

EL RECICLAJE DE BATERÍAS ÁCIDAS DE PLOMO EN COLOMBIA: Un reto ambiental

Edison Vásquez Sánchez

*Administrador de Empresas. Magister en Economía.
Corporación Ambiental de la Universidad de Antioquia.
E-mail: edisonde@yahoo.com*

RESUMEN

Las baterías ácidas de plomo usadas se consideran legal y técnicamente un residuo peligroso. Los volúmenes de reciclaje de este tipo de residuo en Colombia son considerables y evidencian que se trata de una actividad bastante consolidada en el mercado local con tendencia al crecimiento y la informalización. Dada la forma en que se realizan las tareas de aprovechamiento del residuo en cuestión, el reciclaje de las baterías ácidas de plomo genera notables impactos negativos en materia de salud ocupacional y ambiental que plantean un reto por solucionar. Este artículo ilustra como opera la cadena de reciclaje doméstica, ilustra un perfil general del mercado de plomo, ofrece un boceto descriptivo amplio sobre la problemática enfrentada y plantea algunas sugerencias para avanzar en su solución.

PALABRAS CLAVE: Reciclaje, Baterías Ácidas de Plomo, Residuos Peligrosos, Impacto Ambiental Negativo, Salud Ocupacional.

ABSTRACT

The used lead acid batteries are legally and technically considered dangerous wastes. Recycled quantity of this kind of waste in Colombia is notorious and indicates that this is a consolidate activity in the local market, which tends to increase and become widely informal. Lead acid batteries recycling activity causes relevant impacts related with environmental damage and occupational health upsets, so those impacts embody a challenge to solve. This paper illustrates how domestic recycling chain operates, draws a general lead market performance, offers a brief description over the related problem, and finally, states some suggestions to strike it.

KEY WORDS: Recycling, Lead Acid Batteries, Dangerous Wastes, Environmental Damage, Occupational Health.

1. GENERALIDADES SOBRE UNA BATERÍA ÁCIDA DE PLOMO

La batería ácida de plomo es un dispositivo electroquímico, que permite convertir energía química en energía eléctrica, acumularla y liberarla, a medida que ésta se requiera. La generación de energía eléctrica se da como consecuencia de las reacciones químicas que se presentan al sumergir placas metálicas, con alto contenido de plomo, en un medio líquido denominado electrolito, el cual es una disolución entre un ácido (ácido sulfúrico) y una base (agua destilada). Al establecerse la diferencia de potencial entre las placas (electrodos), los iones en el electrolito se desplazan hacia las placas con carga positiva (cátodos) o hacia aquellas con carga negativa (ánodos), según sea su signo, donde se neutralizarán cediendo o aceptando electrones. Este proceso de electrólisis permite la generación de corriente eléctrica, la cual se presenta como un flujo de electrones, de suerte tal que la batería está diseñada para realizar el proceso de conversión de energía en forma rutinaria.

La batería ácida de plomo es una fuente de energía silenciosa y sin contaminación ambiental, usada como fuente de reserva para suplir súbitos déficits en la oferta de energía eléctrica durante cortos períodos de tiempo, en instalaciones claves como hospitales y sistemas de control de tráfico aéreo. También es usada para proporcionar fuerza motriz en vehículos y equipos eléctricos como elevadores. No obstante, el uso más generalizado de este dispositivo está relacionado con su capacidad para suplir la energía que requiere el sistema eléctrico de diversos vehículos automotores y propulsar el sistema de arranque de éstos, tal como en el caso de los barcos, trenes, aviones y especialmente en los automóviles, autobuses y camiones. (www.batteryCouncil.org)

Las baterías se clasifican según su composición en recargables y no recargables, como las de cinc-carbón, manganeso, litio, óxido de mercurio y óxido de plata. Entre

las recargables están las de níquel-cadmio, hidrato metálico y las ácidas de plomo. Según el tamaño, las baterías ácidas de plomo pueden diferenciarse en pequeñas, para automotor hasta los 1.300 centímetros cúbicos (c.c.); medianas, para vehículos hasta los 4.500 c.c. y, grandes, para autobús y camión. (Unión Temporal OCADE LTDA et al., 2000)

La batería ácida de plomo está compuesta por: 1) La caja, regularmente hecha en polipropileno, se caracteriza por tener varias cavidades separadas para almacenar los grupos de placas. 2) El electrolito, compuesto por un 35% de ácido sulfúrico y un 65% de agua destilada. 3) Los separadores de las placas, comúnmente fabricados en polietileno reforzado con nervaduras. 4) Las conexiones metálicas, denominadas bornes o cabezas de plomo. 5) Dos tipos de placas (electrodos), las de carga positiva (cátodos) y las de carga negativa (ánodos).

Las placas se construyen con una pasta, que se obtiene remojando óxido de plomo (plomo pulverizado) en agua y ácido sulfúrico, la cual se pega a una rejilla de plomo aleado con antimonio, calcio, arsénico, cobre, estaño, estroncio, aluminio, selenio, bismuto y/o plata, según los requerimientos de resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, control del potencial límite, reducción de mantenimiento y/o refuerzo interno de la placa. Previo al ensamble de la batería, es necesario darle el carácter positivo o negativo a cada placa, para ello se sumergen en una disolución de ácido sulfúrico y agua, aplicando una carga eléctrica externa, con lo cual, en la placa positiva el óxido de plomo se convierte en dióxido de plomo, mientras en las placas negativas el mismo óxido de plomo se convierte en plomo libre, gracias a aditivos dilatadores que sólo se aplican a la pasta para formar este último tipo placas. (García, C., 1998).

La tabla 1 muestra un comparativo entre baterías ácidas de plomo nuevas y usadas en términos de los pesos aproximados de la batería y sus componentes:

Tabla 1. Peso de los componentes de una batería ácida de plomo nueva y usada

Tipo de batería		Nueva	Usada
Pequeña y mediana	Peso total (Kg)	17.4	16
	Plomo (ánodos, cátodos y bornes)	58.6	74.6
	Electrolito (agua y ácido)	26.5	11.3
	Caja	7.1	6.6
	Separador	7.8	7.5
Grande	Peso total (Kg)	43.0	37.4
	Plomo (ánodos, cátodos y bornes)	53.7	74.7
	Electrolito (agua y ácido)	34.3	13.9
	Caja	7.1	6.8
	Separador	4.9	4.6

Fuente: Unión Temporal OCADE LTDA et al. (2000), Fábrica de Baterías MAC, cálculos propios.

