por sodio citrato y acético ácido». Dicha información ayuda a que el mercado chino se retroalimente de las técnicas para así ser usadas por el país, con la finalidad de mejorar sus procesos y con ello reducir los contaminantes.

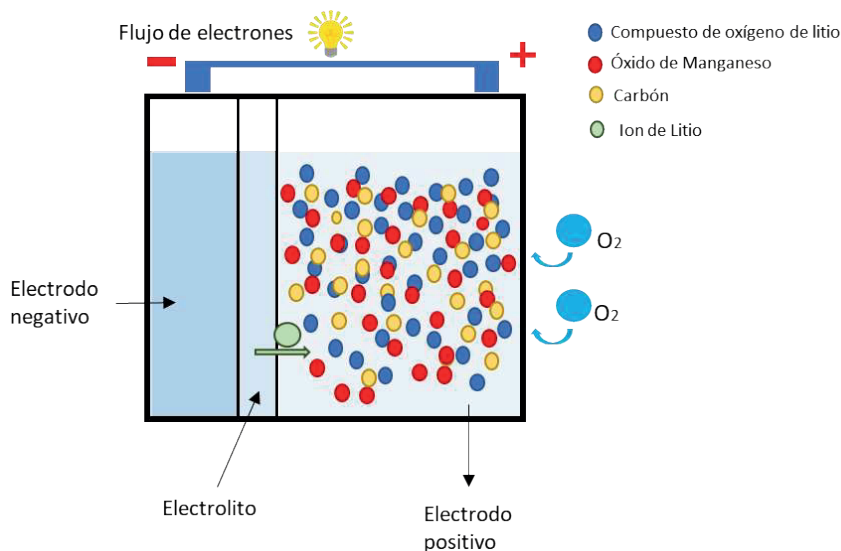


Figura 2. Modelo de batería de litio – aire

Tabla 4. Descripción de directivas internacionales aplicadas al reciclaje de baterías plomo-ácido

