

# Análisis de riesgo ambiental en el proceso de obtención de plomo secundario en el Perú

## Environmental risk analysis in the process of obtaining secondary lead in Peru

Diego Aaron Valdivia Huamán<sup>1</sup>

Recibido: 05/07/2021 – Aprobado: 14/09/2021 – Publicado: 23/12/2021

### RESUMEN

En los últimos tiempos se ha producido un gran aumento en la obtención de plomo refinado a través del reciclaje de baterías ácidas de plomo. Su facilidad de colección y altos índices de reaprovechamiento representan una alternativa sustentable, solo si se llevan a cabo de una manera adecuada. De no establecerse un marco ambiental para asegurar una adecuada preservación de los recursos naturales y protección de la salud humana su aprovechamiento no sería sostenible. En este contexto, el presente estudio estableció un análisis de riesgo ambiental en todas las etapas del proceso de reciclaje de baterías ácidas de plomo con la finalidad de identificar los posibles escenarios de riesgo ambiental. El estudio se realizó bajo la metodología basada en la norma UNE 150006-2008. Los resultados obtenidos revelan que a nivel global existe un riesgo ambiental de carácter moderado con una caracterización del 57.5 %, sin embargo, respecto al entorno humano se puede identificar un riesgo significativo de 68% con 10 escenarios de riesgos altos para los cuales deben establecerse medidas de control.

**Palabras claves:** Batería acida de plomo; reciclaje; riesgo ambiental; sustentable; medidas de control.

### ABSTRACT

In recent times there has been a great increase in the production of refined lead through the recycling of lead acid batteries. Their ease of collection and high reuse rates represent a sustainable alternative, only if they are carried out in a proper way. If an environmental framework is not established to ensure adequate preservation of natural resources and protection of human health, their use would not be sustainable. In this context, this study established an environmental risk analysis in all stages of the lead acid battery recycling process in order to identify possible environmental risk scenarios. The study was carried out under the methodology based on the UNE 150006-2008 standard. The results obtained reveal that at a global level there is a moderate environmental risk with a characterization of 57.5%, however, with respect to the human environment, a significant risk of 68% can be identified with 10 high risk scenarios for which measures of control.

**Keywords:** Lead acid battery; recycling; environmental risk; sustainable; control measures.

<sup>1</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Sociales, Lima, Perú. Geógrafa.  
E-mail: [daaron.valdiviah@gmail.com](mailto:daaron.valdiviah@gmail.com) – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9673-2035>

## I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis de riesgo ambiental tomándose como referencia de estudio una empresa recicladora de baterías ácida de plomo ubicada en la Av Nestor Gambetta en la región Callao, la cual está dedicada a la obtención de plomo secundario. Alrededor del mundo el plomo es uno de los metales más usados, debido a sus características como la maleabilidad y ductilidad permite formar aleaciones con otros metales y hacerlos resistentes a la corrosión. Sin embargo, hay que tener en cuenta que su toxicidad ha generado una preocupación con respecto a su utilidad. La producción de concentrado de plomo en el Perú es de gran importancia,

no obstante, debido a los problemas socio ambientales presentes (González, V., Valle, S., Nirchio, M., Olivero, J., Tejada, L., Valdelamar, J., Pesantes, F., & González, 2018), la producción primaria de plomo está siendo desplazada poco a poco tras la aparición de la producción de plomo secundario, la cual se obtiene a partir de chatarra de plomo como el reciclaje de baterías ácidas de plomo (Ver Figura 1). Estas baterías en términos económicos son de mayor rentabilidad en comparación a la extracción y procesamiento del mineral (Prüss-Üstün & Corvalán, 2006), lo que genera un incentivo para reciclarlo. Adicionalmente, para procesar el plomo reciclado se requiere 25% menos energía de lo que se requiere para la extracción del mineral (CCA, 2007).