Observación: En el estudio realizado por Unión Temporal OCADE LTDA et al. (2000), la caracterización para baterías ácidas de plomo nuevas y usadas se hizo sobre una muestra de 20 unidades.

La diferencia en peso entre una batería ácida de plomo nueva y una usada se explica porque durante el uso del dispositivo, el nivel del líquido y de concentración del electrolito disminuye debido a las reacciones químicas que se generan. Además el agua destilada del electrolito se evapora por efecto de la temperatura, ya que los tapones de la batería están perforados para que puedan escapar los gases que se generan en el proceso de electrólisis. (Unión Temporal OCADE LTDA et al., 2000)

Durante el uso de la batería ácida de plomo el peso de los cátodos permanece constante, pero los ánodos se van desintegrando como consecuencia de las reacciones químicas, la temperatura y el medio ácido en el que se encuentran. Con la desintegración, las partículas que se desprenden de los ánodos se van depositando en el fondo de la caja, formando un lodo que ocasiona a la batería un cortocircuito, dejándola inservible para el propósito con que fue hecha. Dichos lodos contienen una mezcla de ácido sulfúrico, agua, plomo y/o aleaciones de éste con diversos aditivos. (Unión Temporal OCADE LTDA et al., 2000)

La batería se convierte al final de su vida útil en residuo peligroso, dada la presencia de elementos tóxicos potencialmente nocivos para la salud humana y el medio ambiente, pero valiosos, como el plomo, que justifican el reciclaje en términos económicos y ambientales. En efecto, el reciclaje es una alternativa para reducir costos productivos y generar empleo de diversos tipos de capital, además reduce el riesgo de daño ambiental asociado a la disposición final no controlada del dispositivo, se conserva la capacidad de asimilación de los vertederos, se protegen los recursos naturales al reducir la demanda por explotaciones mineras, se ahorra energía, ya que la producción de plomo obtenido a partir del reciclaje exige una cantidad cuatro veces menor de energía que la de plomo primario extraído de las galenas (www.batterycouncil.org). Sin embargo, la forma en que se desarrolla la actividad de recuperación y reciclaje de las baterías ácidas de plomo en Colombia, pone en evidencia algunos problemas ambientales de consideración aún por resolver.

Entender como opera la cadena de reciclaje doméstica e ilustrar un perfil general del mercado de plomo, ofrece un boceto descriptivo amplio, útil para referenciar y dimensionar la problemática.

2. LA ACTIVIDAD DE RECICLAJE

En Colombia la generación de baterías ácidas de plomo usadas se da, en esencia, a partir del mantenimiento del parque automotor y prácticamente la totalidad de las unidades desechadas son recicladas en el mercado doméstico. Esta escala de reciclaje es posible debido a que, primero, Colombia no cuenta con galenas, por lo que debe importar el plomo u obtenerlo, de manera más costo-eficiente, a partir del reciclaje de productos que lo contengan; segundo, en el mercado local existe la posibilidad cierta de beneficiarse de un recurso relativamente escaso con valor de reuso, como el plomo¹ y los demás componentes de la batería ácida de plomo usada; tercero, la infraestructura física y tecnológica disponible en el país para tal fin es considerable. Sobre este punto, vale mencionar que en Cali opera una planta de reciclaje automatizada al 30% de su capacidad instalada, ésta puede reciclar 130.000 baterías usadas por mes, es decir, puede aprovechar el 89.2% de la oferta nacional total estimada de baterías ácidas de plomo usadas para producir baterías nuevas.

El reciclaje de las baterías ácidas de plomo usadas se realiza sin necesidad de inversiones publicitarias ni de incentivos mayúsculos, puesto que es una necesidad viable de satisfacer en términos socioeconómicos y tecnológicos. La eficacia del proceso de recolección-acopio de las unidades desechadas es notable y, está asegurada gracias a un incentivo que se ofrece a los generadores, en forma de descuento comercial, para disuadirlos de dejar la unidad usada en el sitio de cambio. Este descuento rara vez excede el 5% del valor comercial de la batería nueva que el generador desea adquirir.

Las baterías recicladas se aprovechan principalmente para obtener plomo en lingotes, el cual es su vez un insumo básico para hacer otras baterías, pero antes de que esto ocurra, las unidades desechadas pasan a través de una cadena de intermediarios y reventas en un mercado de flujo predominantemente circular. (Véase Anexo 1)

¹ "Las baterías usadas aportan actualmente el 47% del plomo que se utiliza en el mundo. La tendencia es a incrementar esta participación, ya que estudios recientes indican que las reservas naturales de este metal se agotarán en unos 30 años, lo cual ha motivado en todos los países la práctica del reciclaje del plomo bajo el liderazgo de los fabricantes de baterías". (www.recycle.net)

La característica más sobresaliente de la industria del reciclaje de baterías ácidas de plomo usadas es la heterogeneidad relativa a la capacidad de procesamiento y facilidades tecnológicas presentes en los procesos de generación, recolección-acopio y aprovechamiento de las unidades desechadas.

En los dos primeros procesos, las condiciones de oferta y demanda tienden a reflejar muchas de las características típicas de los mercados competitivos, más no así en el proceso de aprovechamiento, para el cual las condiciones se tornan oligopólicas, ya que unos cuantos oferentes dominan el mercado e influyen los precios de venta de los insumos y los productos con contenido de plomo, relativos a la industria de las baterías.

Al proceso de recolección-acopio de las baterías ácidas de plomo usadas se dedican personas naturales o jurídicas, bien sea con o sin exclusividad relativa a este tipo de desecho, quienes invierten y disponen de cantidades diversas de dinero líquido, herramientas, infraestructura física, capital humano.

