

Nº **01** / 26

CENTRO DE ÉTICA
Y GESTIÓN
SOSTENIBLE



UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO

B●letín Ambiental UP.

Publicación de
trabajos académicos
de Estudiantes de la UP

**ANÁLISIS de la
CALIDAD del AIRE**
en el PARADERO
de BUSES del
ÓVALO BRASIL

**REUTILIZACIÓN DE
AGUAS NO POTABLES**

para promover la
sostenibilidad y
reducir el
desperdicio de
agua potable:
un enfoque para
zonas urbanas

**INFOGRAFÍAS
PARA UN FUTURO
SOSTENIBLE**

Consejos visuales
creados por
estudiantes para
inspirar cambios en
nuestro día a día





EDITORIAL

Nos complace presentar el primer número del Boletín Ambiental del Centro de Ética y Gestión Sostenible (CEGES) de la Universidad del Pacífico. Esta publicación nace gracias a la iniciativa de publicar los mejores trabajos elaborados por estudiantes del curso «Tecnología para el desarrollo sostenible» de la Facultad de Ingeniería dictado por la profesora Ana Luna. Asimismo, incorpora infografías desarrolladas en el curso «Estilos de vida sostenible» dictado por el profesor Jorge Ueyonahara de la Facultad de Ciencias Empresariales. Estas contribuciones reflejan el compromiso de nuestros estudiantes y docentes con la responsabilidad social, la sostenibilidad y la innovación con impacto.

No es solo un boletín: es el inicio de un espacio permanente para difundir ideas, proyectos y reflexiones que buscan transformar nuestra universidad y nuestro entorno. Cada edición recogerá el trabajo de estudiantes y docentes que, desde diferentes disciplinas, ponen en práctica el compromiso con el desarrollo sostenible y la formación de líderes con conciencia ética y social.

Sabemos que los retos ambientales y sociales que enfrentamos son enormes, pero también creemos que las soluciones empiezan con pequeños gestos que se multiplican. Este boletín es uno de ellos.

A través de cada número, buscamos sumar voces, abrir diálogos y fortalecer una comunidad universitaria comprometida con el cambio.

Invitamos a todos a ser parte de este camino: a leer, difundir y, sobre todo, a contribuir con ideas y proyectos que alimenten nuestra plataforma. Este es apenas el comienzo.

Nicolas Pécastaing

Profesor de la Facultad de Ciencias Empresariales

Alberto Molina

Coordinador general del Centro de Ética y Gestión Sostenible

INDICE

Análisis de la calidad del aire en el paradero de buses del Óvalo Brasil	3
Infografías para un futuro sostenible	9
Reutilización de Aguas No Potables para Promover la Sostenibilidad y Reducir el Desperdicio de Agua Potable: Un Enfoque para Zonas Urbanas	12

Boletín Ambiental UP

Es una publicación del Centro de Ética y Gestión Sostenible de la Universidad del Pacífico

Jr. Gral. Luis Sánchez Cerro 2050, Jesús María, Lima, Perú. Apartado postal 15072.
Central: +511 219-0100.

Elaboración:

CEGES y Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad del Pacífico

Edición:

Nicolás Pecastaing y Alberto Molina

Diseño y diagramación:

www.digitalworldperu.pe

Corrección de estilo:

Melody Toledo

Correo:

contactoceges@up.edu.pe

Web:

www.ceges.up.edu.pe

Hecho en depósito legal: xxxxxxx

ISSN: xxxxxxxxxxxx

Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos de esta publicación, siempre que se indique la fuente. Este boletín incluye artículos e infografías elaborados con fines académicos y de divulgación. Las ideas, propuestas y opiniones expresadas son responsabilidad exclusiva de sus autores y no representan necesariamente la posición institucional de la Universidad del Pacífico ni la comprometen frente a terceros.

ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE en el paradero de buses del óvalo Brasil en Lima

Perú



Presentado por:

Rodrigo Cortez
ri.cortezl@alum.up.edu.pe

Piero Diaz
pa.diazp@alum.up.edu.pe

Lorenzo Saito
l.saitom@alum.up.edu.pe

Renzo Tarazona
rr.tarazonap@alum.up.edu.pe

Santiago Zegarra
sp.zegarrat@alum.up.edu.pe

Curso «Tecnología para el desarrollo sostenible» de la Facultad de Ingeniería
UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO

Lima, Perú. noviembre 2024



Palabras clave y ODS asociados:

Calidad del aire, transporte público, emisiones vehiculares

11 CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES



3 SALUD Y BIENESTAR





INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es un desafío ambiental crítico con graves impactos en la salud. Según la OMS (2024), el 99% de la población mundial respira aire por encima de los límites recomendados, lo que incrementa el riesgo de contraer enfermedades respiratorias y cardiovasculares, especialmente, por grupos vulnerables (EPA, 2021). En América Latina, Lima es una de las ciudades más afectadas por la contaminación del aire, debido principalmente a su parque automotor, cuyas emisiones y desgaste de componentes generan altos niveles de material particulado (Ngoc *et al.*, 2018).

El presente estudio analiza la contaminación en el paradero del óvalo Brasil de la ciudad de Lima, una zona de alto tráfico vehicular.

El transporte público en Lima resulta indispensable, pero también una de las principales fuentes de contaminación. Se estima que el 58% de la contaminación del aire proviene del parque automotor (Redacción RPP, 2024) y que un

30,6% de los buses que circulan por la ciudad superan los 15 años de servicio, lo que agrava el problema (León, 2024). Además, según IQAir (2023), Lima es la segunda capital sudamericana con peor calidad de aire.