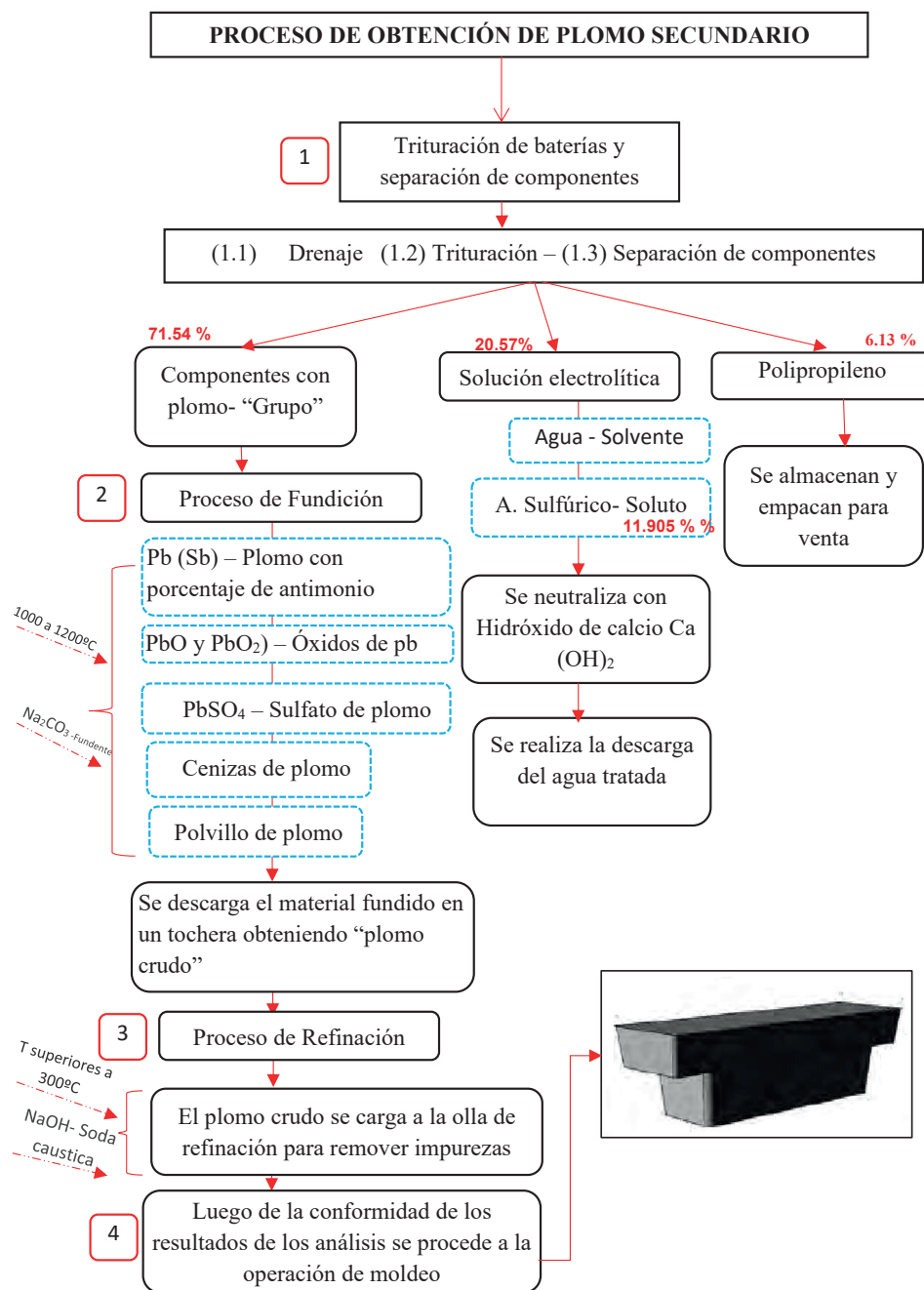


Figura 1. Proceso de Reciclaje de PBFU. *Adaptado de* Blancas Peña (2018). Estudio de Pre factibilidad para la instalación de una planta de reciclaje de baterías de ácido plomo en la ciudad de Lima y Callao.

Sin embargo, se debe tener presente que estas baterías son elementos peligrosos, debido a que en su composición contiene plomo, ácido sulfúrico y traza de otros metales (Canchari Silverio & Ortiz Sanchez, 2010), por lo cual se hace imperante la necesidad de la realización de un análisis de riesgo ambiental (ARA). Realizar un ARA permite la determinación, con una precisión razonable, de los accidentes que pueden ocurrir, su frecuencia y la magnitud de sus consecuencias (Stevenson, 2009), con lo cual se pueden definir las áreas de mayor riesgo y así establecer medidas para que sean replicadas en las empresas u organismos fiscalizadores, con la finalidad de regular su adecuado control en todas las etapas del manejo de baterías usadas, considerando el acopio, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento, reciclaje y disposición final de los residuos no reaprovecharles (Valdivia Fernández, H., & Núñez Ato, 2004). El estudio tiene por finalidad prevenir, reducir, mitigar y controlar los impactos negativos en la salud de la población y en la calidad ambiental particularmente del aire, agua y suelo, por su manejo inadecuado.

