

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE CIENCIAS



**“OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ESTABILIZACIÓN
DEL MERCURIO RESIDUAL COMO SULFURO DE MERCURIO (HgS)
EN UN MOLINO DE BOLAS”**

Presentada por:

PABLO CESAR NEYRA AVELLANEDA

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Lima – Perú

2023

La UNALM es la titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación
(Art. 24. Reglamento de Propiedad Intelectual)

OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ESTABILIZACIÓN DEL MERCURIO RESIDUAL COMO SULFURO DE MERCURIO (HgS) EN UN MOLINO DE BOLAS

INFORME DE ORIGINALIDAD

11 %	11 %	3 %	0 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	orcid.org Fuente de Internet	2 %
2	dokumen.pub Fuente de Internet	1 %
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	www.idrc.ca Fuente de Internet	<1 %
6	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
7	CONSULTEA S.A.C.. "Ampliación del EIA-D de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos y Relleno de Seguridad en las Lomas de Huatiana-IGA0005387", R.D. N° 2117-2018/DCEA/DIGESA/SA, 2020	<1 %

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE CIENCIAS

**“OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ESTABILIZACIÓN
DEL MERCURIO RESIDUAL COMO SULFURO DE MERCURIO (HgS)
EN UN MOLINO DE BOLAS”**

Presentada por:

PABLO CESAR NEYRA AVELLANEDA

Tesis para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Dra. Rosemary Vela Cardich
PRESIDENTE

Dra. Carmen Alicia Rodríguez Best
MIEMBRO

Dra. Mariella Cortez Caillahua
MIEMBRO

Ph.D. Lizardo Visitación Figueroa
ASESOR

Ph.D. Paola Aurelia Jorge Montalvo
CO-ASESORA

RESUMEN

En el presente estudio, se desarrolló el proceso de estabilización de mercurio metálico en un molino de bolas utilizando azufre a fin de, obtener sulfuro de mercurio, teniendo como variables, los tiempos de reacción de 30, 60 y 90 min; además, las relaciones estequiométricas Hg : S de 1,00 : 1,00; 1,00 : 1,25 y 1,00 : 1,50. Para los ensayos con tiempo de reacción 30 minutos, no se logró estabilizar el mercurio. Posteriormente, a fin de, evaluar la eficiencia de los tratamientos, se realizaron diversos ensayos en el sulfuro de mercurio obtenido, entre ellos, TCLP, ecotoxicidad en individuos de *Daphnia magna*, *Lactuca Sativa* y análisis de Difracción de Rayos X (DRX). Los ensayos de TCLP se realizaron tomando como referencia el método EPA 1311 y se obtuvieron valores en el rango de <0,003 (límite de cuantificación) – 3,102 mg/L. Los bioensayos realizados tuvieron como referencia el protocolo EPA 600/3-88/029, en el caso de *Daphnia magna* se obtuvieron valores de CL₅₀ en un rango de 1,159 – 3,242 % y 0,360 – 2,425 % para 24 y 48 horas respectivamente; asimismo, para *Lactuca sativa* se obtuvieron valores de CI₅₀ en un rango de 17,9 – 100 % para la radícula y 100 % para el hipocótilo; asimismo, la toxicidad promedio de las muestras se encontró en el rango 21,3 – 50,1 UT, con lo que todas las muestras se clasificarían como muy tóxicas, esta toxicidad estaría influenciada por la presencia de otros metales en el lixiviado debido al origen del mercurio utilizado en el proceso de estabilización. Finalmente, los análisis de DRX realizados mostraron porcentajes de sulfuro de mercurio (en forma de cinabrio y metacinabrio) en la estructura del producto, en un rango de 31,2 – 95,5 %. De los análisis realizados, se concluye que, el tratamiento más adecuado corresponde al de una relación estequiométrica Hg : S de 1,00 : 1,25, durante un tiempo de reacción de 60 min.

Palabras Clave: Sulfuro de mercurio, estabilización de mercurio, molino de bolas, TCLP, bioensayos.

ABSTRACT

In this study, the stabilization process of metallic mercury in a ball mill using sulfur to obtain mercury sulfide was developed. To achieve such process, variable reaction times (30, 60 and 90 min) and stoichiometric ratios of Hg:S (1,00 : 1,00; 1,00 : 1,25 and 1,00: 1,50) were tested. It was not possible to stabilize mercury with a reaction time of 30 minutes. Afterwards, in order to evaluate the efficiency of the treatments, three tests were carried out on the obtained mercury sulfide, including the Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP), ecotoxicity on *Daphnia magna* and *Lactuca Sativa* individuals, and X-ray Diffraction Analysis (XRD). TCLP tests were performed using EPA method 1311 as reference, obtaining values ranging from <0,003 (quantification limit) to 3,102 mg/L. Bioassays were carried out using EPA protocol 600/3-88/029. Lethal Concentration 50 (CL50) values for *Daphnia magna* ranged between 1,159-3,242% and 0,360-2,425% for 24 and 48 hours, respectively. Half maximal Inhibitory Concentration (IC50) values for *Lactuca sativa* ranged between 17,9-100% for the radicle and 100% for the hypocotyl. Likewise, the average toxicity of the samples in the range of 21,3 – 50,1 TU, classifying all the samples as highly toxic. Finally, XRD analyses revealed that the product structure contained mercury sulfide (in the form of cinnabar and metacinnabar) with percentages ranging from 31.2% to 95.5%. Based on the efficiency analyses, it is concluded that the most suitable treatment corresponds to a stoichiometric ratio Hg:S of 1,00:1,25 during a reaction time of 60 minutes.

Keywords: mercury sulfide, mercury stabilization, ball mill, TCLP, bioassays.