El presente estudio analiza la contaminación en el paradero del óvalo Brasil de la ciudad de Lima, una zona de alto tráfico vehicular. Se emplea un kit de medición para monitorear material particulado y gases tóxicos, con el fin de evaluar la calidad del aire y proponer soluciones sostenibles alineadas con el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 11 (ONU, 2015).

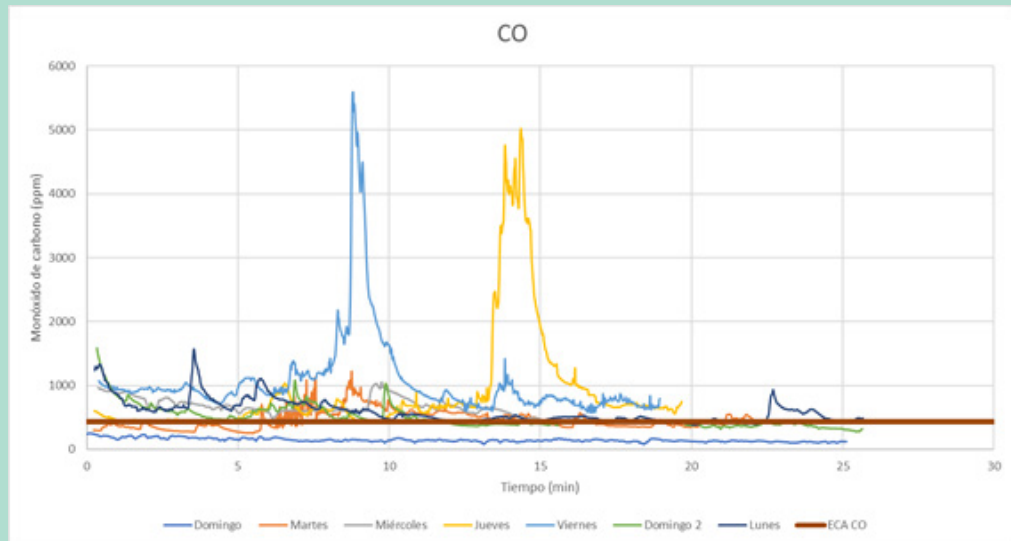
METODOLOGÍA

La investigación se realizó en el paradero del óvalo Brasil, en la intersección con la avenida San Felipe, en Jesús María, una zona de alto tráfico vehicular de la ciudad de Lima. Se utilizó un medidor de calidad del aire basado en Arduino, equipado con sensores MQ-7 (para CO) y MQ-135 (para otros gases contaminantes, como CO₂, NO_x, NH₃ y benceno). Los datos se registraron en partes por millón (ppm) y se almacenaron en una tarjeta microSD para su posterior análisis.

Las mediciones se realizaron por 30 minutos en el rango de 4 a 5 de la tarde, horario donde el tráfico se intensifica y se presenta una mayor afluencia de vehículos. Se recolectaron nuestras durante los 7 días de la semana para asegurar uniformidad en los datos y así obtener una visión integral de estos y evitar sesgos que podrían surgir al limitar la recolección a ciertos días.



Figura 1
Mediciones de CO durante los siete días de observación, luego del proceso de calibración del instrumento de medición.



Fuente: elaboración propia.

Se observa que los niveles de CO del domingo son significativamente inferiores a los valores de los demás días, con mediciones que se mantienen por debajo de los 436 ppm, valor que corresponde aproximadamente con el límite establecido por el estándar de calidad ambiental (ECA) del Ministerio del Ambiente (Minam, 2017). Esto contrasta con los otros días de semana, cuando los niveles de CO suelen rondar entre 400 y 1300 ppm. Además, se observan algunos picos que alcanzan incluso valores superiores los jueves y viernes.

Esta diferencia podría estar relacionada con la menor actividad vehicular y de transporte público los domingos, lo que reduce las emisiones de CO en comparación con los días laborales. Durante la semana, los valores de CO suelen superar este límite en múltiples ocasiones, especialmente los jueves y viernes. Sin embargo, el

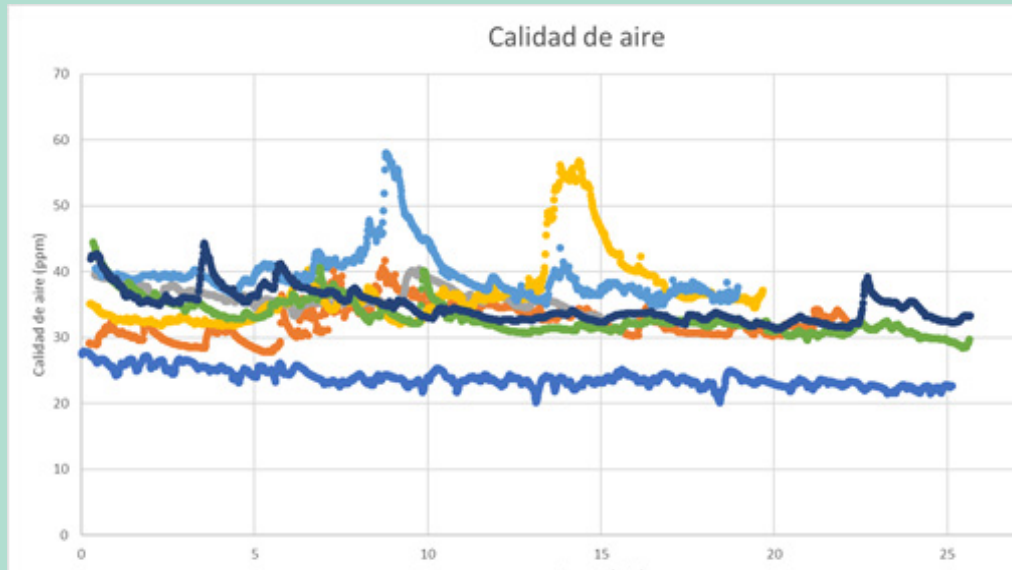
domingo fue el único día en el que los niveles de CO se mantuvieron consistentemente por debajo de este estándar, lo que indica una mejor calidad del aire y menor contaminación. Se observan picos los jueves y viernes que podrían ser atribuidos a una alta concentración de vehículos detenidos durante