## II. MÉTODOS

### 2.1. Selección y recopilación de datos

Se utilizaron formatos para la recopilación de información sobre los procesos y evaluación de condiciones operativas visualizadas campo. Con respecto a datos cuantitativos, se realizó un monitoreo ambiental en el año 2020 en la zona de estudio, donde se evaluaron las emisiones de material particulado y metales pesados provenientes de las chimeneas de fundición y refinación. Asimismo, se analizó la presencia emisiones fugitivas, efluentes y lixiviados.

### 2.2. Descripción de componentes

En la Tabla 1 se detalla los componentes que formar parte de la planta de reciclaje de baterías de plomo:

**Tabla 1.** Descripción de los componentes principales de la planta industrial

Componente	Cantidad
-Rotatorio de Fundición	3
-Ollas de refinación	4
-Sistema de captación de humos de los hornos rotatorios de plomo	2
-Sistema de captación de humos de los hornos de refinación de plomo	1
-Planta trituradora de PBAU	1
-planta de tratamiento de efluentes	1

Fuente: Elaboración propia (2020).

### 2.3. Método de análisis

La presente investigación se define como un estudio de tipo no experimental, debido a la no manipulación deliberada de variables y en los que solo se observa los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. Se utilizó la metodología de análisis de riesgo ambiental tomando como referencia la norma “UNE 150008-2008 - Evaluación de riesgos ambientales (Carretero Peña, 2008)” y la “Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales” dada por el Ministerio del Ambiente (SINIA, 2011) para analizar e interpretar los datos obtenidos producto de la recopilación

de información. Esta metodología se basa principalmente en considerar la probabilidad de ocurrencia de un accidente su consecuencia sobre el entorno natural y humano, como se muestra a continuación:

#### 2.3.1 Estimación general del riesgo (R)

La estimación general del riesgo se establece al considerar la probabilidad de ocurrencia de un accidente y su consecuencia sobre el entorno natural o humano, a continuación se detalla los cálculos para obtención final del nivel de riesgo a través de la metodología establecida en la Guía de Evaluación de Riesgos Ambientales (SINIA, 2011).

$$\text{Riesgo (R)} = \text{Probabilidad (P)} \times \text{Consecuencia (Co)} \quad \leftarrow \text{Fórmula 1}$$

#### 2.3.2 Estimación de la consecuencia (Co)

La materialización del riesgo genera diferentes consecuencias. La estimación de la consecuencia se desarrollará en función a lo indicado en la fórmula 2 y fórmula 3.

$$\text{Co} = \text{Cantidad(C)} + 2 \times \text{Peligrosidad (Pe)} + \text{Extensión (Ex)} + \text{Medio afectado (MA)} \quad \leftarrow \text{Fórmula 2}$$

Entorno Natural

$$\text{Co} = \text{Cantidad(C)} + 2 \times \text{Peligrosidad (Pe)} + \text{Extensión (Ex)} + \text{Personas expuestas (PE)} \quad \leftarrow \text{Fórmula 3}$$

Entorno Humano

Asimismo, en la Tabla 2 se puede observar la estimación del nivel de consecuencia tras el cálculo de los factores de influencia.

**Tabla 2.** Valorización de la consecuencia

Estimación consecuencia entorno humano y natural		
Puntuación	Condición de la consecuencia	Valor
18-20	Crítica	5
15-17	Grave	4
11-14	Moderada	3
8-10	Leve	2
5-7	No relevante	1

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales (SINIA, 2011)

#### 2.3.3 Estimación de la probabilidad (P)

Se realizará la estimación de la probabilidad de ocurrencia del peligro que comprometa el entorno humano y el entorno natural como consecuencia de la ausencia de controles ambientales implementado, el detalle se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Estimación de la consecuencia

Valor	Probabilidad	Descripción
5	Muy probable	Se estima que ocurra de manera continua o diaria
4	Altamente probable	Se estima que pueda suceder dentro de una semana
3	Probable	Se estima que pueda suceder dentro de un mes
2	Posible	Se estima que se pueda suceder dentro de un año
1	Poco probable	Se estima que se pueda suceder en un periodo >1 año.