Directivas internacionales	Descripción
Directiva Europea sobre las baterías y acumuladores	La directiva europea 91/157/CEE relativa a las baterías y acumuladores que contienen compuestos peligrosos. Dentro de los puntos más resaltantes tenemos: Garantizar que se realice una correcta y eficaz selección de cada tipo de batería y acumuladores. Información en las propias baterías a través de etiquetas sobre cómo realizar la gestión al final de su vida útil, así como el contenido de los metales pesados. Reducción de los compuestos contaminante o sustitución en caso de ser posible por otros materiales más ecoeficientes. - Permitir que las baterías y acumuladores puedan ser retirados por el propio dueño una vez de culminar con su vida útil.
Directiva Norteamericana sobre gestión de Baterías de Plomo – ácido fuera de uso.	Esta norma, ya se aplica en algunos estados como es en el caso de Michigan; donde se integra la gestión del ciclo de vida de las baterías de plomo – ácido a todos los responsables de su manejo: usuarios, mayoristas y minoristas de baterías y fundiciones de reciclaje de plomo. Con el objetivo de que exista una coordinación y trazabilidad de lo antes mencionado se hace indispensable los siguientes lineamientos: la creación de categorías con el fin de diferenciar áreas para la segregación de baterías de plomo – ácido en usados, existencia de esos espacios públicos para los usuarios, información documentada con los procedimientos de gestión de este tipo de elementos. El ejemplo expuesto es replicable en muchos países, toda vez que Estados Unidos posee un nivel de reciclaje de baterías mayor al 95% (BCI, 2022)
Directiva Noruega sobre gestión de Baterías de Plomo – ácido fuera de uso.	Con el objetivo de implementar un sistema que garantizase el buen funcionamiento de la red nacional de recolección de baterías usadas, la totalidad de importaciones y fabricantes de baterías de plomo dentro del territorio noruego se creó en 1993 un consorcio sin ánimos de lucro denominado As Batteriretur, asociado al mismo tiempo a las autoridades ambientales noruegas (Batteriretur, 2002). Además, se sumo una tasa de pago para los usuarios por la producción e importación por cada batería nueva adquirida. Este impuesto comenzó con 10 coronas, equivalente a 1.50 €. Como resultante el sector de baterías fuera de uso cobró fuerza, siendo económicamente viable (Hagen, 1999).
Directiva Alemana sobre gestión de Baterías de Plomo – ácido fuera de uso	En Alemania, en el año 1998 se creó el mecanismo de gestión denominado Batterieverordnung, un sistema similar al de Noruega, donde todo usuario que adquiera una nueva batería de plomo y que a cambio no retorne una batería usada, sea afecto a pagar obligatoriamente una multa de 7.50 €. Este impuesto promueve que se realice la devolución de baterías usado, a la vez que enfrenta aquellos problemas con el cambio doméstico. Asimismo, sirve como fuente de fondos para actividades de manejo tales como recojo, almacenamiento, transporte, entre otros (Bañeres Sorinas, 2003).
Sistema depósito – reembolso (sdr)	El sistema consiste en realizar un pago al momento de adquirir un producto que contenga o que suponga la generación de residuos y que, al finalizar con su vida útil, al devolver el producto a un centro homologado, el usuario recupera toda o una fracción del depósito previo. El SDR entonces es un impuesto sobre el producto y un subsidio por reciclaje y disposición adecuada. Este sistema aplica para una serie de productos que pueden generar residuos peligrosos o de difícil gestión de disposición final tales como: refrigerados, llantas de vehículos, envases de bebidas, etc. De esta manera se genera una cultura de segregación de residuos que permite controlar la contaminación ambiental y su eficacia está comprobada ya que los porcentajes de retorno siempre superan el 90%. Al presentar un factor económico, se presencia una conducta ecológica en los usuarios. El SDR se emplea en México, Dinamarca (INECC, 2014), Corea de Norte y en algunas zonas de los Estados Unidos. El depósito es promedio los 10 € (2003).

En las alternativas usadas en China, la tecnología del reciclaje de desperdicio dirigido al almacenamiento de batería por aspiradora métodos de vacíos, realizada por Lin & Qiu (2011), tienen un porcentaje de recuperación inferior que el proceso hidrometalúrgico de plomo verde basado en una pila de combustible de óxido de hidrógeno y plomo, realizada por (Junqing et al., 2013), en donde la producción de plomo es de más alta pureza.

Tanto en las metodologías de reciclaje de baterías de plomo-ácido empleadas por Colombia mencionado por Cárdenas Rodríguez (2018) y la de China mencionado por Xi et al. (2014), se evidencia una gran preocupación por mitigar el impacto a la salud y al ambiente que genera este proceso de reciclado, siendo la alternativa más recomendable y eco amigable; por ambos autores, el proceso de hidrometalurgia empleados en el tratamiento

de baterías plomo-ácido usadas; sin embargo, este proceso se supedita a un elevado costo que pondría en cuestión si ambientalmente es viable este proceso.

V. CONCLUSIONES

Se concluye que:

El plomo es reconocido como una sustancia tóxica y peligrosa. Con estos métodos propuestos en este informe, se espera una mejora en cuanto al reciclaje de las baterías plomo-ácido.

La mayor contaminación del reciclaje de las baterías plomo-ácido se encuentran en su proceso secundario, donde se generan gases tóxicos causando daños al hombre, animales y ecosistemas. Si en estos procesos no prestan la garantía de controles de ingeniería con el fin de que se un adecuado manejo de contaminantes en el proceso, no se presentara un beneficio al ambiente.

En Perú se carece de dispositivos legales que permitan mitigar la contaminación ambiental y el daño a la salud partiendo de los sistemas de recolección, almacenamiento y manipulación; que permitan contar con un ciclo sostenible. Además, no se tipifican grados de sanción y responsabilidades de los involucrados en el proceso como los importadores, fabricantes, minoristas y mayoristas, y usuarios.

