

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Perfil de proyecto de investigación:

USO DEL CARBON ACTIVADO EN LA PURIFICACION DEL AIRE
EN AMBIENTES URBANOS DE JULIACA

Por:

Jose Walter Quispe Apaza, 75218855

Asesor:

Dr Jorge Juvenal Bravo Hualla

Juliaca, Junio de 2025

1. Planteamiento del Problema

Problema

La ciudad de Juliaca enfrenta altos niveles de contaminación del aire debido al rápido crecimiento urbano, la expansión del parque automotor y la quema de residuos sólidos. Este fenómeno ha originado una crisis ambiental que impacta directamente en la salud pública, especialmente en los sectores más vulnerables de la población centricas Centro comercial II, tupac amaru, ladrilleras Gonzalez, 2021.

La contaminación del aire en Juliaca es provocada principalmente por las actividades urbanas no planificadas, que generan altos niveles de emisiones de partículas contaminantes, como el material particulado PM2.5 y PM10 y gases como el monóxido de carbono Lopez & Perez, 2019. La quema de residuos sólidos en áreas urbanas también contribuye significativamente a esta problemática, agravando la calidad del aire y afectando el bienestar de los habitantes Ministerio de Salud del Peru, 2020.

La exposición constante a estos contaminantes aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares en la población, especialmente en niños, ancianos y personas con condiciones preexistentes Ramirez, 2021. La gestión inadecuada de los residuos sólidos y la falta de infraestructura adecuada para su disposición final son factores que intensifican esta problemática Garcia, 2020.

1.1 Justificación

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más críticos en las ciudades intermedias de Perú, incluida Juliaca, donde el crecimiento urbano desordenado, la actividad vehicular y la quema de residuos contribuyen a niveles peligrosos de contaminación. Este problema no solo afecta la calidad del aire, sino que también tiene un impacto directo en la salud pública, especialmente entre las poblaciones más vulnerables, como niños, ancianos y personas con enfermedades respiratorias preexistentes Lopez & Perez, 2019; Ministerio de Salud del Peru, 2020.

El uso de tecnologías para mitigar la contaminación del aire es esencial, y el carbono activado ha

mostrado ser una opción prometedora. Este material poroso tiene la capacidad de adsorber una variedad de contaminantes, incluyendo gases tóxicos como dióxido de azufre, monóxido de carbono y partículas en suspensión González, 2021; Ramírez, 2021. A través del proceso de adsorción, el carbón activado captura estos contaminantes en su superficie, mejorando así la calidad del aire de manera eficiente y sostenible Hernández, 2018.

Diversos estudios han evidenciado la efectividad del carbón activado en entornos urbanos, especialmente en áreas de alta contaminación. Según un estudio realizado por Iberia 2023, la implementación de sistemas de purificación con carbón activado en diversas ciudades ha mostrado una disminución significativa en la concentración de partículas contaminantes, mejorando la salud de los habitantes y reduciendo los costos asociados a enfermedades respiratorias. Además, la investigación de Mendoza et al. 2018 destacó la viabilidad del carbón activado como una solución rentable y accesible para la purificación del aire, especialmente en contextos urbanos con altos niveles de contaminación. En Juliaca, donde los niveles de contaminación del aire continúan superando los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud OMS, el uso del carbón activado podría representar una solución efectiva para mitigar los efectos de la contaminación. La adopción de esta tecnología contribuiría no solo a la mejora de la calidad del aire, sino también a la protección de la salud pública, al reducir los riesgos asociados con enfermedades respiratorias y cardiovasculares causadas por los contaminantes atmosféricos García, 2020.

1.2 Estado del Arte

La problemática de la contaminación atmosférica en ciudades urbanas como Juliaca ha sido abordada por diversas investigaciones científicas. Un eje importante en estas investigaciones es el análisis de los contaminantes comunes en el aire urbano: partículas en suspensión PM_{2.5} y PM₁₀, dióxido de nitrógeno NO₂, monóxido de carbono CO, y dióxido de azufre SO₂. Según la Environmental Protection Agency EPA, 2018, estos compuestos están directamente relacionados con afecciones

respiratorias y cardiovasculares.