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales (SINIA, 2011)

2.3.4 Estimación final del nivel de riesgo (R) y equivalencia porcentual

El resultado producto de la probabilidad y la consecuencia determinará el nivel de riesgo, que podrá ser leve, moderado o significativo, de acuerdo con los rangos establecidos en la Tabla 4.

Tabla 4. Rango de estimación del nivel del riesgo

Rango de Riesgo	Nivel de riesgo en función del Rango del riesgo entorno humano y el entorno natural
16-25	Riesgo Significativo (RS)
6-15	Riesgo Moderado (RM)
1-5	Riesgo leve (RL)

Fuente: Guía de evaluación de riesgos ambientales (SINIA, 2011)

Asimismo, en la figura 2 se puede ver la relación entre el rango de riesgo y la equivalencia porcentual del riesgo ambiental.



Figura 2. Equivalencia porcentual del riesgo ambiental

Fuente: Adaptado de Guía de evaluación de riesgos ambientales (SINIA, 2011)

III. RESULTADOS

3.1. Resultados de monitoreo

Los resultados del monitoreo realizado el 2020 en la zona de producción de plomo, revela la existencia de valores que exceden los límites máximos permisibles de referencia. A continuación, se detalla los resultados obtenidos en las Tablas 5, 6, 7 y 8, así como las figuras 3 y 4 respectivamente.

3.1.1 Emisiones de Chimenea de sistemas de ollas de plomo y rotatorio

Tabla 5. Concentración de Plomo (Pb) de hornos y ollas de plomo

Estación de Muestreo	Concentración de Plomo, Pb (mg/m³)		Concentración Promedio (mg/m³)	
	Corrida N°1	Corrida N°2	C. Estándar	C. Normal
Sistema Rotatorio 1 (RO-01)	1,2354	0,8727	1,05405	<b>1,1489145</b>
Sistema Rotatorio 2 (RO-02)	0,8727	0,82634	0,84952	<b>0,9259768</b>
Sistema Ollas de plomo (O-01)	0,95235	0,98035	0,96635	<b>1,0533215</b>
<b>Límites Máximos Permisibles <sup>(1)</sup></b>				<b>1.0</b>

<sup>1</sup> World Bank Group (2015). Environmental, Health, and Safety Guidelines for Foundries

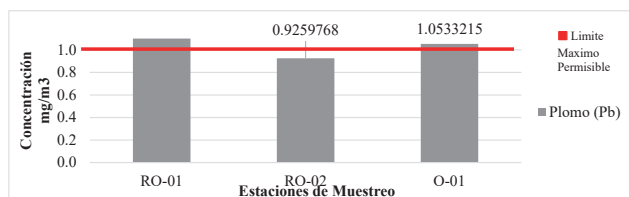


Figura 3. Concentración Plomo (Pb) en Emisiones Atmosféricas de los Hornos y Ollas de Plomo.

Fuente: Elaboración propia (2020).

3.1.2 Emisiones fugitivas

Tabla 6. Concentración de medición de agentes químicos

Estación de monitoreo	Ubicación	Resultados (mg/m³)		
		Plomo	Niebla Ácida Sulfhídrico	Dióxido de Azufre
FU-01	Cerca de Hornos y Ollas de Pb	0,12	<b>1.2</b>	<b>0.15</b>
FU-02	Cerca de la Planta Trituradora	<b>0,04</b>	<b>1.5</b>	<b>0.13</b>
<b>Valores Límites Permisibles <sup>(1)</sup></b>		<b>0,05</b>	<b>21</b>	<b>13</b>

<sup>1</sup> Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo (D.S. N° 015-2005-SA)

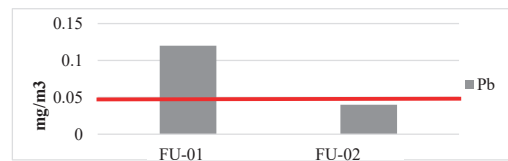


Figura 4. Concentración de emisiones fugitivas de Pb.

Fuente: Elaboración propia (2020).