Los principales contaminantes en la industria del reciclaje de baterías de plomo identificados en los diferentes métodos analizados son el plomo y el ácido sulfúrico, mientras no se garanticen procesos con controles ingenieriles y dispositivos legales, no existirá beneficio al ambiente. Por lo tanto, los dos elementos más contaminantes y tóxicos que existen afectarán al hombre, animales, plantas y ecosistemas,

Existen baterías basadas en elementos que son eco amigables; sin embargo, dichas alternativas aún se encuentran en etapa de investigación, siendo una alternativa más limpia a aplicarse en un futuro cercano.

VI. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Mayor de San Marcos por las facilidades para desarrollar el presente artículo.

VII. REFERENCIAS

Bañeres Sorinas, M. (2003). *Estudio de alternativas en el reciclaje de baterías de plomo fuera de uso*. Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3095>

Batteriretur. (2002). *What we do*. AS Batteriretur. <https://batteriretur.no/en/hva-vi-gjor/>

BCI. (2022). *Sustainability. About Batteries*. Battery Council International. <https://batteryCouncil.org/About-Batteries/Sustainability>

Bocanegra, T. G. (2009). Propuesta para tratamiento de residuos sólidos en el distrito de Santa Rosa de Quives, prov. de Canta depto. de Lima. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 12(23), 21–26. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v12i23.416>

Cárdenas Rodríguez, K. J. (2018). *Propuesta para realizar un manejo adecuado de las emisiones atmosféricas en la industria del reciclaje de las baterías de plomo* [Tesis de grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.]. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/7681>

CREEH Perú. (2014). *Manejo de las baterías automotrices de plomo ácido usadas generadas en Lima y Callao 2014 – 2015*. Center for Research in Environmental Health. <https://creehperu.org/wp-content/uploads/2020/09/DOC.-BATERIAS-CORREGIDO-FINAL2018.pdf>

Fernandez Muerza, A. (2010, January 4). Baterías ecológicas innovadoras. *Consumer*. <https://www.consumer.es/medio-ambiente/baterias-ecologicas-innovadoras.html>

Canchari Godelia, S., & Ortiz Sanchez, O. (2010). Sistema de gestión de residuos peligrosos (pilas y baterías). *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 13(26), 103–109. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v13i26.508>

Hagen, F. (1999). A new way of recycling lead batteries in Norway. *Journal of Power Sources*, 78(1–2), 270–272. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-7753\(99\)00033-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0378-7753(99)00033-6)

Peragallo Barrios, H. V. (2019). Problemática de la contaminación de plomo ocupacional en los laboratorios de ensayos al fuego de minerales auríferos. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 22(44), 95–104. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v22i44.17290>

ILA. (2015). *Environmental and social responsibility for the 21st Century*. Lead Recycling Fact Sheet. http://ila-lead.org/wp-content/uploads/2021/05/ILA9927-FS_Recycling_V08.pdf

ILMC. (2002). *Taller regional sobre el manejo ambientalmente adecuado de las baterías ácido plomo usadas en el Caribe y América Latina*. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador. <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/convenio-de-basilea-reportes-de-talleres-baterias-usadas-acido-plomo/>

INECC. (2014, October 28). *Reunión sobre manejo ambientalmente adecuado de baterías de plomo-ácido usadas*. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. <https://www.gob.mx/inecc/prensa/reunion-sobre-manejo-ambientalmente-adecuado-de-baterias-de-plomo-acido-usadas?idiom=es>

Junqing, S., Sun, Y., Li, W., Knight, J., & Manthiram, A. (2013). A green lead hydrometallurgical process based on a hydrogen-lead oxide fuel cell. *Nature Communications*, 4(2178). <https://doi.org/https://doi.org/10.1038/ncomms3178>

