

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

ESCUELA DE POSGRADO

Unidad de Posgrado de Ingeniería y Arquitectura



**ANOVA Funcional para evaluar la contaminación de PM2.5
en diferentes estaciones de monitoreo de Lima en el periodo
2023**

Tesis para obtener el Título de Segunda Especialidad Profesional de
Ingeniería en Estadística Aplicada para Investigación

Autores:

Miriam Roxana Pinto Lazares
Uri Harold Perez Guerra

Asesor:

Dr. Johann Ospina Galindez

Lima, octubre de 2024

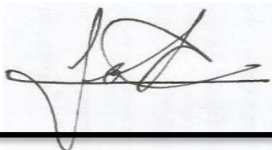
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Johann Ospina Galindez, docente de la Unidad de Posgrado de Ingeniería y Arquitectura, Escuela de Posgrado de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“ANOVA Funcional para evaluar la contaminación de PM2.5 en diferentes estaciones de monitoreo de Lima en el periodo 2023”** los autores Miriam Roxana Pinto Lazares, Uri Harold Perez Guerra, tiene un índice de similitud de 14% 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, Ñaña, Villa Unión, a los 5 días del mes de diciembre del año 2025.



Johann Ospina Galindez

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa unión a 3 días del mes de octubre del año 2024, siendo las 9:30 horas, se reunieron de forma online sincrónica, bajo la dirección del presidente del jurado Dr. Josué Edison Turpo Chaparro, secretario Mtro. Carlos Daniel Abanto Ramirez; los demás miembros: Mg. Lizeth Huanca López, PhD. Javier Linkolk López Gonzales y el asesor Mg. Johann Alexis Ospina Galindez con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de Tesis de la Segunda Especialidad titulada “ANOVA Funcional para evaluar la contaminación de PM2.5 en diferentes estaciones de monitoreo de Lima en periodo 2023”, conducente a la obtención del Título de Segunda Especialidad Profesional de ingeniería: Estadística Aplicada para Investigación.

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


Candidatos: Miriam Roxana Pinto Lazares y Uri Harold Pérez Guerra

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
Aprobado	18	A-	Nominación de muy bueno	Sobresaliente

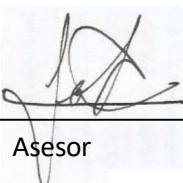
Finalmente, el Presidente del Jurado invitó al candidato a ponerse de pie, para recibir la evaluación final. Además, el Presidente del Jurado concluyó el acto académico de sustentación, procediéndose a registrar a registrar las firmas respectivas.



Presidente



Secretario



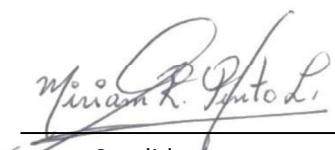
Asesor



Miembro



Miembro



Candidato



Candidato

ÍNDICE

ABSTRACT

1. Introducción

2. Materiales y Métodos

- 2.1 Descripción del conjunto de datos
 - Fuentes de datos sobre la calidad del aire en Lima.
- 2.2 Espacio funcional
 - Definición y características del espacio funcional.
- 2.3 Base de funciones
 - Uso de bases B-Splines para la transformación de datos.
- 2.4 Construcción de datos funcionales
 - Proceso de estimación y ajuste de datos funcionales.
- 2.5 Número óptimo de funciones de la base (K)
 - Criterios para la selección del número de funciones.
- 2.6 Análisis descriptivo de datos funcionales
 - Estadísticas descriptivas aplicadas a datos funcionales.
- 2.7 Análisis de Varianza Funcional
 - Modelo lineal para el análisis de varianza funcional.

3. Resultados

- 3.1 Análisis descriptivo
 - Comportamiento del PM2.5 en diferentes estaciones.
- 3.2 ANOVA funcional
 - Resultados del análisis de varianza funcional y diferencias significativas.

4. Conclusiones

5. Referencias

ANOVA Funcional para evaluar la contaminación de PM2.5 en diferentes estaciones de monitoreo de Lima en el periodo 2023

Miriam R. Pinto Lazares

Uri Harold Perez Guerra

Abstract

This study addresses the evaluation of PM2.5 pollution in Lima through the application of Functional ANOVA, with the objective of identifying significant differences in PM2.5 functional data measured at different monitoring stations in the city of Lima. Using collected air quality data, temporal trends and spatial variability of PM2.5 pollution were analyzed to highlight critical areas and suggest specific environmental management strategies. The results indicate significant differences in air quality in Lima, highlighting the importance of implementing mitigation policies tailored to local characteristics. This advanced statistical approach provides an effective tool for environmental assessment, allowing a better understanding of pollution problems and facilitating evidence-based decision making for the protection of public health and the environment. This work underscores the need for continuous monitoring and detailed studies to inform regulatory actions and environmental conservation initiatives aimed at improving air quality and health in urban areas.

Keywords: Functional ANOVA, PM2.5, air quality, public health.

1. Introducción

La contaminación ambiental en áreas metropolitanas densamente pobladas como Lima presenta un desafío significativo tanto para los responsables de la formulación de políticas como para los ciudadanos. Dada la complejidad de los factores que influyen en la calidad del aire y sus efectos perjudiciales sobre la salud pública y el medio ambiente, se necesita una metodología robusta y sofisticada para analizar y entender las variaciones en los niveles de contaminación. En este contexto, el proyecto propuesto emplea ANOVA Funcional, una técnica estadística avanzada ideal para el análisis de datos funcionales, como las series temporales de la contaminación, que son comunes en los estudios ambientales (Gonzales et al., 2014; Mescua et al., 2022; Rivera-Poma, 2012).

El enfoque funcional es crucial debido a que las estaciones de monitoreo en Lima recopilan datos continuos que reflejan la dinámica de la contaminación en diferentes momentos y ubicaciones. La capacidad del ANOVA Funcional para manejar estas series temporales complejas permite una evaluación detallada y comparativa entre estaciones de monitoreo. Esto es esencial para identificar patrones espacio-temporales y tendencias de contaminación