3.1.3 Muestreo de suelo

Tabla 7. Evaluación de Resultados - Monitoreo de Suelo

Estación de Muestreo	Fecha de Muestreo	Estación M-1	Suelo Agrícola	Suelo Residencial / Parques	Suelo Comercial / Industrial / Extractivo
Parámetros	Unidad				
Arsénico	mg/kg	165.06	50	50	140
Bario	mg/kg	76.48	750	500	2000
Cadmio	mg/kg	0.42	1.4	10	22
Cromo	mg/kg	2.94	**	400	100
Mercurio	mg/kg	<0.03	6.6	6.6	24
Plomo	mg/kg	<b>950</b>	70	140	800

(\*) Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

(\*\*) No se tiene valor de comparación puntual

3.1.4 Muestreo de efluente

Tabla 8. Evaluación de Resultados – Efluentes

Parámetro	Unidades	Estación EF-01	VMA <sup>(1)</sup>
Temperatura	°C	23.9	<35
pH	Und. pH	7.35	6-9
DBO <sub>5</sub>	mg/L	65.9	500
Aceites y Grasas	mg/L	<b>4.3</b>	<b>100</b>
Aluminio	mg/L	<b>0.0979</b>	<b>10</b>
Cadmio	mg/L	<b>&lt;0.00005</b>	<b>0.2</b>
Cobre	mg/L	<b>&lt;0.0005</b>	<b>3</b>
Plomo	mg/L	<b>0.8</b>	<b>0.5</b>

<sup>1</sup> Decreto Supremo N° 021-2009 VIVIENDA, que aprobó los Valores Máximos Admisibles (VMA) de las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario

### 3.2. Análisis de resultados

El procesamiento y análisis de los datos tomados en campo y recolectados por los equipos de monitoreo en las diferentes etapas del proceso de reciclaje de BPFU, permitieron conocer los diferentes niveles de riesgo ambiental existentes en la empresa tras la aplicación de la metodología de análisis de riesgo. A partir de los resultados obtenidos se determinará los procesos críticos que requieren mayores controles. En la Tabla 9 y 10 se detallan los 13 escenarios de riesgo evaluados dentro de la empresa de reciclaje de BPAU

En la Tabla 11 y figura 5 se muestra el resumen de los resultados obtenidos tras el análisis realizado en los 13

escenarios de riesgo encontrados en la empresa de reciclaje de PBAU referente al entorno humano.

En la Tabla 12 y figura 6, se muestra el resumen de los resultados obtenidos tras el análisis realizado en los 13 escenarios de riesgo encontrados en la empresa de reciclaje de PBAU en el entorno natural.

El resultado final de la caracterización del riesgo ambiental demuestra que según la evaluación ambiental realizada en la empresa de reciclaje de BPAU, se caracteriza al riesgo ambiental de la siguiente:

- Entorno Humano: 65 %

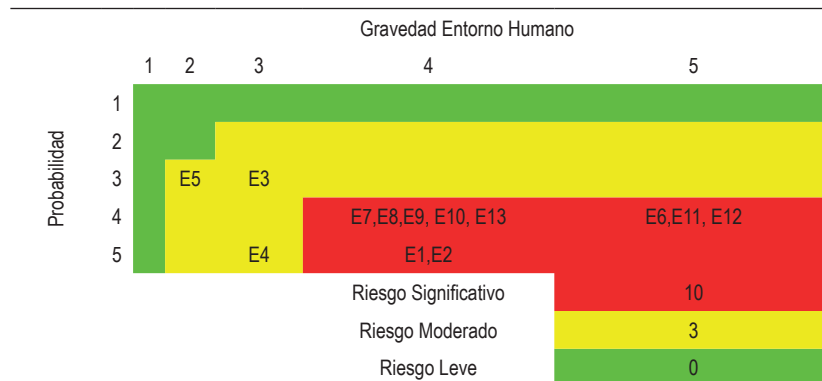
**Tabla 9.** Estimación de riesgo ambiental por escenario – entorno humano

