

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



**Optimización de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para
suministro de energía eléctrica en sistemas de cloración**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Winston Franklin Quispe Ramos

Asesor:

Msc. Miguel Ángel Salcedo Enríquez

Juliaca, Julio de 2026

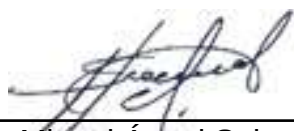
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

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

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“OPTIMIZACIÓN DE UN SISTEMA HÍBRIDO EÓLICO FOTOVOLTAICO PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE CLORACIÓN”** del autor; Winston Franklin Quispe Ramos, tiene un índice de similitud de 11 % 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 05 días del mes de agosto del año 2026.



Msc. Miguel Ángel Salcedo Enríquez

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 24 día(s) del mes de Julio del año 2020, a las 10:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección (de la) presidente(a):

Mte. Rose Adeline Ballata Chura, el (la) secretario(a): Mte. Pedro Veloz
Quipe Apaza y los demás miembros: Mte. Juan Eduardo Vigo
Rivera Mte. Enrique Mamani Guala y el (la) asesor(a): Lic. Miguel Angel Salcedo
Enríquez

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:
"Optimización de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para suministro de energía eléctrica en sistemas de elevación"

del(los) bachiller(es): a) Winston Franklin Quipe Ramos
 b) _____
 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): Winston Franklin Quipe Ramos

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Buena</u>

Bachiller (b): _____

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

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
[Firma]
 Bachiller (c)



Índice

1.	Resumen	7
2.	ABSTRACT	7
3.	INTRODUCCIÓN	7
4.	Material y métodos	9
	Lugar de Estudio	9
	Proceso de instalación del sistema	9
	Selección de componentes	9
	Instalación física y montaje de sistema	9
	Configuración y puesta en marcha	10
	Configuración de baterías	10
5.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	11
	Control de producción de energía de los componentes	11
	Análisis de Generación Energética Anual	12
	Determinación de la demanda energética	13
	Ecuación de Rendimiento Energético Anual	13
	Ecuación de Potencia Instantánea y Balance Crítico	14
	Ecuación de Promedio Diario Validación de Datos	14
6.	CONCLUSIONES	14
7.	Referencias	15

Optimización de un sistema híbrido eólico fotovoltaico para suministro de energía eléctrica en sistemas de cloración

Optimization of a hybrid wind photovoltaic system for supplying electrical energy in chlorination systems

RESUMEN

El estudio evaluó el dimensionamiento y desempeño de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico destinado a suministrar energía eléctrica a un sistema de cloración de agua potable en Yunguyo, Puno. Se utilizaron datos meteorológicos de NASA POWER para estimar la radiación solar, velocidad de viento y generación energética mensual. La generación fotovoltaica anual estimada fue de 1 667.1 kW, mientras que la generación eólica alcanzó 507.7 kW, obteniéndose una producción híbrida total de 2 174.8 kWh/año. Los mayores aportes energéticos se registraron entre agosto y octubre, coincidiendo con altos niveles de irradiación y viento. Los resultados sugieren que la configuración híbrida puede contribuir a la continuidad operativa de la cloración; sin embargo, la demanda real es de 0.85 kW, autonomía de generación diaria, además de asegurar el funcionamiento nocturno y en días de baja generación mediante el banco de baterías.

Palabras clave | sistema híbrido, energía renovable, optimización energética, cloración, agua potable

ABSTRACT

The study evaluated the sizing and performance of a hybrid wind-photovoltaic system designed to supply electricity to a drinking water chlorination system in Yunguyo, Puno. Meteorological data from NASA POWER were used to estimate solar radiation, wind speed, and monthly energy generation. The estimated annual photovoltaic generation was 1,667.1 kWh, while wind generation reached 507.7 kWh, resulting in a total hybrid production of 2,174.8 kWh/year. The highest energy contributions were recorded between August and October, coinciding with high levels of solar irradiance and wind. The results suggest that the hybrid configuration can contribute to the continuous operation of the chlorination system; however, the actual demand is 0.85 kWh, providing daily generation autonomy, in addition to ensuring nighttime operation and operation on days of low generation through the battery bank.

Key words | hybrid system, renewable energy, energy optimization, chlorination, drinking water