Un sinnúmero de recolectores hace uso de carretas de tracción humana o animal y se dedica a la compraventa inmediata de las baterías desechadas, sin contar con bodegas de acopio, personal o herramientas adicionales. Este sector, que representa el nivel más informal y con menos capacidad tecnológica disponible en la cadena de aprovechamiento de la industria de las baterías ácidas de plomo usadas, contrasta con la industria oligopólica de aprovechamiento, un sector formalizado que cuenta con puntos exclusivos de recepción de las baterías desechadas (energitecas), los cuales regularmente son los mismos puntos directos de venta de las unidades nuevas, desde allí, la gran mayoría de las unidades desechadas se llevan a bodegas industriales, donde son recogidas por camiones para transportarlas hasta la planta de aprovechamiento.

Los depósitos de chatarra actúan como agentes intermediarios, acopiando las baterías ácidas de plomo usadas que llegan principalmente a través de los carretilleros y acopiadores informales, antes que éstas se distribuyan como insumo a los talleres y empresas que desarrollan directamente el aprovechamiento. Estos depósitos suplen una parte considerable de la demanda nacional de este tipo de insumo.

En el aprovechamiento de baterías ácidas de plomo usadas pueden distinguirse empresas que hacen uso de tres tipos de tecnologías dispares. Entendido el aprovechamiento como el proceso mediante el cual se dispone de las baterías como insumo básico en transformación, a partir de la organización de un conjunto de materiales, herramientas, infraestructura, trabajo, conocimiento y energía, para obtener un producto intermedio y/o final tal como lingotes de plomo, placas, bornes, baterías nuevas o baterías reconstruidas.

En general, estas tecnologías pueden clasificarse como: 1) baja, en la que se hace uso intensivo de mano de obra, sin ningún control ambiental; 2) intermedia, en la que se hace uso intensivo de mano de obra, con algún nivel de control ambiental y, 3) alta, en la que se hace uso intensivo de máquinas (automatización), con un elevado nivel de control ambiental.

El proceso de reconstrucción de baterías usadas corresponde a un aprovechamiento de tecnología baja, en el cual ningún componente de la batería usada se desecha, excepto los separadores averiados. La mayoría de los reconstructores no funden, pero si derriten el plomo de los bornes en fogones corrientes para elaborar de modo artesanal los nuevos bornes de las baterías que ofertan. Las baterías ácidas de plomo reconstruidas se diferencian de las baterías nuevas, por contener algunos componentes reutilizados como la caja, el electrolito y eventualmente los separadores.

Es usual que en las ciudades donde se concentra el mayor número de vehículos automotores del país, operen uno o dos reconstructores de baterías que se destacan por procesar una cantidad importante de unidades desechadas, comparativamente con los talleres regulares (pequeños), haciendo uso de tecnología baja. Éstos talleres, por lo general, usan un crisol para derretir el plomo en lingotes que compran a los fundidores y el plomo obtenido de los bornes de las baterías usadas recolectadas, con el fin de fabricar de modo artesanal, placas (ánodos o cátodos) para baterías. Este producto intermedio se intercambia con los demás talleres pequeños.

Al desarmar la batería usada, los talleres reconstructores obtienen, entre otros componentes, el "scrap", compuesto por las placas extraídas de las baterías ácidas de plomo usadas. Este material se vende, en su mayor parte, directamente a los fundidores y constituye el insumo

básico para obtener lingotes de plomo a partir del aprovechamiento en fundición.

Las condiciones tecnológicas, las regulaciones legales y la forma en que opera el mercado de baterías ácidas de plomo, se traducen en factores estimulantes de la concentración del negocio de fundición de plomo en unos cuantos empresarios. Las plantas se ubican preferentemente en los perímetros de las áreas metropolitanas más grandes del país, donde encuentran las mayores ventajas competitivas en materia de oferta insumos, energía, servicios públicos, combustible, mano de obra de bajo costo y facilidades de transporte; factores que son determinantes por su incidencia en los costos de operación.

La fundición del plomo se realiza en hornos de cubilote y verticales con capacidad entre 2 y 4 toneladas, haciendo uso intensivo de mano de obra no calificada y herramientas manuales para desarmar las baterías usadas. Un porcentaje importante de fundidores no invierten en el tratamiento de los subproductos. Algunos invierten en tratamiento de humos, haciendo uso de ciclones, lavadores y filtros de mangas, pero, el material particulado recolectado y la escoria resultante del proceso de fundición regularmente no reciben tratamiento alguno, al igual que los lodos y el ácido sulfúrico contenidos en el electrolito de la batería usada. De esta descripción debe excluirse una empresa tecnificada que opera en la ciudad de Cali, que además de usar un mecanismo de desarmado automatizado de la batería ácida de plomo usada para automotores, funde en hornos rotatorios y posee una infraestructura tecnificada para tratar los humos y efluentes líquidos resultantes.

3. UN ESCENARIO GENERAL DEL MERCADO DE PLOMO RECICLADO

Con un parque automotor estimado de 2.666.258 vehículos (Asociación Colombiana de Fabricantes de Autopartes ACOLFA, 2001), se generan cerca de 1.748.803 baterías ácidas de plomo usadas cada año en Colombia. Para este cálculo se debe considerar el tipo de vehículos y el Índice de Generación de Batería (IGB) (Unión Temporal OCADE LTDA et al., 2000). Este índice es una medida de la frecuencia de cambio, el cual es función de la intensidad de uso del vehículo, medida en kilómetros recorridos, y las características del vehículo. El IGB es en promedio de 0.74 baterías usadas

por año para los vehículos públicos o privados que circulan en Colombia.

Considerando que el transporte de carga usa batería grande y representa un 5.3% del total del parque automotor en Colombia, que una batería pequeña-mediana y grande usadas pesan 16Kg y 37.4Kg respectivamente y que el 74.6% de este peso corresponde al contenido de plomo, se concluye que la oferta total de plomo para reciclaje oscila alrededor de las 22.000 toneladas por año.