N°	Entorno Humano		Co (C+2Pe+Ex+PE)					Co Valor	P	R	%R	
	Proceso	Escenario	C	Pe	Ex	PE	Total					
E1	Acopio Transporte Almacenamiento	Fuga de solución electrolítica ácida de BPAU y otros contaminantes	4	4	1	2	15	4	5	20	RS	80%
E2	Almacenamiento	Generación lixiviada con contenido de sustancias contaminantes debido al almacenamiento de grupo de baterías.	4	4	1	2	15	4	5	20	RS	80%
E3	Trituración	Generación de efluentes provenientes de sistema de tratamiento.	1	4	1	1	11	3	3	9	RM	36%
E4	Trituración	En la etapa operación se generará residuos provenientes de la trituración de baterías. Plásticos: con trazas de Plomo: III H Lodo (Ca (SO) <sub>4</sub> ): Sin categoría.	3	4	1	2	14	3	5	15	RM	60%
E5	Trituración	Generación de niveles de ruidos debido al proceso de trituración de baterías (molino)	2	3	1	3	12	3	3	6	RL	24%
E6	Fundición	Generación de emisiones fugitivas por ausencia de confinamiento en hornos rotatorios. -Contenido de Plomo: III H -Vapores de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : II H -Contenido de Cadmio: III H -Contenido de Cobre: II H	4	4	1	3	16	4	4	20	RS	80%
E7	Fundición	Generación de emisiones atmosféricas por daños en los sistemas de extracción y filtro de mangas.	4	4	1	4	17	4	4	16	RM	64%
E8	Fundición	Generación de emisiones difusas por ausencia de confinamiento en hornos rotatorios. -Contenido de Plomo: III H -Vapores de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : II H -Contenido de Cadmio: III H -Contenido de Cobre: II H	4	4	1	3	16	4	4	16	RM	64%
E9	Refinación	Derrame de polvillo de plomo por acumulación en el Bag House	4	4	1	2	15	4	4	16	RM	64%
E10	Refinación	Generación de emisiones difusas por ausencia de confinamiento en hornos rotatorios. -Contenido de Plomo: III H -Vapores de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : II H -Contenido de Cadmio: III H -Contenido de Cobre: II H	4	4	1	3	16	4	4	16	RS	64%
E11	Refinación	Generación de polvillo de Pb por acumulación de escorias de tochos de plomo -Contenido de Plomo: III H	4	4	1	2	15	5	4	20	RS	80%
E12	Refinación	Generación de emisiones fugitivas por rotura de mangas flexibles del sistema de succión de ollas de Pb. -Contenido de Plomo: III H -Vapores de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> : II H -Contenido de Cadmio: III H -Contenido de Cobre: II H	4	4	1	3	16	5	4	20	RS	80%
E13	Refinación	Generación de emisiones atmosféricas por daños en los sistemas de extracción y filtro de mangas.	4	4	1	4	17	4	4	16	RS	64%

**Tabla 10.** Estimación de riesgo ambiental por escenario – entorno natural

Nº	Proceso	Entorno Natural Escenario	Co (C+2Pe+Ex+PE)				Co Valor	P	R	%R		
			C	Pe	Ex	PE					Total	
E1	Acopio Transporte Almacenamiento	Fuga de solución electrolítica ácida de BPAU y otros contaminantes	4	4	1	1	14	3	5	15	RM	60%
E2	Almacenamiento	Generación lixiviada con contenido de sustancias contaminantes debido al almacenamiento de grupo de baterías.	4	4	1	1	14	3	5	15	RM	60%
E3	Trituración	Generación de efluentes provenientes de sistema de tratamiento.	1	4	1	1	11	3	3	9	RM	36%
E4	Trituración	En la etapa operación se generará residuos provenientes de la trituración de baterías. Plásticos: con trazas de Plomo: II E Lodo (Ca (SO) <sub>4</sub> ): Sin categoría.	3	4	1	1	13	3	5	15	RM	60%
E5	Trituración	Generación de niveles de ruidos debido al proceso de trituración de baterías (molino)	2	3	1	1	10	2	2	4	RL	16%
E6	Fundición	Generación de emisiones fugitivas por ausencia de confinamiento en hornos rotatorios. Contenido de Plomo: II E -Vapores de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> II E -Contenido de Cadmio: III E -Contenido de Cobre III E	4	4	1	1	14	3	5	15	RM	60%
E7	Fundición	Generación de emisiones atmosféricas por daños en los sistemas de extracción y filtro de mangas.	4	4	1	1	14	3	4	12	RM	48%
E8	Fundición	Generación de emisiones difusas por ausencia de confinamiento en hornos rotatorios. Contenido de Plomo: II E -Vapores de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> II E -Contenido de Cadmio: III E -Contenido de Cobre III E	4	4	1	1	14	3	4	12	RM	48%
E9	Refinación	Derrame de polvillo de plomo por acumulación en el Bag House	4	4	1	1	14	3	4	12	RM	48%
E10	Refinación	Generación de emisiones difusas por ausencia de confinamiento en hornos rotatorios. Contenido de Plomo: II E -Vapores de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> II E -Contenido de Cadmio: III E -Contenido de Cobre III E	4	4	1	1	14	3	4	12	RM	48%
E11	Refinación	Generación de polvillo de Pb por acumulación de escorias de tochos de plomo -Contenido de Plomo: II E	4	4	1	1	14	3	5	15	RM	60%
E12	Refinación	Generación de emisiones fugitivas por rotura de mangas flexibles del sistema de succión de ollas de Pb. - Contenido de Plomo: II E -Vapores de H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> II E -Contenido de Cadmio: III E -Contenido de Cobre III E	4	4	1	1	14	3	5	15	RM	60%
E13	Refinación	Generación de emisiones atmosféricas por daños en los sistemas de extracción y filtro de mangas.	4	4	1	1	14	3	4	12	RM	48%