El carbon activado ha sido ampliamente documentado por su capacidad de adsorcion de estos contaminantes. Estudios como el de Journal 2018 y Chemosphere 2021 indican que la eficacia del carbon activado depende de factores como la temperatura, la humedad relativa y el tiempo de contacto con los gases. Ademas, la investigacion de Evaluacion Comparativa del Ciclo de Vida 2022 demuestra que el uso del carbon activado puede ser ambientalmente sostenible si se considera su reciclaje y reutilizacion.

En el caso especifico de Juliaca, informes del MINAM 2017 y datos mas recientes del observatorio Labs 2025 senalan que los niveles de PM2.5 y PM10 superan los Limites Maximos Permisibles establecidos por la normativa nacional. Asimismo, el estudio de ResearchGate 2022 proporciona evidencia del vinculo entre la exposicion prolongada a estos contaminantes y el aumento en la incidencia de enfermedades respiratorias, especialmente en poblaciones vulnerables como ninos y adultos mayores.

Aunque existe una solida base teorica sobre los beneficios del carbon activado en contextos urbanos, el vacio de conocimiento radica en la escasez de estudios aplicados al contexto andino y urbano especifico de Juliaca. Esta investigacion busca llenar ese vacio al evaluar empiricamente la efectividad del carbon activado en condiciones ambientales locales, considerando su impacto en la salud publica, la sostenibilidad del sistema y la percepcion de la comunidad sobre su implementacion. Investigaciones recientes como las de Environmental Science & Technology 2020 y Journal of Hazardous Materials 2019 destacan que el carbon activado no solo es eficaz para la adsorcion de PM2.5 y gases toxicos como NO₂ y SO₂, sino que tambien puede ser modificado quimicamente para mejorar su capacidad de captura de compuestos organicos volatiles COVs, ampliando su aplicabilidad en entornos urbanos con alta carga contaminante. Ademas, estudios de Atmospheric Pollution Research 2021 sugieren que la combinacion de carbon activado con otros materiales adsorbentes, como zeolitas o

biocarbones, podría optimizar su desempeño en ciudades de altura como Juliaca, donde las condiciones atmosféricas particulares presión reducida, variación térmica influyen en la eficiencia del proceso de adsorción. Por ello, la presente investigación no solo aborda la eficacia técnica del carbono activado, sino que también analiza su viabilidad económica, social y ambiental en función de su posible implementación a gran escala, contribuyendo a la construcción de soluciones sostenibles e integrales frente a la creciente problemática de la contaminación del aire en zonas urbanas altoandinas Atmospheric Pollution Research 2021.

1.3 Objetivos

Evaluar la efectividad del uso del carbono activado como tecnología de purificación del aire en ambientes urbanos de Juliaca

1.3.1 Objetivos específicos

- Identificar los principales contaminantes del aire presentes en Juliaca PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, CO, SO₂ utilizando sensores caseros, instalados en soportes simples en puntos estratégicos de la ciudad
- Determinar la capacidad de adsorción del carbono activado bajo condiciones ambientales locales mediante un purificador casero con filtros de carbono activado, midiendo contaminantes con el sensor portátil y después del paso del aire
- Comparar los niveles de contaminación antes y después de la implementación del carbono activado, registrando datos con el sensor manual

1.4 Hipótesis

El uso del carbono activado como tecnología de purificación del aire en Juliaca reducirá de manera significativa los niveles de contaminantes atmosféricos, como las partículas finas PM_{2.5} y PM₁₀, los óxidos de nitrógeno NO₂, monóxido de carbono CO y dióxido de azufre SO₂, lo que resultará en una

mejora notable de la calidad del aire y una reducción de los riesgos para la salud pública Iberia, 2023;
Mendoza et al., 2018

1.5 Variables

VARIABLES INDEPENDIENTES:

- Emisiones vehiculares
- Crecimiento urbano desorganizado
- Ausencia de monitoreo ambiental

VARIABLE DEPENDIENTE:

Contaminación del aire provocada por las emisiones vehiculares en la ciudad de Juliaca como factor determinante en el aumento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, por el impacto de los contaminantes generados por el tráfico vehicular, tales como PM2.5, PM10, NO2 y CO.