Li, L., Zhu, X., Yang, D., Gao, L., Liu, J., Kumar, V., & Yang, J. (2012). Preparation and characterization of nano-structured lead oxide from spent lead acid battery paste. *Journal of Hazardous Materials*, 203–204(15), 274–282. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.12.021>

Lin, D., & Qiu, K. (2011). Recycling of waste lead storage battery by vacuum methods. *Waste Management*, 31(7), 1547–1552. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.02.019>

- Manhart, A., Smera, T., Kuepouo, G., Mathai, D., Mng'anya, S., & Schleicher, T. (2016). *The deadly business Findings from the Lead Recycling Africa Project*. Oeko-Institut. <https://www.oeko.de/oekodoc/2549/2016-076-de.pdf>
- Market Analysis Report. (2020). *Lead Acid Battery Market Size, Share & Trends Analysis Report*. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/lead-acid-battery-market>
- PNUMA. (2010). *Technical Guidelines for the Environmentally Sound Management of Waste Lead-Acid Batteries*. UNEP Secretariat of the Basel Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and Their Disposal Series; UNEP, [Secretariat of the Basel Convention],. <https://digitallibrary.un.org/record/699690>
- PRODUCE. (2009). *Pre publicación proyecto de reglamento sobre el manejo de baterías de plomo ácido usadas*. Ministerio de La Produccion. Dirección de Medio Ambiente de Industria de La Dirección Nacional de Industria. <https://redrss.minam.gob.pe/material/20090128193521.pdf>
- UNEP.(2010).*FinalReviewofScientificInformationonLead*.United Nations Environment Programme. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/27635;jsessionid=4AC918224CD95DFEEB32D879F2FFA87A>
- Xi, T., Yu, G., Yufeng, W., Amma, A., & Tieyon, Z. (2014). Management of used lead acid battery in China: Secondary lead industry progress, policies and problems. *Resources, Conservation and Recycling*, 93, 75–84. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.10.008>
- Zhu, X., He, X., Yang, J., Gao, L., Liu, J., Yang, D., Sun., X., Zhang, W., Wang, Q., & Kumar, R. v. (2011). Leaching of spent lead acid battery paste components by sodium citrate and acetic acid - PubMed. *Journal of Hazardous Materials*, 387(96), 250–251. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2013.02.018>

Contribución de autoría

Conceptualización: Alberto Huiman Cruz

Curación de datos: Alberto Huiman Cruz

Análisis formal: Alberto Huiman Cruz

Investigación: Santiago Blas Marreros, Abelardo Cajaleón Alcántara, Micaela Cajaleón Alcántara, Peruska Pareja Madera, José Sánchez León Velarde, Abel Yucra Palacios.

Metodología: Santiago Blas Marreros, Abelardo Cajaleón Alcántara, Micaela Cajaleón Alcántara, Peruska Pareja Madera, José Sánchez León Velarde, Abel Yucra Palacios, Alberto Huiman Cruz.

Administración del proyecto: Santiago Blas Marreros, Abelardo Cajaleón Alcántara, Micaela Cajaleón Alcántara, Peruska Pareja Madera, José Sánchez León Velarde, Abel Yucra Palacios, Alberto Huiman Cruz.

Supervisión: Alberto Huiman Cruz

Validación: Alberto Huiman Cruz

Visualización: Santiago Blas Marreros, Abelardo Cajaleón Alcántara, Micaela Cajaleón Alcántara, Peruska Pareja Madera, José Sánchez León Velarde, Abel Yucra Palacios, Alberto Huiman Cruz.

Redacción - borrador original: Santiago Blas Marreros, Abelardo Cajaleón Alcántara, Micaela Cajaleón Alcántara, Peruska Pareja Madera, José Sánchez León Velarde, Abel Yucra Palacios, Alberto Huiman Cruz.

Redacción - revisión y edición: Santiago Blas Marreros, Abelardo Cajaleón Alcántara, Micaela Cajaleón Alcántara, Peruska Pareja Madera, José Sánchez León Velarde, Abel Yucra Palacios, Alberto Huiman Cruz.