**Tabla 11.** Resumen de Estimación entorno humano





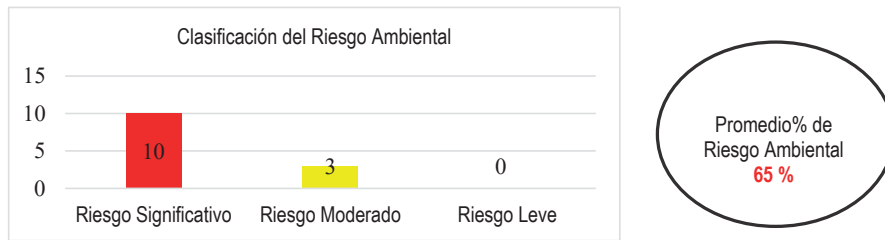


Figura 5. Resultados de Evaluación de riesgo ambiental. Fuente: Elaboración propia (2020).

Tabla 12. Resumen de Estimación entorno natural

		Gravedad Entorno Natural								
		1	2	3	4	5				
Probabilidad	1									
	2	E5								
	3		E3							
	4		E7,E8,E9,E10,E13							
	5		E1, E2,E4,E6, E11,E12							
						Riesgo Significativo		0		
						Riesgo Moderado		12		
						Riesgo Leve		1		

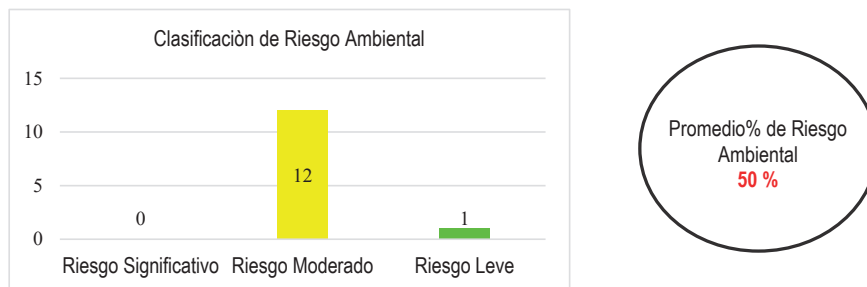


Figura 6. Resultados de Evaluación de riesgo ambiental. Fuente: Elaboración propia (2020).

- Entorno Natural: 50%

$$CR = \frac{65\% + 50\%}{2} = 57.5\%$$

Por lo cual, la empresa de reciclaje de BPAU tiene una caracterización del riesgo ambiental de 57.5%, **siendo de riesgo moderado.**

#### IV. DISCUSIÓN

Los datos presentados evidencian la presencia de riesgos ambientales de significativos y moderados tanto en el entorno humano como natural para la empresa de reciclaje de BPAU. La metodología utilizada evidencia 10 riesgos significativos de los 13 escenarios de riesgo evaluados dentro del entorno humano. Por otro lado, el entorno natural manifiesta 12 riesgos moderados de los 13 escenarios evaluados. Dentro de los riesgos de mayor significancia se encontró la fuga de solución electrolítica acida de BPAU,

la generación de lixiviados por el almacenamiento de BPAU y las emisiones fugitivas ; tal y como lo indican Cala & Kunimine (2003), quienes sostienen en su estudio sobre la existencia de un alto riesgo e en los suelos adyacentes a empresas de reciclaje de BPAU o lo detallado por Zhang et al. (2016), quienes afirman a través de un modelo de difusión de contaminación que la fuga proveniente de las BPAU tiene graves impactos sobre el ecosistema. Asimismo, el análisis realizado demuestra que la presencia de emisiones fugitivas son un riesgo importante de acuerdo a lo indicado por Tian et al. (2017) o Muralikrishna, I. V., & Manickam (2017), quienes detallan que son uno de los mayores riesgos ambientales que existe en el proceso de reciclaje de BPAU y que no suele tomarse en cuenta son las emisiones fugitivas.