Los niveles de CO del domingo son significativamente inferiores a los valores de los demás días.

una luz roja del semáforo. Durante las mediciones, se observó que se detienen alrededor de cinco buses por semáforo en luz roja, lo cual dura dos minutos, y que el tráfico vehicular aumenta especialmente pasadas las 4:30 de la tarde, lo que coincide con los picos observados.

Es importante mencionar que las emisiones de CO se incrementan cuando los vehículos están detenidos en semáforos, debido a la operación en ralentí —cuando un motor de combustión interna se mantiene en funcionamiento estando el vehículo en reposo o detenido— (Los Teques All Terrain, s.f.), lo cual genera más emisiones de CO que cuando los vehículos están en movimiento a una velocidad constante. Asimismo, la aparición de picos específicos de CO entre los minutos 10 y 15 —entre las 4:10 p.m. y las 4:15 p.m.— los jueves y viernes probablemente está relacionada con el horario de salida laboral o la acumulación de vehículos en las intersecciones. Esta concentración provoca que, en determinados momentos, se acumulen muchos más vehículos detenidos y peatones y, en consecuencia, aumente el nivel de contaminación del aire.

Figura 2
Mediciones de calidad de aire durante los siete días de observación, luego del proceso de calibración del instrumento de medición.



Fuente: elaboración propia.

La calidad del aire medida en este estudio no tiene un umbral máximo claramente establecido, debido a la complejidad de los contaminantes involucrados, como el monóxido de carbono, el dióxido de nitrógeno y las partículas finas. Estos elementos afectan la salud de diferentes maneras y, al combinarse, complican la definición de un estándar único. Por ello, este análisis se presenta como un complemento al estudio previo de los niveles de CO que, como se explicó, evidencia condiciones preocupantes.

La figura 2 muestra la variación de la calidad del aire durante los días de observación. Los picos más altos se dan los jueves y viernes, cuando alcanzan 56,52 ppm y 57,96 ppm, respectivamente, en horas de mayor tráfico. Esto sugiere una relación clara con la actividad vehicular. En contraste, el domingo presenta niveles más bajos y estables, lo que indica una mejor calidad del aire gracias a la menor circulación de vehículos. Estos resultados destacan el papel significativo del transporte en la contaminación y señalan la importancia de tomar medidas para mejorar el aire en las zonas urbanas de la ciudad.



La figura 2 muestra la variación de la calidad del aire durante los días de observación. Los picos más altos se dan los jueves y viernes, cuando alcanzan 56,52 ppm y 57,96 ppm, respectivamente, en horas de mayor tráfico.

DISCUSIÓN Y SOLUCIONES

Los resultados del estudio muestran que la calidad del aire en el paradero del óvalo Brasil es preocupante, ya que los niveles de CO superan constantemente los límites permitidos por el Minam, con picos que los exceden significativamente. Aunque la exposición de los pasajeros es breve en cada espera, la repetición constante a lo largo de los años puede afectar la salud, debido al aumento del riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias (OPS, s. f.).

Este problema se observa también en otros paraderos de Lima, debido al mal estado del parque automotor. Durante las mediciones, se evidenció una alta circulación de vehículos en malas condiciones, con

emisiones visibles de humo negro, lo que indica un incumplimiento de las normas de mantenimiento y causa un impacto significativo en la contaminación del aire.

Para mitigar este problema, se propone el uso de EcoEvol, un catalizador que optimiza la combustión del diésel y reduce hasta en un 90% las emisiones de CO (Redacción RPP, 2018). Este catalizador también mejora el rendimiento del combustible y disminuye su consumo en un 30%, aunque no elimina completamente las emisiones ni genera un impacto social en su cadena de valor (Portillo, 2017).

Otra alternativa es el uso de biodiésel, que gracias a su contenido de oxígeno permite una combustión más eficiente. Se ha demostrado que mezclas con un 5% de biodiésel (B5) pueden reducir entre un 4% y un 5% las emisiones de CO, mientras que mezclas más

concentradas pueden alcanzar reducciones de hasta el 50% (Carcelén, 2014).

Finalmente, la incorporación de vehículos eléctricos es una estrategia clave para reducir la contaminación vehicular. En Europa, su implementación ha generado una disminución del 16% en las emisiones de CO de vehículos nuevos (National Geographic en Español, 2022), lo que sugiere que su adopción en Lima podría mejorar significativamente la calidad del aire.

En conclusión, la contaminación en los paraderos de Lima es un problema grave, el cual está relacionado con el mal estado de los vehículos. Si bien tecnologías como el EcoEvol y el biodiésel pueden reducir las emisiones, la transición a un transporte eléctrico es la solución más efectiva para mejorar la calidad del aire y proteger la salud pública.