2. Metodología

2.1 Diseño Metodológico

El estudio aplicará un diseño longitudinal de tipo panel, con enfoque cuantitativo y explicativo. Según Souza Julian y Perez 2015, este diseño permite evaluar el efecto de una intervención a lo largo del tiempo en un mismo grupo. La investigación no aleatoriza las zonas intervenidas, pero realiza mediciones antes y después de aplicar el carbono activado, lo cual permite observar su impacto

2.2 Diseño muestral

Población: habitantes de zonas urbanas de Juliaca con alta contaminación, centro comercial II, Mercado Tupac Amaru, salida Arequipa ladrilleras

Muestra: tres zonas urbanas con niveles críticos de contaminación, centro comercial II, Mercado Tupac Amaru, salida Arequipa ladrilleras

Muestreo: no probabilístico, por conveniencia.

Tamaño muestral: se determinara segun disponibilidad de sensores y acceso a registros de salud locales.

Unidad de analisis: niveles de contaminantes en aire, percepcion ciudadana e indicadores de salud

2.3 Técnicas de Recoleccion de Datos

- **Monitoreo continuo de calidad del aire usando sensores para PM2.5, PM10, NO2, CO y SO2.**

Paso1: Elaboracion de un modulo casero de monitoreo ambiental

Paso 2: Instalacion de los sensores caseros a una altura aproximada de 1.5 metros para representar la altura de respiración humana

Paso 3: Programacion sencilla del modulo casero

Paso 4: Recoleccion manual diaria de datos

Paso 5: Registro y organizacion de los datos obtenidos

- **Encuestas estructuradas y entrevistas para medir percepción de calidad del aire y afecciones respiratorias.**

PASO 1: Diseño de encuestas sencillas con escala de percepción sobre calidad de aire, problemas respiratorios y conocimiento sobre el uso del carbón activado.

PASO 2: Selección de la muestra (mínimo 30 personas por zona).

PASO 3: Aplicación directa de encuestas de manera presencial, usando papel o Google Forms.

PASO 4: Realización de entrevistas semiestructuradas a pobladores clave.

PASO 5: Análisis y transcripción de datos.

- **Revision de registros médicos locales para evaluar frecuencia de enfermedades respiratorias.**

3.2 Presupuesto Projectado

Tabla 2

Presupuesto Projectado

Tipo de Recursos	Cantidad	Precio por Unidad	Precio Total
Viaticos	5días	S/ 50/día	S/250
Insumos de laboratorio (materiales y reactivos)	1 set	S/300	S/300
Costo por analisis	10 muestras	S/30/muestra	S/300
Equipos menores (Camara, GPS, etc.)	1 set	S/500	S/500
aOtros (especificar)		S/150	S/150
Total			S/1500

Viaticos: Para una investigacion local, los viaticos pueden cubrir alimentacion y transporte. Un estimado promedio es de S/ 50 por dia

Insumos de laboratorio: Incluyen materiales como frascos, guantes, mascarillas y reactivos basicos. Un set basico puede costar alrededor de S/ 300

Costo por analisis: Algunos laboratorios locales ofrecen analisis de calidad del aire a precios accesibles. Por ejemplo, el analisis de una muestra puede costar aproximadamente S/ 30

Equipos menores: Para la recoleccion de datos, se pueden utilizar equipos basicos como cámaras fotograficas y GPS. Un set economico puede tener un costo aproximado de S/ 500

