

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Purificación de agua subterránea con arsénico mediante
destilación solar para uso industrial en condiciones
altiplánicas, Juliaca, Perú**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Por:

Noeli Maribel Coarite Quispe

Jhon Frank Masco Choque

Asesor:

Ing. Miguel Ángel Salcedo Enríquez

Juliaca, julio de 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Miguel Ángel Salcedo Enríquez, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: **“PURIFICACIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA CON ARSÉNICO MEDIANTE DESTILACIÓN SOLAR PARA USO INDUSTRIAL EN CONDICIONES ALTIPLÁNICAS, JULIACA, PERÚ”** constituye la memoria que presentan los bachilleres **Noeli Maribel Coarite Quispe** y **Jhon Frank Masco Choque** para obtener el título de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 19 días del mes de julio del año 2022.



Ing. Miguel Ángel Salcedo Enríquez Asesor



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 05 día(s) del mes de Julio del año 2023, siendo las 11:00 horas, se reunieron en el Salón de Grados y Títulos de la Universidad Peruana Unión, Filial Juliaca, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: Ing. Enrique Mamani Luila, el secretario: Mtro. Juan Eduardo Vigo Rivera y los demás miembros: Ing. Verónica Haydeé Pari Mamani y el asesor: Ing. Miguel Ángel Salcedo Enríquez

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: Purificación de agua subterránea con arsénico mediante destilación solar para uso industrial en condiciones altiplánicas, Juliaca, Perú

de el(los)/la(las) bachiller(es): a) Noeli Maribel Loarite Quipe
 b) Ihon Frank Masco Choque

conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Ambiental
 (Nombre del Título Profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(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 el(los)/la(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:

Candidato (a): Noeli Maribel Loarite Quipe

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Bueno</u>

Candidato (b): Ihon Frank Masco Choque

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B-</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Bueno</u>

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(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

[Firma]
Secretario

[Firma]
Asesor

[Firma]
Miembro

[Firma]
Candidato/a (a)

[Firma]
Miembro
Candidato/a (b)

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios porque fue nuestro soporte y apoyo principal, como también a la universidad, por habernos formado como personas y hoy en día como profesionales, de igual forma a los ingenieros que siempre tuvieron la disposición de ayudarnos ya sea de manera directa o indirecta y finalmente a nuestros padres que fueron nuestros mayores promotores durante este proceso.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	4
ÍNDICE GENERAL.....	5
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ABSTRACT:.....	9
1 INTRODUCCIÓN	10
2 METODOLOGÍA	12
2.1. Recolección de muestras.....	12
2.2. Diseño del destilador solar.....	12
2.3. Procedimiento Experimental.....	13
2.4. Análisis estadístico y modelamiento lineal.....	14
2.4.1. Modelos de regresión.....	14
3 RESULTADOS.....	15
3.1. Remoción de arsénico y parámetros físicos del agua subterránea tratada.....	15
3.2. Monitoreo de Humedad y temperatura	16
3.3. Monitoreo de Volumen y tiempo.....	18
3.4. Eficiencia de volumen de agua entrante y saliente	19
4 DISCUSIÓN	20
4.1. Concentración de arsénico antes y después del tratamiento	20
4.2. Caracterización de los parámetros con pre y post prueba.....	20
4.3. Determinación de la eficiencia del destilador	21
5 CONCLUSIONES	21
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Categorización de activos.....	15
Tabla 2 Análisis estadístico de la humedad, Juliaca, Puno (Perú).	17
Tabla 3 Análisis estadístico descriptivo de la temperatura, Juliaca, Puno (Perú).	18
Tabla 4 Análisis estadístico de los coeficientes de modelos, Juliaca, Puno (Perú).....	19
Tabla 5 Determinación de la eficiencia del destilador, Juliaca, Puno (Perú)	19

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del punto de muestreo de agua subterránea, Juliaca, Puno (Perú).....	12
Figura 2 Diseño del equipo de destilación solar con placa Arduino, Juliaca, Puno (Perú)	13
Figura 3 Grafico de barras del contenido de arsénico de la muestra inicial (Mo), muestra final (Mf) frente a los Estándares de Calidad de Agua (ECA), Juliaca, Puno (Perú)	15
Figura 4 Grafico de cajas y bigotes de monitoreo de humedad obtenidos del equipo de destilación, Juliaca, Puno (Perú).....	16
Figura 5 Gráficos de cajas y bigotes de monitoreo de temperatura obtenido del equipo de destilación, Juliaca, Puno (Perú).....	17
Figura 6 Regresión lineal del volumen de agua con respecto al tiempo, Juliaca, Puno (Perú)	18

Purificación de agua subterránea con arsénico mediante destilación solar para uso industrial en condiciones altiplánicas, Juliaca, Perú

RESUMEN:

En la actualidad las tecnologías limpias para el tratamiento de aguas cada vez adquieren mayor relevancia, entre los cuales se destaca la destilación solar por ser un método un procedimiento sencillo y económico, por este motivo el objetivo de esta investigación fue evaluar la purificación de aguas subterráneas mediante destilación solar a condiciones altiplánicas, para tal efecto se utilizó un sistema de destilación solar (DS) de una sola pendiente, equipado con una plataforma electrónica (Arduino), sensores Digitales de Temperatura y Humedad (DTH) 11 y 22, asimismo, esta fue alimentada con 2,5 L de agua subterránea a una concentración de 0,093 mg/L de arsénico (As), asimismo, se realizó una caracterización y monitoreo de: conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), pH, humedad, temperatura y As, de tal forma que con los datos obtenidos se realizó una comparación pre y post test a un nivel de significancia $p < 0,05$. Los resultados mostraron reducciones significativas de cada uno de los parámetros, entre los cuales se destaca la disminución de As con un valor inferior a 0,005 mg/L. En conclusión, la destilación solar es un método con alto rendimiento en el tratamiento de agua subterránea contaminada con arsénico y por ende una buena propuesta de aplicación tecnológica.

Palabras clave: Agua subterránea, arsénico, destilación solar, destilador solar.

Purification of groundwater with arsenic by solar distillation for industrial use in highland conditions

ABSTRACT:

At present, clean technologies for water treatment are becoming more relevant, among which solar distillation stands out as a simple and economical method, for this reason the objective of this research was to evaluate the purification of groundwater by solar distillation at altiplano conditions, for this purpose a single slope solar distillation system (DS) was used, equipped with an electronic platform (Arduino), Digital Temperature and Humidity sensors (DTH) 11 and 22, likewise, this was fed with 2.5 L of groundwater at a concentration of 0.093 mg/L of arsenic (As), likewise, a characterization and monitoring of: electrical conductivity (EC), dissolved oxygen (DO), pH, humidity, temperature and As, in such a way that a pre- and post-test comparison was made with the data obtained at a level of significance $p < 0.05$. The results showed significant reductions in each of the parameters, among which the decrease in As stands out with a value lower than 0.005 mg/L. In conclusion, solar distillation is a method with high performance in the treatment of groundwater contaminated with arsenic and therefore a good proposal for technological application.

Keywords: underground water; arsenic; solar distillation; solar still.