Anexo 1 : Estándares de calidad ambiental para aire

Parámetros	Período	Valor [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Criterios de evaluación	Método de análisis [1]
Benceno (C_6H_6)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO_2)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	1 hora	100	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras ($\text{PM}_{2,5}$)	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM_{10})	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) [2]	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS)
				Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS)
				Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Plomo (Pb) en PM_{10}	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM_{10} (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H_2S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Notas:

NE: No Exceder.

[1] 0 O método equivalente aprobado.

[2] 0 El estándar de calidad ambiental para Mercurio Gaseoso Total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la Séptima Disposición Complementaria Final del presente Decreto Supremo.

Fuente: Ministerio del Ambiente (2017, p. 9).

BIBLIOGRAFÍA

- Carcelén, E. (2014). *Estudio de las emisiones atmosféricas de buses urbanos con motores diesel en Lima y Callao en base a la metodología Copert* [tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio académico de la Pontificia Universidad Católica del Perú. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/28dfc37f-3e38-418d-aa37-fd3d81f809c8>
- IQAir. (2023). *World air quality report*. https://www.iqair.com/dl/2023_World_Air_Quality_Report.pdf?utm_source=pdf&utm_medium=download&utm_campaign=wagr23&utm_id=wagr23&utm_term=ft#msdynmkt_trackingcontext=24a5b1f1-8692-4fb1-98ce-4cb6703218ac
- León, J. (2024, 12 de junio). El grave impacto ambiental de las 3600 combis y buses antiguos que el MTC autorizó en Lima. *El Comercio*. <https://elcomercio.pe/lima/transporte/el-grave-impacto-ambiental-de-las-3600-combis-y-buses-antiguos-que-el-mtc-autorizo-en-lima-noticia/>
- Los Teques All Terrain. (s. f.). *Ralenti: ¿qué es? Importancia y función*. <https://ltqallterrain.com/cultura-automotriz/ralenti/>
- Ministerio del Ambiente (Minam). (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire. *Sistema Nacional de Información Ambiental*. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-aire-establecen-disposiciones>
- National Geographic en Español. (2022). ¿Realmente los autos eléctricos están reduciendo la contaminación ambiental? Recuperado de: [¿Realmente los autos eléctricos están reduciendo la contaminación ambiental? - National Geographic en Español](https://www.nationalgeographic.es/temas/calidad-aire/calidad-aire-ambiente#:~:text=Las%20directrices%20de%20la%20OMS%20sobre%20la%20calidad,la%20exposici%C3%B3n%20a%20la%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire%20ambiente)
- Ngoc, L. T. N., Kim, M., Bui, V. K. H., Park, D., & Lee, Y. C. (2018, 17 de diciembre). Particulate matter exposure of passengers at bus stations: A review. *Int J Environ Res Public Health*, 15(12), 2886. doi: 10.3390/ijerph15122886
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible: ciudades y comunidades sostenibles*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2024). *Ambient (outdoor) air pollution*. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (s.f.). *Calidad del aire ambiente*. <https://www.paho.org/es/temas/calidad-aire/calidad-aire-ambiente#:~:text=Las%20directrices%20de%20la%20OMS%20sobre%20la%20calidad,la%20exposici%C3%B3n%20a%20la%20contaminaci%C3%B3n%20del%20aire%20ambiente>
- Portillo, Z. (2017, 7 de agosto). Peruanos crearon un catalizador para vehículos que reduce entre el 60 y 90% sus emisiones tóxicas. *Univisión*. [peruanos-crearon-un-catalizador-para-vehiculos-que-reduce-entre-el-60-y-90-sus-emisiones-toxicas](https://www.univision.com/noticias/planeta/peruanos-crearon-un-catalizador-para-vehiculos-que-reduce-entre-el-60-y-90-sus-emisiones-toxicas)
- Redacción RPP. (2024, 23 de octubre). Un futuro verde: ¿cómo mejorar el sistema de transporte actual para una ciudad con futuro? *RPP Noticias*. Recuperado de: <https://rpp.pe/campanas/valor-compartido/un-futuro-verde-como-mejorar-el-sistema-de-transporte-actual-para-una-ciudad-con-futuro-noticia-1593445>
- Redacción RPP. (2018, 8 de noviembre). Rodrigo Coquis: peruano que inventó dispositivo para reducir la contaminación de combustible consigue excelentes resultados. *RPP Noticias*. Recuperado de: <https://rpp.pe/campanas/contenido-patrocinado/rodrigo-coquis-peruano-que-invento-dispositivo-para-reducir-la-contaminacion-de-combustible-consigue-excelentes-resultados-noticia-1162034#:~:text=Desarrollaron%20un%20dispositivo%20llamado%20EcoEvol,que%20pueda%20tener%20el%20combustible>
- United States Environmental Protection Agency [EPA]. (2021). *Health and environmental effects of particulate matter (PM)*. <https://www.epa.gov/pm-pollution/health-and-environmental-effects-particulate-matter-pm>



INFOGRAFÍAS PARA UN FUTURO SOSTENIBLE

Transformando nuestras decisiones cotidianas: una muestra de estilos de vida sostenibles

Cada día, las decisiones de consumo impactan el medio ambiente y la salud de las personas. Conscientes de ello, los estudiantes del curso «Estilos de vida y desarrollo sostenible»¹ de la Facultad de Ciencias Empresariales de la Universidad del Pacífico han creado las infografías aquí presentadas, las cuales convierten datos y reflexiones en consejos visuales prácticos para inspirar cambios en las rutinas cotidianas. Estas piezas advierten que cada elección, desde el café tomado por la mañana hasta la forma en que las personas se movilizan por la ciudad, suma para bien o para mal en la construcción de un futuro común.

