

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Tratamiento de desechos líquidos radiográficos mediante el uso de
carbonato de calcio**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autores:

Jimmy Cristian Parizaca Condori
Jhonatan Mario Uribe Tupac Amaru

Asesor:

Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera

Juliaca, agosto de 2025

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Tratamiento de desechos líquidos radiográficos mediante el uso de carbonato de calcio”** de los autores **Jimmy Cristian Parizaca Condori**, y **Jhonatan Mario Uribe Tupac Amaru** tiene un índice de similitud de 5 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 21 días del mes de agosto del año 2025.



Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 21 día(s) del mes de agosto del año 2025 siendo las 12:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Enrique Mamani Guada el (la) secretario(a): Msc. Loryda Abigail Condori Turco
 y los demás miembros: Msc. Franklyn Elard Zapana
Yvona Ing. Verónica Haydee Pari Mamani y el (la) asesor(a) Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:
"Tratamiento de desechos líquidos radiográficos mediante el uso de carbonato de calcio"

del(los) bachiller(es): a) Jimmy Cristian Parizaca Condori
 b) Jhonatan Mario Uribe Tupac Amaru
 c) _____

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Ambiental
(Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Jimmy Cristian Parizaca Condori

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buono</u>	<u>Muy Buono</u>

Bachiller (b): Jhonatan Mario Uribe Tupac Amaru

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buono</u>	<u>Muy Buono</u>

Bachiller (c): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente/a
[Firma]
 Asesor(a)
[Firma]
 Bachiller (a)

[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (b)

[Firma]
 Secretario/a
[Firma]
 Miembro

 Bachiller (c)

Tratamiento de desechos líquidos radiográficos mediante el uso de carbonato de calcio

Treatment of radiographic liquid waste using calcium carbonate

Resumen

La inadecuada gestión de residuos líquidos en clínicas odontológicas genera efluentes con alta concentración de metales pesados, convirtiéndose en un riesgo para la salud pública y los ecosistemas. El presente estudio evaluó la eficiencia del uso de la cal (Cal tipo I (86 % de $\text{Ca}(\text{OH})_2$) y tipo II (99 % de CaCO_3)) como agente de remoción para dichos contaminantes. Se recolectaron muestras de residuos líquidos provenientes de seis centros odontológicos en la ciudad de Juliaca, Perú. Las soluciones fueron tratadas con diferentes concentraciones de cal (0.3 0.4 0.5 0.6 y 0.7 g/l) y posteriormente analizadas mediante espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente para cuantificar la concentración residual de 21 metales pesados. Los resultados se compararon con los límites establecidos por el Decreto Supremo N.º 010-2019-VIVIENDA (Perú) y la normativa EPA 815-F-00-007 (EE. UU.). Los resultados demostraron que ambos tipos de cal redujeron las concentraciones metálicas, con una eficiencia superior en la cal tipo II a una dosis óptima de 0.6 g/l. se logró una remoción eficaz para varios metales, cumpliendo así los estándares regulatorios. Se concluye que el uso de cal en sus dos tipos muestra buenos resultados de remoción, pero el uso del carbonato de calcio muestra mayor eficiencia, superando el 90 % de remoción en metales como As, Sb, Zn y Cu.

Palabras clave: contaminación, dosificación, residuos líquidos, muestras, carbonato de calcio, metales pesados, centros odontológicos.