

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



**Pronóstico a corto plazo de la concentración de ozono en Lima metropolitana
utilizando una combinación híbrida de modelos de series de tiempo**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Flor Vicky Quispe Sanchez

Eddy Albino Salcedo Esquen

Asesor:

PhD. Javier Linkolk López Gonzales

Lima, 26 de marzo del 2024

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo López Gonzales Javier Linkolk docente de la Escuela de Posgrado de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“Pronóstico a corto plazo de la concentración de ozono en Lima metropolitana utilizando una combinación híbrida de modelos de series de tiempo”** del (los) autor (autores) Flor Vicky Quispe Sanchez, Eddy Albino Salcedo Esquen, tiene un índice de similitud de 12 % 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 **Lima** a los 16 días del mes de Abril del año 2024.



Javier Linkolk López Gonzales

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a 26 día(s) del mes de marzo del año 2024 siendo las 9:30 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Mg. Liliana del Carmen Gutiérrez Rodríguez, el (la) secretario(a): Mg. Joel Hugo Fernández Rojas y los demás miembros: Mg. Jackson Edgardo Pérez

Carpio; Ing. Orlando Alan Palma Porras y el (la) asesor(a) Dr. Javier Linkolk López González con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

"Pronostico a corto plazo de la concentración de ozono en Lima metropolitana utilizando una combinación híbrida de modelos de series de tiempo"

del(los) bachiller(es): a) Flor Vicky Quispe Sanchez

b) Eddy Albino Salcedo Esquen

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): Flor Vicky Quispe Sanchez

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A-	Muy bueno	sobresaliente

Bachiller (b): Eddy Albino Salcedo Esquen

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A-	Muy bueno	sobresaliente

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.

Presidente/a



Secretario/a

Asesor/a

Miembro

Miembro

Bachiller (a)

Bachiller (b)

Bachiller (c)

* Esta sustentación fue realizada de manera virtual u online simultánea conforme al Reglamento General de Grados y Títulos.

Pronóstico a corto plazo de la concentración de ozono en Lima Metropolitana utilizando una combinación híbrida de modelos de series de tiempo.

Short-term forecast of ozone concentration in Metropolitan Lima using a hybrid combination of time series models

Resumen: El aumento de los niveles globales de ozono en las últimas décadas ha perjudicado la salud humana. Lima, Perú, es una de las diez ciudades de América del Sur con los peores niveles de contaminación del aire. Por lo tanto, la elaboración de modelos y pronósticos eficientes y precisos son fundamentales para las concentraciones de ozono en Lima. Para este propósito, utilizamos los datos de concentración de ozono por hora en áreas metropolitanas, para pronósticos de concentración de ozono de varios pasos (uno, dos, tres y siete días de anticipación). Para ello, dividimos la serie horaria del ozono en dos nuevos componentes: determinista y estocástico. Para verificar el desempeño de la metodología propuesta, evaluamos modelos en cuatro horizontes de pronóstico diferentes y calculamos seis errores medios de precisión diferentes, una prueba estadística y evaluaciones gráficas. Los diversos resultados de pronóstico fuera de la muestra de horizonte para los datos considerados sugieren que la técnica de pronóstico basada en componentes propuesta proporciona una ganancia altamente consistente, precisa y eficiente. El modelo NPAR tuvo el error mínimo previsto y el mejor impacto predictivo en comparación con los demás propuestos. Esto puede ampliarse a otros distritos de Lima, otras regiones del Perú e incluso a nivel global para evaluar la eficacia del enfoque propuesto de modelado y pronóstico basado en componentes.

Summary: The increase in global ozone levels in recent decades has harmed human health. Lima, Peru, is one of the ten cities in South America with the worst levels of air pollution. Therefore, efficient and accurate modeling and forecasting are essential for ozone concentrations in Lima. For this purpose, we use hourly ozone concentration data in metropolitan areas, for multi-step ozone concentration forecasts (one, two, three and seven days ahead). To do this, we divide the ozone hourly series into two new components: deterministic and stochastic. To verify the performance of the proposed methodology, we evaluate models at four different forecast horizons and calculate six different mean precision errors, a statistical test, and graphical evaluations. The various horizon out-of-sample forecasting results for the considered data suggest that the proposed component-based forecasting technique provides highly consistent, accurate and efficient gain. The NPAR model had the minimum predicted error and the best predictive impact compared to the other proposed ones. This can be extended to other districts of Lima, other regions of Peru and even globally to evaluate the effectiveness of the proposed modeling and forecasting approach based on components.

Palabras clave: Previsión del ozono con varios pasos adelante; Salud global; Modelo de regresión lineal múltiple; Modelos de series temporales; Técnica de previsión basada en componentes.

Keywords: Ozone forecast several steps ahead; global health; Multiple linear regression model; Time series models; Component-based forecasting technique.