El mercado actual de baterías en Colombia presenta una oferta doméstica compuesta de 99.000 unidades nuevas y alrededor de 10.000 unidades reconstruidas por mes, para un total por año de 1.308.000 unidades. Si el transporte de carga representa un 5.3% del total del parque automotor en Colombia y, una batería pequeña-mediana y grande nuevas pesan 17.4Kg y 43Kg respectivamente, con un contenido de plomo, en términos del peso total de la batería, del 58.6% y 53.7%; entonces, con estos datos, puede deducirse que la demanda total de plomo para fabricación de baterías oscila alrededor de las 14.000 toneladas por año.

En la actualidad el mercado de baterías en Colombia opera con un superávit en la oferta total de plomo reciclable procedente de las baterías, frente a los requerimientos para cubrir las demandas de plomo generadas por la producción de unidades nuevas y reconstruidas. Este superávit disponible de material, cercano a las 8.000 toneladas por año, perfila al país en el mediano plazo como un potencial exportador neto de plomo reciclado, ya sea procesado o no.

En efecto, la tabla 2 muestra un saldo neto transado a favor entre 1998 y 2000 de chatarra de plomo procedente de baterías usadas, aunque con unas variaciones dramáticas. Desde Ecuador se importó en 1998 y 1999 el 100% sobre la cantidad total en ambos años. Las exportaciones se han hecho en 100% a Venezuela en los tres años. Esto da una idea concreta del flujo físico y comercial que sigue el desecho de plomo obtenido de las baterías usadas.

Tabla 2. Importaciones y exportaciones de desecho de plomo y plomo bruto en Colombia

Material o insumo	Movimiento	1998		1999		2000	
		Cantidad	Valor FOB	Cantidad	Valor FOB	Cantidad	Valor FOB
Desecho de plomo	Importación	170.000	21.360	557.320	64.242	0	0
	Exportación	968.497	73.932	1.380.475	184.939	39.000	4.500
	Neto transado	798.497	52.572	823.155	120.697	39.000	4.500
Plomo bruto*	Importación	60.000	42.780	531.583	382.249	322.707	235.490
	Exportación	59.192	31.532	4.390.926	1.744.669	3.554.828	1.358.632
	Neto transado	-808	-11.248	3.859.343	1.362.420	3.232.121	1.123.142

Fuente: Ministerio de Comercio Exterior.

Observaciones: 1) Valor FOB Free On Board en dólares estadounidenses al cambio del respectivo año. 2) Cantidad importada y exportada en kilogramos netos y brutos respectivamente. 3) * Plomo bruto sin alejar o aleado en estado natural.

En contraste con el desecho de plomo, el comercio de plomo bruto se ha intensificado, representando en el año 2000 el 40.5% en peso, sobre el superávit de la oferta total de plomo reciclable procedente de las baterías usadas. Como se estima, por balance de materiales, una pérdida entre el 15 y el 20% del plomo total que se recicla en las plantas de fundición, se tiene que, cerca del 40% restante debe destinarse a la comercialización de desecho de plomo, plomo semifabricado y plomo antimonial. La mayor parte de las exportaciones de plomo bruto, más del 90%, tiene como destino los Estados Unidos, mientras que las importaciones provienen en su mayor parte de Perú.

4. LAS CONDICIONES AMBIENTALES

Aunque la capacidad doméstica para reciclar las baterías usadas que se generan es considerable, existe una gran disparidad en las tecnologías de aprovechamiento y una parte considerable de la infraestructura física y tecnológica disponible implica problemas ambientales importantes. Es decir que la infraestructura física y tecnológica disponible es suficiente, más no óptima en conjunto, para mitigar de modo adecuado las emisiones contaminantes derivadas del proceso de aprovechamiento del desecho en cuestión.

El monto de la inversión en recursos de capital, especialmente los destinados a la infraestructura física y tecnológica, permiten distinguir un sector formal y uno informal en la industria del reciclaje de baterías ácidas de plomo usadas. En el sector informal pueden ubicarse las personas naturales dedicadas a la recolección-acopio de las unidades desechadas y la gran mayoría de los talleres donde se reconstruyen baterías. Los grandes

productores de baterías que desarrollan actividades de reciclaje y las plantas de fundición que operan con volúmenes considerables de material de desecho proveniente de las baterías ácidas de plomo usadas se consideran el sector formal.

El sector informal corresponde a un escenario más deprimido en términos socioeconómicos y ambientales, dado que regularmente cubre a un grupo de población de escasos recursos económicos. Este sector opera a pequeña escala y compite con sus homólogos formalmente establecidos, vía reducción de costos productivos, para estar en capacidad de ofertar su producto final a un precio más bajo. Dicha reducción de costos implica un alto grado de informalidad en los procesos productivos relacionados, que conlleva a impactos ambientales y problemas de salud ocupacional significativos, relativamente difíciles y costosos de controlar por parte de agencias gubernamentales y autoridades ambientales.

El sector formal se ve regularmente obligado a prestar más atención a la normatividad ambiental y laboral, por tratarse de empresas más visibles y fáciles de controlar por parte de las autoridades ambientales regionales, más ello no es garantía plena de un adecuado y permanente tratamiento de las emisiones contaminantes o de la reducción de riesgos en salud ocupacional a la que están expuestos los trabajadores.