Este curso innovador nació de la colaboración de la Universidad con otras 13 instituciones de educación superior, como parte del proyecto internacional Change the Climate: Assuring of Environmental Strategies in Latin American Higher Education (QUALENV), del programa Erasmus+ de la Unión Europea. Diseñado por el Centro de Ética y Gestión Sostenible (CEGES) junto con la carrera de Administración de la Universidad del Pacífico, el curso explora cómo las elecciones en alimentación, hábitos en el hogar, compras y transporte pueden transformarse en acciones conscientes hacia la sostenibilidad. Gracias al apoyo del Departamento Académico de Administración, esta materia hoy forma parte de la oferta académica electiva de la Universidad y está disponible en la plataforma QUALENV, lo que permite que universidades de todo el mundo se sumen a esta iniciativa transformadora.

Más allá de transmitir información, estas infografías reflejan el compromiso de una nueva generación que asume la sostenibilidad no solo como un concepto académico, sino como un estilo de vida que desean inspirar y compartir con toda la comunidad. El curso busca, además, que el aprendizaje no quede únicamente en el aula, sino que trascienda el campus y llegue a otros espacios de la sociedad, para multiplicar su impacto. Cada gráfico es una invitación a reflexionar, a imaginar y a poner en práctica un futuro más consciente. Que esta muestra sea no solo un espacio de aprendizaje, sino también una chispa que motive a multiplicar cambios dentro y fuera de la universidad.

¹ Curso diseñado por Jorge Ueyonahara, Alberto Molina e Isis Córdor (Universidad del Pacífico, Perú), con el acompañamiento de Renaud Richard y Estela Castelli (Sulitest, Francia).

¿SABÍAS QUE PUEDES AHORRAR HASTA UN 50% EN GASOLINA COMPARTIENDO AUTO?



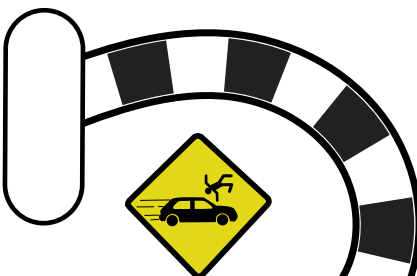
PROBLEMA

El uso excesivo de autos en Lima, a menudo con solo 1 o 2 personas por vehículo, causa congestión vehicular, afecta la salud mental y la calidad de vida de los ciudadanos.

(T. Litman, 2020)



- Calidad del aire
- Ruido
- Salud mental
- Accidentes vehiculares



1° Lima es la ciudad con el peor tráfico de América Latina. (El Comercio Perú, 2023)

Perjudica la salud mental.



Los limeños pasarían

51%

más de tiempo con su familia si hubiera menos tráfico.

(Manrique, 2018)

Aumento de emisión de gases de efecto invernadero



SOLUCIÓN

El *carpooling* es la práctica de compartir un automóvil privado con otros pasajeros.

(Chan & Shaheen, 2012)

Repensamos el uso de los autos



IMPACTOS



BENEFICIOS

Menor congestión vehicular



Ahorro de dinero en gasolina



Fortalece la comunidad



Menor contaminación sonora y ambiental



BIBLIOGRAFÍA:

- Chan, N., & Shaheen, S. (2012). Ridesharing in North America: Past, present, and future. *Transport Reviews*, 32(1), 93-112
- Litman, T. (2020). The hidden traffic safety solution: Public transportation. Victoria Transport Policy Institute.
- Manrique, W. (2018, septiembre 19). 51% de limeños pasaría más tiempo con su familia si el tráfico tuviera solución.
- El Comercio. (2024, 4 de abril). ¿Cuál es la ciudad peruana con el peor tráfico de América Latina?



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

CENTRO DE ÉTICA Y GESTIÓN SOSTENIBLE UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO

Curso: Estilos de Vida y Desarrollo Sostenible
Ciclo: 2024-2
Profesor: Jorge Ueyonahara

Alumnos:
• Alejandra Arroyo Del Carpio
• Rafael Espinoza Benavides
• Akemi Castillo Huamani
• Fernando Palomino Suarez

Reutilización de aguas no potables para promover la sostenibilidad y reducir el desperdicio de agua potable:

UN ENFOQUE PARA ZONAS URBANAS



Presentado por:

Estela Álvarez
ea.alvarezh@alum.up.edu.pe

María Alejandra Cervantes
m.cervantesf@alum.up.edu.pe

Bruno Herrera
ba.herrerac@alum.up.edu.pe

Frank Huamán
fb.huamanm@alum.up.edu.pe

Josefina Sapaico
jm.sapaicoz@alum.up.edu.pe

María Paz Valdivia
mp.valdiviah@alum.up.edu.pe

Curso «Tecnología para el desarrollo sostenible» de la Facultad de Ingeniería
UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO

Lima, marzo de 2025



Palabras clave y
ODS asociados:

Aguas no potables,
reutilización de
agua, gestión y
conservación
hídrica.