#### V. CONCLUSIONES

El estudio dio a conocer la existencia de riesgos ambientales significativos y moderados dentro de la empresa de

reciclaje de BPAU teniendo valores máximos de 20 puntos en el entorno humano y 15 en el entorno natural dentro de la escala de estimación del riesgo.

Los escenarios de mayor riesgo dentro del análisis realizado fueron la fuga de solución electrolítica acida de BPAU, la generación de lixiviados por el almacenamiento de BPAU y las emisiones fugitivas.

Los resultados obtenidos tras la evaluación del riesgo ambiental dan a conocer la ausencia de controles ambientales en la empresa, tales como sistemas de confinamiento, sistema de extracción de emisiones gaseosas y material particulado, procedimientos orientados a controles operativos, mantenimiento de equipos críticos ambiente, entre otros.

## VI. REFERENCIAS

- Blancas Peña, E. G. (2018). *Estudio de pre-factibilidad para la instalación de una planta de reciclaje de baterías de ácido plomo en la ciudad de Lima y Callao* [Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13166>
- Cala, V., & Kunimine, Y. (2003). Distribución de plomo en suelos contaminados en el entorno de una planta de reciclaje de baterías ácidas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 19(3), 109–115. <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/23751/22353>
- Canchari Silverio, G., & Ortiz Sanchez, O. (2010). SISTEMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS (PILAS Y BATERIAS). *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 13(26), 103–109. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v13i26.508>
- Carretero Peña, A. (2008). *Norma UNE 150008: Evaluación de Riesgos Ambientales*. AENOR. <http://anavam.com/docs/semana-sostenibilidad-II-ponencia-norma-UNE-150008-2008-analisis-y-evaluacion-del-riesgo-ambiental.pdf>
- CCA. (2007). Prácticas y opciones para el manejo ambientalmente adecuado de baterías de plomo-ácido usadas en América del norte. *Comisión Para La Cooperación Ambiental, Montreal*, 1–58. [www.ccc.org](http://www.ccc.org)
- González, V., Valle, S., Nirchio, M., Olivero, J., Tejada, L., Valdelamar, J., Pesantes, F., & González, K. (2018). Evaluación del riesgo de contaminación por metales pesados (Hg y Pb) en sedimentos marinos del Estero Huaylá, Puerto Bolívar, Ecuador. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 21(41), 75–82. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/14995>
- Muralikrishna, I. V., & Manickam, V. (2017). Chapter Eight-Environmental risk assessment. *Environmental Management*, 135–152. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128119891000087?via%3Dihub>
- Prüss-Üstün, A., & Corvalán, C. (2006). PREVENTING DISEASE THROUGH HEALTHY ENVIRONMENTS. *World Health*, 12(2), 1–105. [http://www.who.int/quantifying\\_ehimpacts/publications/preventingdisease.pdf](http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/publications/preventingdisease.pdf)
- SINIA. (2011). *Guía para Evaluación de Riesgos Ambientales*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-evaluacion-riesgos-ambientales>
- Stevenson, M. (2009). Recycling | Lead-Acid Batteries: Overview. In *Encyclopedia of Electrochemical Power Sources* (pp. 165–178). Encyclopedia of Electrochemical Power Sources. <https://doi.org/10.1016/B978-044452745-5.00402-0>
- Tian, X., Wu, Y., Hou, P., Liang, S., Qu, S., Xu, M., & Zuo, T. (2017). Environmental impact and economic assessment of secondary lead production: Comparison of main spent lead-acid battery recycling processes in China. *Journal of Cleaner Production*, 144, 142–148. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.171>
- Valdivia Fernández, H., & Núñez Ato, D. (2004). EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL DE TIPO FÍSICO NATURAL Y SU RELACIÓN CON EL PLANEAMIENTO URBANO. CASO: DISTRITO DE COMAS. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 7(13), 45–57. <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/516>
- World Bank Group. (2015). *Environmental, Health, and Safety Guidelines for Foundries*. [https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics\\_ext\\_content/ifc\\_external\\_corporate\\_site/sustainability-at-ifc/policies-standards/ehs-guidelines](https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/sustainability-at-ifc/policies-standards/ehs-guidelines)
- Zhang, J., Chen, C., Zhang, X., & Liu, S. (2016). Study on the Environmental Risk Assessment of Lead-Acid Batteries. *Procedia Environmental Sciences*, 31, 873–879. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.02.103>