En el proceso de reciclaje de las baterías usadas, el impacto ambiental está relacionado con los derrames no controlados de electrólito a la tierra o al alcantarillado público, la emisión a la atmósfera de humo no tratado, compuesto por partículas respirables de plomo (óxido

de plomo), partículas sólidas suspendidas (cenizas) y gases como el monóxido de carbón, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno, provenientes de la combustión de carbón mineral, aceite quemado o derivados del petróleo usados para operar los hornos de fundición; finalmente, se presenta la disposición final inadecuada de lodos (sulfato de plomo) y de la escoria de plomo resultante de la de fundición, en botaderos a cielo abierto, rellenos sanitarios o caminos veredales. Estas externalidades negativas² son particularmente críticas en el proceso de aprovechamiento relacionado con la fundición del desecho de plomo. (Véase Anexo 2)

Conviene hacer un paréntesis para mencionar brevemente los efectos de algunas sustancias asociadas con el reciclaje de baterías usadas, en la salud humana y el ambiente (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR – CINSET, 2000; www.tabaquismo.freehosting.net):

- El plomo (Pb) es un metal que el cuerpo humano no puede metabolizar, se acumula cada vez que se inhalan las finas partículas suspendidas en el aire o se ingieren alimentos contaminados; produce daños en los riñones, el cerebro y el sistema nervioso central, llega a causar vómito, calambres musculares, anemia, cáncer y malformación en fetos. El plomo se puede filtrar a través del suelo y contaminar las aguas destinadas para la actividad agraria, afectando la cadena alimenticia hasta llegar de nuevo al hombre.
- El ácido sulfúrico (H_2SO_4) es un líquido oleoso que provoca quemaduras en la piel, vertido directamente al agua la contamina al alterar su temperatura y su nivel de acidez (pH); a temperatura ambiente desprende anhídrido sulfúrico (SO_3), contribuyendo a la formación de lluvia ácida, ésta produce irritación en el sistema respiratorio de los humanos, afecta las edificaciones al corroer sus estructuras metálicas y acidifica las aguas superficiales afectando la flora y la fauna.
- El alquitrán se acumula en los pulmones, irrita la faringe y la laringe, lesiona las cilias y la mucosa

bronquial, produce tos crónica, efisema, bronquitis, asma y cáncer.

- El monóxido de carbón (CO) es un gas tóxico que impide la absorción de oxígeno, disminuye el rendimiento cerebral, reduce la agudeza visual, produce dolor de cabeza, mareo, somnolencia, genera cambios estructurales en el corazón y el cerebro de los animales, contribuye a la formación de humo y calentamiento global del planeta.
- El dióxido de nitrógeno (NO_2) es un gas que causa infecciones respiratorias como fibrosis pulmonar y bronquitis, irritación en los ojos y la garganta, contribuye a la formación de humo fotoquímico, el cual reduce la visibilidad y dificulta el crecimiento de las plantas.
- El dióxido de azufre (SO_2) es un gas que causa infecciones respiratorias y contribuye a la formación de lluvia ácida.
- Las partículas sólidas suspendidas en el aire son diminutos trozos de ceniza que causan problemas respiratorios, irritan las membranas mucosas y producen cáncer pulmonar.

El procesamiento de los componentes de las baterías usadas implica con regularidad la exposición permanente de los trabajadores al daño potencial que pueden causar en la salud humana el contacto con el ácido sulfúrico, el humo proveniente de la fundición y los vapores que se producen al derretir alquitrán. Realizar el reciclaje de baterías usadas sin contar con la dotación de prendas y elementos de seguridad industrial suficientes e idóneos, ni con programas de capacitación, control y prevención, tendientes a minimizar los riesgos en salud por exposición a estos compuestos, deriva en problemas notables de salud ocupacional. Estos son algunos de los costos productivos en que el sector informal evita incurrir de modo económico directo, pero que finalmente se descuentan vía reducción de productividad y/o años de vida perdidos por los trabajadores.

En el sector informal y en general en el proceso de aprovechamiento con tecnología no automatizada se destaca el problema de salud ocupacional. Los riesgos ocupacionales, son generados en gran medida por los mismos trabajadores, ya que desestiman el uso de la

² Una externalidad negativa se presenta cuando las acciones de consumo o producción de un agente económico reducen el nivel de bienestar de otro agente, el cual no decide ni participa de manera directa en las acciones del primero.

indumentaria básica, lo cual revela un síntoma de desinformación y bajo perfil educacional, pero también refleja la falta de iniciativa de los empresarios y el escaso compromiso con el trabajador en dicho aspecto.

A modo de ilustración, puede mencionarse que en los talleres de reconstrucción de baterías, los locales tienen regularmente el tamaño de un garaje, en muchos de ellos el área de trabajo se comparte con espacios de habitación, los sistemas de ventilación son de baja potencia y el área para cambiarse de ropas es usualmente un pequeño retrete. De suerte que estas condiciones de operación convierten el problema de salud ocupacional en un aspecto prioritario, particularmente crítico en los talleres de reconstrucción de baterías.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El reciclaje de las baterías ácidas de plomo usadas se halla condicionado por la naturaleza tóxica que les confiere el plomo y el ácido sulfúrico, de suerte que las unidades desechadas se consideran legal y técnicamente un residuo peligroso y como es de esperarse, alrededor de su aprovechamiento se generan impactos ambientales negativos significativos.

En Colombia se recicla prácticamente la totalidad de las baterías usadas generadas en el mercado doméstico, bien sea que éstas hayan sido, en principio, baterías nuevas o reconstruidas. Por tanto, el reto ambiental relacionado con el reciclaje de las baterías usadas no se centra en incrementar los volúmenes de recolección, ni en reducir los volúmenes de recuperación del desecho, la prioridad está enfocada a la organización del mercado del reciclaje, la forma en que se desarrollan los procesos de aprovechamiento y la forma en que interviene el Estado como órgano regulador.

Dadas las condiciones en que se desarrolla la actividad de reciclaje de baterías ácidas de plomo usadas en Colombia y considerando que el país se perfila como un potencial exportador neto de plomo reciclado, es necesario apostarle a una agenda de inversión, compartida entre sector público y privado, en educación e investigación tecnológica para este sector en particular y en general, en aquellos sectores que generan residuos peligrosos y/o se dedican al reciclaje de éstos.

Esta agenda debe acompañarse de una organización y fortalecimiento del gremio, así como la puesta en marcha

de un sistema de incentivos y controles efectivos por parte de las autoridades ambientales, las organizaciones del Estado a las que les competen los asuntos de trabajo, salud y ambiente, así como de los consumidores de baterías y la sociedad en general.