6 AGUA LIMPIA
Y SANEAMIENTO



11 CIUDADES Y
COMUNIDADES
SOSTENIBLES





INTRODUCCIÓN

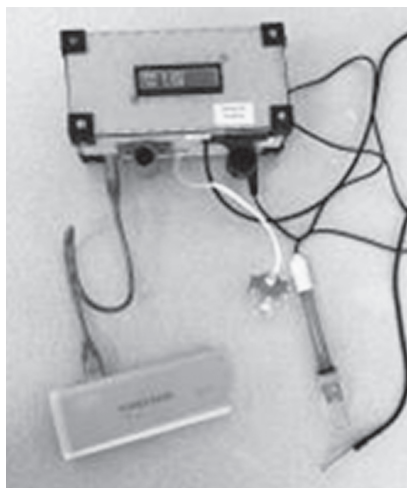
El uso excesivo y la mala gestión del agua agravan la crisis hídrica, especialmente en zonas urbanas. Aunque el 71% de la Tierra está cubierta por agua, solo el 3% es dulce y apta para el consumo (Fernández et al., 2020). En el Perú, la distribución es desigual: el 97% del agua dulce está en la Amazonía, mientras que la costa, donde vive el 55% de la población, cuenta con menos del 2% (INEI, 2018; ANA, 2020). Lima enfrenta una creciente escasez de agua potable debido a problemas en la infraestructura y el cambio climático (ONU, 2024; Paucar & Iturregui, 2020). Ante la problemática descrita, este informe evalúa la reutilización de aguas no potables en actividades donde el uso de agua potable es

innecesario, como riego, lavado y descarga de inodoros. Tecnologías como la filtración por membranas y arena permiten tratar el agua residual para estos usos (Díaz et al., 2021). Algunos estudios han demostrado que estas prácticas conservan el agua potable, reducen la contaminación y favorecen la sostenibilidad. La reutilización de aguas no potables reduce la demanda de agua potable, disminuye costos y contribuye a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 11 y 13. Implementar estas estrategias en Lima permitiría un ahorro del 20% en el consumo total de agua (Martín, s. f.), lo cual promovería la sostenibilidad y mejoraría la calidad de vida de las personas.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este estudio, se empleó un instrumento de medición multifuncional que incluye un sensor de pH para monitorear el grado de acidez de la muestra, un sensor de temperatura y otro de turbidez del agua. Este equipo proporciona mediciones precisas y simultáneas de los parámetros mencionados, expresados en unidades estándar: grados Celsius y unidades nefelométricas de turbidez (UNT). Se usaron muestras de agua potable y de agua no potable recolectadas en los distritos de Jesús María, Surco, Miraflores y Pueblo Libre de la ciudad de Lima. Luego de la obtención de las muestras, se conectó el medidor de calidad de agua a una fuente de

Figura 1
Medidor de pH, temperatura y turbidez.



Fuente: fotografía tomada por el equipo de investigación.

energía, ya sea una computadora o una batería portátil (ver figura 1). Para garantizar la precisión de las mediciones, se procedió a limpiar los sensores sumergiéndolos en una solución de pH diluida en agua destilada. A continuación, se realizó la medición de pH, temperatura y turbidez insertando

la punta del sensor en la muestra de agua. Es importante señalar que, entre cada medición, los sensores fueron nuevamente limpiados en la solución de agua destilada para evitar cualquier tipo de contaminación cruzada.

Este estudio plantea dos hipótesis para comparar la calidad del agua potable y no potable. La hipótesis nula (H_0) afirma que sus medios son iguales, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) sostiene que son diferentes. Para validarlas, se evaluó la normalidad de las muestras con la prueba Shapiro-Wilk; la homogeneidad de variaciones se examinó con la prueba Levene. Se optó por usar la prueba Mann-Whitney en caso de que las muestras no fueran normales. Además, el valor alfa determinó el umbral de significancia al compararse con el p-valor para aceptar o rechazar la H_0 .

RESULTADOS

Tabla 1
Muestra de agua potable

Distrito	Ubicación	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
Jesús María	Av. San Felipe	7,966	22.31	3.496
Miraflores (residencia)	Residencia	8.166	21.94	4.116
Miraflores (hospital)	Hospital	8.066	21.60	4.150
Pueblo Libre (residencia)	Residencia	8.333	22.25	4.097
Surco	Residencia	8,098	22.62	4.102

Fuente: elaboración propia.

AGUA POTABLE

Las muestras de agua potable provinieron de Jesús María, Miraflores, Pueblo Libre y Surco. En Jesús María, el pH era 7.966, con turbidez de 3.496 NTU, valores adecuados para el consumo humano. En Miraflores (residencia), el pH era 8.166, cerca del límite superior recomendado (8.5), con una turbidez de 4.116 NTU, sugiriendo la presencia de partículas. En el Hospital de Miraflores, el pH de 8.066

Las muestras de agua potable provinieron de Jesús María, Miraflores, Pueblo Libre y Surco.

y la turbidez de 4.150 NTU se mantienen dentro de los límites aceptables.

En Pueblo Libre, el pH de 8.333 está en el límite superior

permitido, con turbidez de 4.097 NTU, lo que podría indicar presencia de partículas. En Surco, el pH de 8.098 y la turbidez de 4.102 NTU se encuentran dentro de los valores recomendados. En general, el agua potable analizada es apta para el consumo, aunque algunos valores de pH y turbidez están cercanos a los límites máximos, lo que sugiere la necesidad de monitoreo en ciertas zonas.

AGUA NO POTABLE

Las muestras de agua no potable fueron tomadas en Jesús María, Miraflores y Pueblo Libre, provenientes de canaletas, cisternas y parques. En Jesús María (Campo de Marte), el pH promedio fue 8.107, con una turbidez de 3.781 NTU, indicando un nivel aceptable de claridad. En Miraflores, el pH era 8.400, con una turbidez de 4.150 NTU, cercana al

límite máximo, lo que podría indicar presencia de partículas.