Otros gastos: Incluyen costos imprevistos, comunicaciones y otros gastos menores estimados en S/ 150

4. Referencias Bibliograficas

- Chemosphere. (2021). Factors affecting activated carbon adsorption. *Chemosphere*, 270, 132536.
- Environmental Protection Agency (EPA). (2018). Health effects of air pollution. *EPA Reports*.
- Evaluación comparativa del ciclo de vida de la producción de carbón activado a partir de diferentes precursores. (2022). *ResearchGate*.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Journal of Environmental Management. (2018). Efficiency of activated carbon in urban air pollution control: A review. *Journal of Environmental Management*, 223, 59–71.
- Labs Perú. (2025). Concentraciones de PM2.5 y PM10 en ciudades andinas. *Observatorio Nacional de Calidad del Aire*.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). Estándares de calidad ambiental para aire. *Gobierno del Perú*.
- Pollution. (2016). Environmental factors influencing urban air quality in high-altitude cities. *Environmental Pollution*, 218, 1189–1201.
- ResearchGate. (2022). Air pollution exposure and public health outcomes in Peruvian urban zones. *ResearchGate Publications*.
- Andia Huillca, A. (2021). *Informe de monitoreo de calidad del aire en Juliaca, Perú*. Universidad Peruana Unión. Recuperado de es.scribd.com
- Chuquija-Flores, I. C. (2021). *Contaminación del aire producido por el parque automotor de vehículos menores de la categoría L5 y su incidencia en el impacto vial en la ciudad de Juliaca*. Universidad Nacional de Juliaca. Recuperado de alicia.concytec.gob.pe
- National Institute of Environmental Health Sciences (NIEHS). (s.f.). *La contaminación del aire y su salud*. Recuperado de niehs.nih.gov
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2025, 12 de abril). *La contaminación se asocia con el asma, fallos cardiacos y partos prematuros*. Cinco Días. Recuperado de cincodias.elpais.com

Carbotecnia. (s.f.). *¿Qué es el carbón activado y para qué sirve?* Recuperado de carbotecnia.info

CPL Activated Carbons Iberia. (2023, 1 de febrero). *La eficacia de los filtros de carbón activado*. Recuperado de cpl-iberia.com

Wikipedia. (2025, 8 de junio). *Carbón activado*. Recuperado de es.wikipedia.org

Gutierrez Arapa, R. (2023). *Determinación de material particulado en el aire en la ciudad de Juliaca*. Universidad Nacional de Juliaca. Recuperado de

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2023, octubre 26). *Contaminación en el aire de ciudades peruanas supera los límites recomendados por la OMS*. Ojo Público. Recuperado de <https://ojo-publico.com/derechos-humanos/salud/contaminacion-el-aire-ciudades-peruanas-supera-limites-la-oms>

Pérez Abarca, J. (2018). *Contaminación del aire por emisiones de CO2 de los vehículos automotores en la ciudad de Juliaca*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9726223.pdf>

Carbotecnia. (s.f.). *Carbón activado en Perú*. Recuperado de <https://www.carbotecnia.info/carbon-activado-en-peru/>

Cocarbon. (s.f.). *Compañía de Carbón Activado del Perú*. Recuperado de <https://www.cocarbon.pe/>

Purocarbon. (2024, octubre 12). *Proveedor de Carbón Activado en Perú*. Recuperado de <https://activecarbon.es/blog/proveedor-de-carbon-activado-en-peru/>

Mamani, A. (2017). *La contaminación en nuestra ciudad de Juliaca y cómo evitarla*. Recuperado de <https://contaminacionjuliaca2017.blogspot.com/2017/05/>

Pérez Abarca, J. (2018). *Contaminación del aire en la ciudad de Juliaca*. Recuperado de https://figshare.com/articles/thesis/ARTICULO_DE_INVESTIGACION_-