Hay relativo consenso en la necesidad de centrar la atención sobre la infraestructura y los equipos que se usan para el reciclaje de las baterías usadas. El proceso de fundición del plomo de desecho resulta prioritario, dado que está asociado al impacto ambiental más visible. Invertir en hornos de cuba y/o rotatorios, incrementar la eficiencia en la combustión de los hornos, cambiarse al uso de combustibles más limpios, instalar extractores de humo y equipos para control como ciclones, lavadores, filtros, precipitadores; construir sistemas de separación y tratamiento de aguas residuales, así como tanques para almacenamiento y tratamiento del ácido y construir de áreas de almacenamiento adecuado para los insumos, son algunas de las pautas a través de las que se podrían alcanzar inversiones costo-efectivas en materia ambiental.

Con una inversión en tecnología, de corte artesanal y al alcance económico de los recicladores pequeños, puede lograrse una disminución significativa del impacto negativo ambiental y en la salud ocupacional derivado de su actividad. Por ejemplo (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR – CINSET, 2000), se puede construir un filtro para manejo de ácido sulfúrico basado en material sintético resistente al ácido, arena, grava y malla, a un costo medio estimado de USD 100. Eventualmente se puede construir una red de canalización y recolección del agua industrial, de modo que llegue a un tanque plástico de homogeneización y neutralización, que opere con un agitador mecánico de paleta y una bomba centrífuga resistente a ácidos, por un costo medio estimado de USD 1.000.

También podrían adoptarse medidas organizativas. Por ejemplo, que los pequeños talleres decidan no derretir plomo para construir sus bornes, en lugar de ello, deban asociarse con otro recuperador que pueda encargarse exclusivamente de este producto intermedio y que tenga la posibilidad de invertir en tecnología de tratamiento y control de emisiones contaminantes. Igualmente deberían evaluarse las prácticas de embalaje y transporte del desecho para que esta tarea sea segura y ambientalmente limpia. Es probable que invertir en contenedores o estibas diseñadas especialmente para contener derrames del

electrólito y esparcimiento del plomo sea una inversión costo-eficiente y financieramente viable para las empresas medianas y grandes.

Es crucial, en especial en el sector informal, la capacitación del personal que labora en el aprovechamiento de las baterías usadas, su afiliación al Sistema General de Seguridad Social en Salud, así como la implementación de programas de salud ocupacional y de inversión en indumentaria más adecuada y mejor diseñada. Por ejemplo, fomentar el uso mascarillas doble filtro y guantes, adecuar un área para que los empleados se cambien las ropas y se duchen, y practicar un examen periódico de plumbemia, son herramientas sencillas de bajo costo para prevenir el daño en la salud de las personas.

La legislación colombiana, que prevé el daño ambiental y el deterioro de la salud pública a partir de la ejecución de procesos de producción y consumo relacionados con sustancias peligrosas, es tan extensa como inoperante para este sector en particular. Su escasa divulgación y la escasa efectividad del aparato estatal para organizar, regular y controlar las actividades económicas con externalidades negativas para el ambiente y la salud, revelan la necesidad de invertir esfuerzos desde todos los sectores de la sociedad para obtener logros efectivos en materia de mitigación de la contaminación y reducción del riesgo por exposición a los desechos peligrosos.

No obstante, un problema crítico radica en la disposición de los ciudadanos a acatar las normas, o mejor aún, a preverlas e incorporarlas en su margen de actuación, evitando así el sobrecosto que implica recurrir a un Estado regulador, carente de mecanismos efectivos para salvaguardar el cumplimiento cabal de las normas, y/o para aplicar las sanciones a todo aquel que las infringe. Esta es otra razón para apostarle a la agenda de inversión en educación e investigación tecnológica, que con mucho es una inversión social y económicamente más rentable a cualquier plazo de tiempo.

Una tarea clave para comenzar a subsanar el fallo de los sesgos en la información, es la creación y fortalecimiento de una red de monitoreo e información confiable sobre los impactos ambientales que se generan a partir del reciclaje y/o disposición final de los residuos peligrosos, como las baterías ácidas de plomo usadas, dando especial relevancia a las áreas urbanas. La red de monitoreo e

información para una gestión medioambiental segura representa una herramienta flexible, participativa, de bajo costo y con gran alcance, para mitigar la desinformación generalizada a nivel de las empresas, talleres, consumidores, autoridades, agencias estatales y comunidad en general.

Las prioridades informativas contemplan los temas relacionados con la regulación legal existente, los riesgos de la exposición al plomo, la forma de prevenir los daños por exposición, las posibilidades tecnológicas y de inversión para mitigar el impacto en cuestión. El programa debería contemplar el desarrollo de ejercicios de evaluación y valoración del impacto, así como la creación de un mecanismo de recepción de propuestas y retroalimentación del sistema informativo.

La asesoría y apoyo por parte de las Empresas Promotoras de Salud, las Administradoras de Riesgos Profesionales, las universidades, los organismos de control del Estado, y las autoridades ambientales, en materia de capacitación e información sobre los riesgos en salud derivados la actividad en cuestión y la forma de prevenirlos, debe consolidarse como una estrategia de prevención efectiva del daño ambiental y en salud ocupacional que genera el reciclaje de baterías usada de plomo. No obstante, el problema va más allá de los talleres, llegando a afectar a las familias de las personas que laboran en el sector y las personas que laboran o residen cerca de estos negocios. Esta población también puede ser objeto de un programa informativo.

En lo posible, deben ser los mismos agentes generadores y/o recicladores de residuos peligrosos quienes desarrollen la actividad de monitoreo periódico sobre las propias externalidades negativas que generan, mientras agentes y agencias externas, como las autoridades ambientales y los entes territoriales, sean quienes ejercen el debido control, verificando la confiabilidad de las pruebas de monitoreo, evaluando el diferencial entre los estándares ambientales permisibles y los resultados pragmáticos y, promoviendo el cumplimiento de las normas ambientales, a través de estrategias combinadas de incentivos y castigos.