En Pueblo Libre, el pH era 8.400 y la turbidez 3.420 NTU, valores que sugieren una calidad moderada. En Jesús María (Parque Huiracocha), el pH de 8.200 y turbidez de 4.160 NTU indican que el agua es adecuada para riego, pero no para consumo. En Jesús María (Parque San Felipe), el pH fue 8.089, con

turbidez de 4.090 NTU, valores elevados pero adecuados para riego.



Tabla 2
Muestra de agua no potable

Distrito	Ubicación	pH	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)
Jesús María (Campo de Marte)	Canaleta	8.107	20.09	3.781
Miraflores	Cisterna	8,400	19.06	4.150
Pueblo Libre (parque de las Américas)	Parque	8,400	22.69	3.420
Jesús María (parque Huiracocha)	Parque	8,200	22,19	4,160
Jesús María (parque San Felipe)	Parque	8,089	22.13	4,090

Fuente: elaboración propia.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con base en los resultados obtenidos de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk sobre el pH de agua potable, se concluye que dado que el p-valor obtenido de 0,3309 es mayor que el nivel de significancia α , se acepta la hipótesis nula. Esto sugiere que los datos pueden distribuirse normalmente. Por otro lado, la evaluación de normalidad del pH de agua no potable muestra un p-valor de 0,1837, que es también mayor al nivel de significancia, por lo que se acepta la hipótesis nula y se afirma que los datos pueden distribuirse normalmente.

Seguidamente, para evaluar la normalidad de la turbidez de agua potable, se realizó la prueba Shapiro-Wilk en la que se obtuvo un p-valor de 0,001547 menor que el nivel de significancia α , por lo que se rechaza la hipótesis nula. Esto sugiere que los datos no se distribuyen normalmente. Por el contrario, para la prueba de normalidad de la turbidez del agua no potable se obtiene un p-valor de 0,4327 mayor que el nivel de significancia α , por lo que se acepta la hipótesis nula. Esto sugiere que los datos pueden distribuirse normalmente.

Luego, se evaluó la homogeneidad de varianza para el pH de agua en que el p-valor es de 0,1639 mayor que el nivel de significancia α ; se acepta entonces la hipótesis alternativa. Esto sugiere que los promedios de todos los grupos son iguales y que la diferencia entre las varianzas muestrales de todos los grupos no es lo suficientemente grande como para

ser estadísticamente significativa. Del mismo modo, para la evaluación de homogeneidad del pH del agua no potable se obtiene un p-valor de 0,1365 mayor que el nivel de significancia α , por lo que se acepta la hipótesis nula. Esto sugiere que los promedios de todos los grupos son iguales.

Finalmente, se realizó una prueba t de Student, porque las muestras de pH del agua potable y no potable son normales y homogéneas. Con base en los resultados obtenidos de las dos muestras, se afirma que dado que el p-valor es de 0,8712 mayor que el nivel de significancia α , por lo que la hipótesis nula no puede ser rechazada. Esto sugiere que el promedio de la población del grupo 1 (agua potable) es

Se puede concluir de manera sólida que el agua no potable es adecuada para procesos domésticos que no implican consumo humano, sin comprometer la salud u otros factores relevantes.

igual al promedio de la población del grupo 2 (agua no potable). En otras palabras, la diferencia entre el promedio muestral del grupo 1 y del grupo 2 no es lo suficientemente grande como para ser estadísticamente significativa. No obstante, debido a que las muestras de turbidez del agua potable no siguen una distribución normal, se procedió con la prueba no paramétrica (prueba Mann-Whitney), la cual afirma que

dado que el p-valor obtenido (0,8501) es mayor que el nivel de significancia establecido (α), no es posible rechazar la hipótesis nula. Esto indica que no hay suficiente evidencia para afirmar que hay una diferencia significativa entre los valores seleccionados aleatoriamente de las poblaciones de agua potable y agua no potable. En otras palabras, la diferencia entre estos valores no es lo suficientemente grande como para ser estadísticamente significativa. Además, la estadística de prueba Z (0,1891) y el estadístico U (53) se encuentran dentro de las regiones de aceptación establecidas, lo que refuerza la conclusión de que no hay diferencias significativas.

Según los resultados de la prueba t de Student y la prueba Mann-Whitney, que demostraron la falta de diferencia significativa entre el agua potable y el agua no potable, se puede concluir de manera sólida que el agua no potable es adecuada para procesos domésticos que no implican consumo humano, sin comprometer la salud u otros factores relevantes. Esta conclusión respalda la viabilidad de utilizar agua no potable en actividades de limpieza y riego, lo que representa una oportunidad significativa para reducir la demanda de agua potable. Al aprovechar el agua no potable para estos fines, no solo se conserva el suministro de agua potable, sino que también se promueve una gestión más eficiente y sostenible de los recursos hídricos, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la preservación del medio ambiente.



CONCLUSIONES

PROPUESTA TECNOLÓGICA

En conclusión, el análisis estadístico demuestra que no existe una diferencia significativa entre la calidad del agua potable y el agua no potable para usos domésticos, lo que sugiere que el agua no potable tratada puede ser adecuada para actividades no relacionadas con el consumo humano.

Con un valor p de 0,8501, la probabilidad de cometer un error al rechazar la hipótesis nula es de 85,01%, lo que refuerza la aceptación de que ambas poblaciones de agua tienen parámetros comparables en términos de pH, temperatura y turbidez.

Se plantea utilizar el agua no potable tratada en los baños de parques públicos, lo cual apoya 2 de los 17 ODS de la ONU. En primer lugar, se contribuye al objetivo de agua limpia y saneamiento (ODS 6), ya que los ciudadanos podrán utilizar inodoros públicos que emplean aguas residuales tratadas, reutilizando el agua no potable sin representar un riesgo para los usuarios. En segundo lugar, se impulsa el objetivo de ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11), porque se promueve una gestión eficiente y responsable del agua.

Como medida inicial, se propone la instalación de sistemas de tratamiento y reciclaje de agua de riego en los baños de los parques públicos. Los costos de instalación de estos sistemas para un baño público oscilan entre 128,000 y 320,000 soles, dependiendo de la calidad del material y del proveedor (Gómez, 2012). Este presupuesto abarca la adquisición, instalación, costo anual de operación, mantenimiento, permisos, cumplimiento de

regulaciones, entre otros (ver anexo 1). Estas instalaciones permitirán reutilizar el agua de riego de forma sostenible y económica para el uso en instalaciones sanitarias. Es crucial considerar la viabilidad sostenible de la implementación, que incluya una evaluación técnica de la calidad del agua gris, la demanda de agua tratada y el espacio disponible para el sistema de tratamiento.

Desde el punto de vista económico, es necesario realizar un análisis exhaustivo de los costos de inversión, operación y mantenimiento, así como de los beneficios económicos potenciales. Este análisis debe contemplar los ahorros en el consumo de agua potable y alcantarillado y los posibles ingresos por la venta de agua gris tratada. Además, es fundamental asegurar el cumplimiento de las normativas y regulaciones aplicables al uso y reutilización de aguas grises. La

implementación de estos sistemas podría requerir modificaciones en la infraestructura de tuberías existentes, lo que podría incurrir en costos adicionales. Por ello, es necesario realizar estudios de factibilidad para evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto. Se destacan la disminución de los costos de agua potable y alcantarillado, la menor dependencia de fuentes de agua externas y la potencial generación de ingresos por la venta de agua gris tratada.

Por último, este enfoque a largo plazo también puede ser aplicado en edificios o viviendas individuales, ya que ofrece beneficios similares en términos de sostenibilidad, economía y bienestar comunitario. La instalación de sistemas de tratamiento y reciclaje de agua gris en estos entornos podría tener un impacto significativo en la conservación de recursos, como se ha observado en otros países.



Anexo 1

Costos incurridos por la propuesta

Costos de instalación

Tipo de Costos	Costos
C. de adquisición e instalación	S/. 30 - 80 mil
C. de modificación de tuberías	S/. 10 - 30 mil
C. anual de operación	S/. 5 - 15 mil
C. anual de mantenimiento	S/. 3 - 10 mil
C. de capacitación personal	S/. 5 - 15 mil
Estudios y evaluaciones técnicas	S/. 20 - 50 mil
C. de permisos y regulaciones	S/. 5 - 20 mil
C. de mitigación	S/. 50 - 100 mil

Escenarios

AL DÍA	PERSONAS
Litros por jalada de inodoro	10 L
Cant. personas que usan baño público	500
Cant. personas que usan baño público	350
ant. personas que usan baño público	250

Análisis de los costos del uso de un inodoro

Dato: cada 10 m³ = 1.5 soles **Supuesto:** Persona va 3 veces diarias al baño

AL AÑO	LITROS	M ³	COSTO	15 años vida útil
500 Personas diarias	5,475,000 L	5,475	S/ 8,213	S/ 123,188
350 Personas diarias	3,832,500 L	3,833	S/ 5,749	S/ 86,231
250 Personas diarias	2,737,500 L	2,738	S/ 4,106	S/ 61,594



BIBLIOGRAFÍA

Autoridad Nacional del Agua (ANA). (2020). *Cuentas ambientales y económicas del agua en el Perú: documento técnico 2018*. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4705>

Díaz, M. A., Decinti, A., Blanco, D., & Vasquez, K. (2021). Metodología para la reutilización de aguas grises en viviendas ubicadas en áreas de estrés hídrico y estrés hídrico extremo- Caracterización, calidad y opciones de tratamiento para su reúso en Chile. *Informes de la Construcción*, 73(563), e408. <https://doi.org/10.3989/ic.80823>

Fernández, D., Gómez, Á., Morón, C., & Díaz, J. (2020). Sistema Automático de Recirculación de Agua Potable para su Aplicación en Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria. *Canales de Edificación*, 6(1), 77-86. <https://doi.org/10.20868/ade.2020.4458>

Gómez, J. M. P. (2012). *Costos de inversión inicial, operación y mantenimiento de tratamientos naturales de aguas residuales para pequeñas comunidades en Colombia* [tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana]. Repositorio académico de la Pontificia Universidad Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/items/3d193b23-57fb-4827-81d7-c69b256f9497>

Martin, L. (s.f). *Cómo reducir un 25% nuestro consumo de agua*. *Hidrología Sostenible*. <https://www.hidrologiasostenible.com/como-reducir-un-25-nuestro-consumo-de-agua>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (INEI). (2018). *Resultados definitivos de los censos nacionales 2017*. <https://censo2017.inei.gob.pe/resultados-definitivos-de-los-censos-nacionales-2017/>

Paucar, F., & Iturregui, P. (2020). Los desafíos de la reutilización de las aguas residuales en el Perú. *South Sustainability*, 1(1), e004 DOI: 10.21142/SS-0101-2020-004

CENTRO DE ÉTICA
Y GESTIÓN
SOSTENIBLE



UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO

Jr. Sánchez Cerro 2141,
Jesús María. Lima, Perú
T. (511) 219 0100

www.up.edu.pe