Una de las políticas más apremiantes está relacionada con los incentivos efectivos que pueda ofrecer la sociedad, a través de las elecciones de consumo que hace, y el Estado, en materia crediticia e impositiva, a la inversión

en tecnologías de control de emisiones contaminantes, así como la creación y puesta en marcha de tecnologías que aseguren prácticas adecuadas de producción, uso de energía, utilización de insumos tóxicos, disposición final de residuos, mantenimiento preventivo y correctivo, que en conjunto garanticen una competitividad idónea en el aprovechamiento de residuos peligrosos.

Otro fallo importante es la falta de iniciativa institucional para crear un gremio de la industria del reciclaje de baterías ácidas de plomo usadas, que facilite desarrollar una estrategia cooperativa de mitigación del impacto ambiental, favorecer los niveles de salubridad de la población ocupada en esta industria y asegurar la permanencia en el tiempo de una red de monitoreo e información.

La idea es dar posibilidades de crecimiento organizacional al sector. Una opción es que el Estado y las Organizaciones No Gubernamentales aporten capitales semilla para invertir en tecnologías de control de emisiones, complementarios a los aportes que los empresarios, en especial los de poca capacidad económica, puedan realizar.

Para agrupar el gremio es importante que alguna organización acreditada organice y lidere el proceso, encargándose de canalizar las ayudas y aportes de otras instituciones para tal fin, mientras se consolida una estructura organizativa gremial que de una manera objetiva y flexible permita fortalecer de manera integral el sector en cuestión y velar por un seguro aprovechamiento de las baterías ácidas de plomo usadas.

En materia de reciclaje informal la cooperación entre agentes es una necesidad sentida. Es vital adelantar el proceso de integración y armonización de las relaciones entre los recuperadores de las baterías usadas, puesto que ello implica facilitar el proceso de formalización de las microempresas, estandarización de los procesos productivos, institucionalización de espacios para compartir información, retroalimentación de tecnologías de aprovechamiento, canalización efectiva y organizada del apoyo que puede ofrecer el Estado, la comunidad académica y científica y las agencias de cooperación internacional, defensa de los intereses del gremio de manera armónica con la gestión que de ellos esperan los organismos estatales, entre otros.

La generación y el reciclaje de residuos peligrosos, en particular, los relativos al aprovechamiento de las baterías

ácidas de plomo usadas, plantean un reto ambiental que la sociedad en conjunto deberá encarar y solucionar, siempre que su deseo se manifieste en un acuerdo común sobre las acciones e iniciativas a tomar para alcanzar un mayor nivel de bienestar real. Una tarea que sin duda alguna involucra un proceso de contienda y ajuste permanente entre los objetivos económicos, ambientales y sociales deseables, pero que con mucho vale la pena adelantarlos.

6. RECONOCIMIENTO

El autor agradece a las personas de las instituciones que directa o indirectamente facilitaron el desarrollo del estudio “Manejo Ambientalmente Racional de Baterías Usadas Ácidas de Plomo en Centro América y el Caribe”, en especial a Francisco Molina, Hans Burkard y Juan Fernando Ramírez; Director, Coordinador de Investigaciones y Miembro del Grupo de Desarrollo Sostenible de la Corporación Ambiental de la Universidad de Antioquia respectivamente; Carlos Cadavid, Director de Proyectos del Centro Nacional de Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales, y a los diversos talleres, empresas y personas que laboran en la industria del reciclaje de las baterías ácidas de plomo usadas en Colombia que ofrecieron incondicionalmente la información requerida. Estas líneas describen opiniones personales del autor que no comprometen a estas personas e instituciones.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Colombiana de Fabricantes de Autopartes ACOLFA. 2001. Manual estadístico 21.
- Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia CORANTIOQUIA. 1999. Normatividad ambiental básica (comp.), 2da edición.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR – CINSET. 2000. Guía ambiental: fabricantes y recuperadores de baterías.
- García, C.. 1998. Diagnóstico de la contaminación ambiental debida a los residuos generados por el parque automotor en el municipio de Itagüí, tesis de grado, Universidad Pontificia Bolivariana.
- Legis Editores (Comp.). 1999. Régimen legal del medio ambiente, Bogotá: Legis S.A..
- Unión Temporal OCADE LTDA, Departamento Técnico

Administrativo del Medio Ambiente DAMA, PNUD Colombia, SANIPLAN y AMBIENTAL S.A.. 2000. Diagnóstico ambiental sobre el manejo actual de baterías usadas generadas por el mantenimiento del parque automotor de Santa Fe de Bogotá.

www.doerun.com

www.ilzsg.org

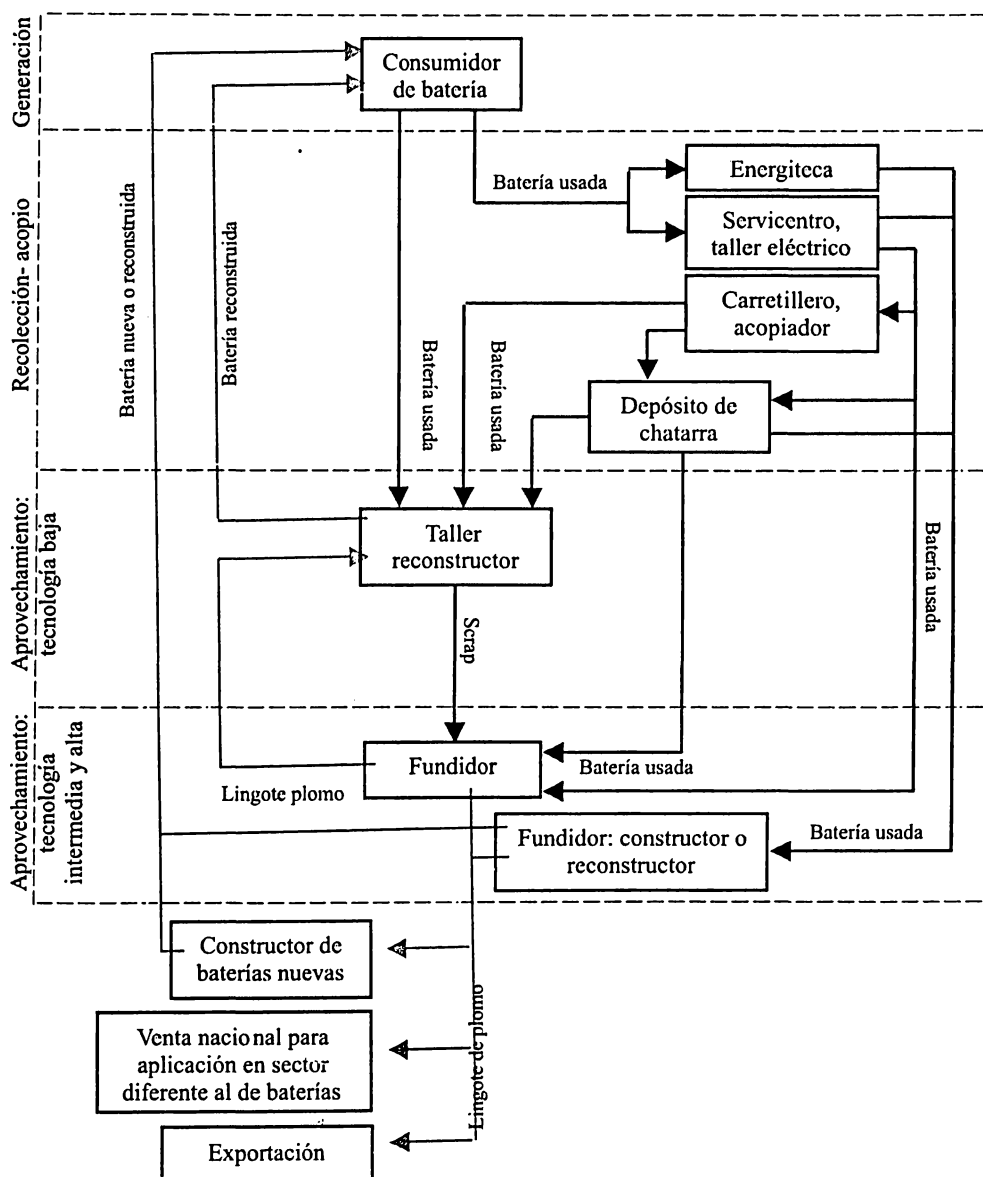
www.mac.com.co

www.recycle.net

www.tabaquismo.freehosting.net

www.thebatteryman.com

ANEXO 1. Esquema representativo de la operación del mercado de baterías ácidas de plomo usadas en Colombia



ANEXO 2. Impactos generados en el reciclaje de las baterías ácidas de plomo usadas

Proceso	Agente	Insumo	Actividad	Desecho o Basura	Impacto
Generación	Consumidor de batería	Batería usada	Cambio de la batería	Batería usada	Ninguno
Recolección-acopio	Energiteca Servicentro, taller eléctrico	Baterías usadas	Transportar y almacenar las baterías usadas	Electrolito	Derrame de H ₂ SO ₄
	Carretillero, acopiador Depósito de chatarra			Lodos	Disposición final inadecuada de sulfato de Pb
Aprovechamiento: tecnología baja	Taller reconstructor	Baterías usadas	Almacenar y desarmar las baterías usadas	Electrolito Lodos	Derrame de H ₂ SO ₄ Disposición final inadecuada de sulfato de Pb
		Electrolito, bornes, scrap, cajas, separadores, tapas	Almacenar los componentes de las baterías desarmadas	Oxido y sulfato de plomo	Emisión de partículas en suspensión con alto contenido de Pb, disposición final inadecuada de sulfato de Pb
		Cajas, separadores	Lavar componentes no metálicos de las baterías	Lodos	Disposición final inadecuada de sulfato de Pb, acidificación de aguas
		Bornes	Derretir plomo para elaborar bornes	Humo, escoria de plomo	Emisión de partículas respirables de Pb, disposición final inadecuada de escoria
		Plomo en lingote, scrap, bornes, ácido sulfúrico	Elaboración y carga de placas	Humo, óxido de plomo, lodos	Emisión de partículas respirables de Pb, vertido inadecuado de efluentes líquidos con Pb y H ₂ SO ₄
		Soldadura de plomo, alquitrán, ácido sulfúrico	Armar la batería: implica soldar, derretir alquitrán, concentrar el electrolito	Humo, Electrolito	Emisión de partículas respirables de Pb y de vapores de alquitrán, derrame de H ₂ SO ₄
		Baterías usadas	Almacenar y desarmar las baterías usadas	Electrolito Lodos	Derrame de H ₂ SO ₄ Disposición final inadecuada de sulfato de Pb
		Baterías usadas, scrap, bornes	Fundir plomo	Humo, escoria de plomo	Emisión de CO, SO ₂ , NO ₂ , y material particulado con alto contenido de Pb, disposición final inadecuada de escoria
		Ácido sulfúrico	Lavar lingotes	Lodos	Disposición final inadecuada de sulfato de Pb, acidificación de aguas
		Plomo en lingote, scrap, bornes, ácido sulfúrico	Elaboración y carga de placas	Humo, óxido de plomo, lodos	Emisión de partículas respirables de Pb, vertido inadecuado de efluentes líquidos con Pb y H ₂ SO ₄
Aprovechamiento: tecnología intermedia y alta	Fundidor, fundidor reconstructor, fundidor constructor de baterías nuevas	Soldadura de plomo, ácido sulfúrico	Armar la batería	Humo, Electrolito	Emisión de partículas respirables de Pb, derrame de H ₂ SO ₄

Fuente: Adaptación a partir del esquema propuesto por Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR – CINSET, 2000.

Observaciones: 1) El desecho es cualquier objeto, materia, sustancia o elemento en forma sólida, semisólida, líquida o gaseosa que tiene valor potencial de reuso y es basura cuando no lo tiene. 2) La elaboración y carga de las placas de plomo es una actividad realizada sólo por algunos pocos talleres reconstructores de tecnología baja e intermedia. 3) Los impactos generados en el proceso de aprovechamiento por los fundidores que construyen baterías nuevas y hacen uso de tecnología alta, son menos intensos.